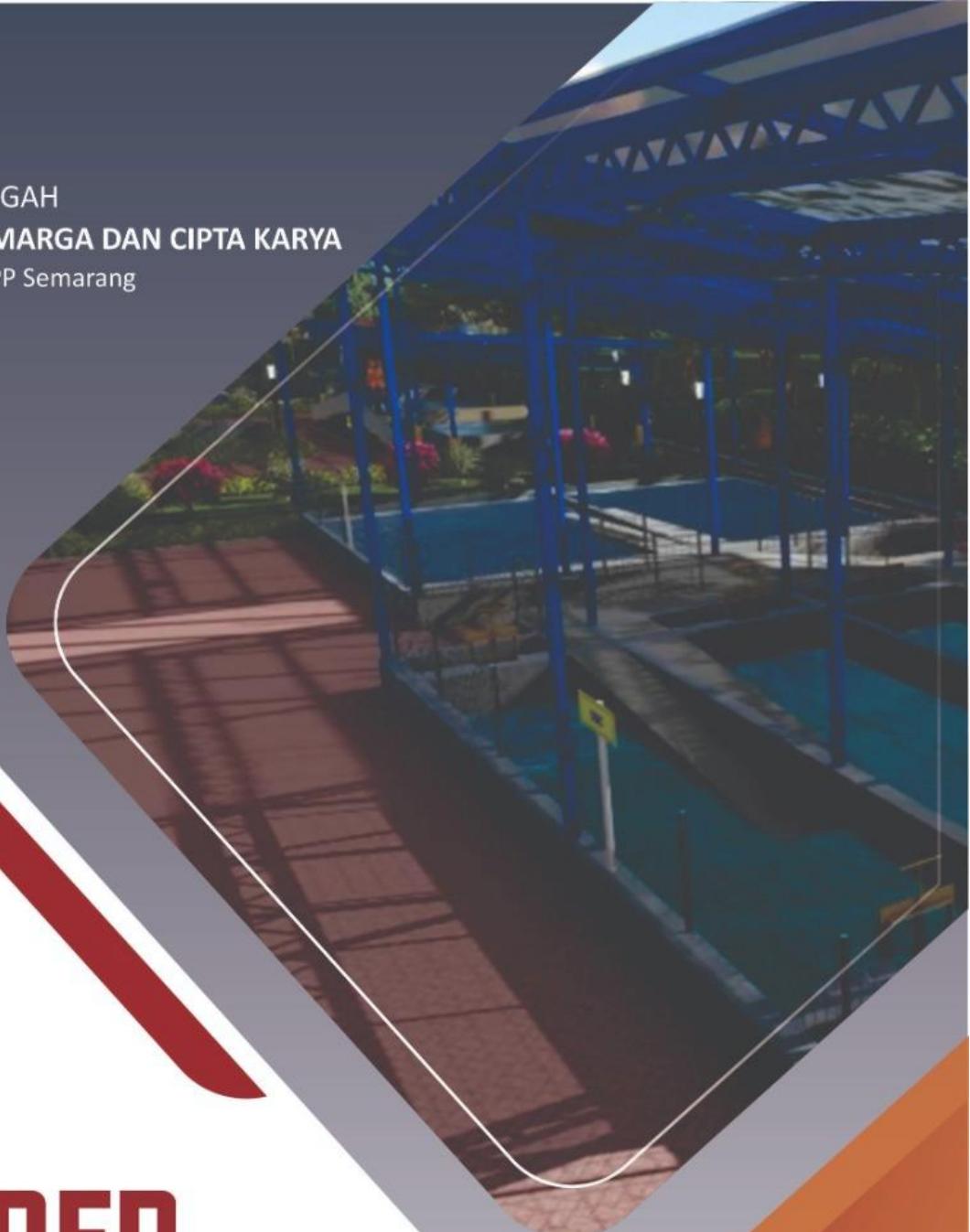




PEMERINTAH PROVINSI JAWA TENGAH  
DINAS PEKERJAAN UMUM BINA MARGA DAN CIPTA KARYA  
Jl. Madukoro Blok AA - BB Komplek PRPP Semarang



**PENYUSUNAN DED  
SISTEM PENGELOLAAN AIR LIMBAH  
DOMESTIK REGIONAL**

KAWASAN PURBALINGGA DAN BANJARNEGARA

Tahun Anggaran

**2023**

LAPORAN AKHIR

# Kata Pengantar

---

Puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga kami dapat menyelesaikan Laporan Pendahuluan Penyusunan DED Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Regional Kawasan Purbalingga dan Banjarnegara. Laporan Pendahuluan merupakan bagian dari kontrak Pekerjaan Penyusunan DED Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Regional Kawasan Purbalingga dan Banjarnegara. Secara garis besar Laporan ini berisikan bab-bab yang mengulas tentang latar belakang, maksud, tujuan dan sasaran pekerjaan, metodologi Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Skala Regional, gambaran umum tentang Kawasan Purbalingga dan Banjarnegara, metode dan rencana kerja, pengaturan tenaga ahli, jadwal dan pentahapan penyelesaian pekerjaan.

Kami selaku pelaksana pekerjaan mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penyelesaian produk Laporan Pendahuluan ini, baik yang telah membantu secara teknis maupun segala bentuk masukan yang telah disampaikan kepada kami demi keberhasilan pekerjaan ini. Kami mengharapkan pada proses pekerjaan selanjutnya tetap disertai dengan kerjasama dan koordinasi yang baik antara konsultan dengan Pengguna Jasa dalam hal ini Dinas PU Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah. Semoga dokumen ini dapat bermanfaat sebagaimana mestinya. Atas perhatiannya kami ucapan terima kasih.

Semarang, Maret 2023

Tim Penyusun

# Daftar Isi

<b>Kata Pengantar .....</b>	<b>i</b>
<b>Daftar Isi .....</b>	<b>ii</b>
<b>Daftar Tabel .....</b>	<b>vi</b>
<b>Daftar Gambar .....</b>	<b>x</b>
<b>Bab 1 Pendahuluan.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Maksud dan Tujuan.....	2
1.2.1 Maksud.....	2
1.2.2 Tujuan .....	2
1.3 Sasaran.....	3
1.4 Ruang Lingkup Pekerjaan.....	3
1.5 Landasan Hukum.....	10
1.6 Keluaran .....	12
1.7 Sistematika Laporan.....	12
<b>Bab 2 Tinjauan Pustaka Dan Metodologi.....</b>	<b>14</b>
2.1 Pengertian Lumpur Tinja.....	14
2.1.1 Karakteristik Lumpur Tinja .....	14
2.2 Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik .....	20
2.2.1 Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T).....	20
2.2.2 Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Setempat (SPALD-S).....	23
2.3 Unit Pengolahan Lumpur Tinja .....	28
2.3.1 Unit Penerima dan <i>Pre Treatment</i> (Pengolahan Pendahuluan) .....	29
2.3.2 <i>Solid Liquid Separation</i> (Pemisahan Padatan Cairan).....	31
2.3.3 <i>Liquid Treatment</i> (Pengolahan Cairan) .....	39
2.3.4 <i>Solids Treatment</i> (Pengolahan Padatan) .....	51
2.3.5 Constructed Wetlands .....	58
2.4 Metodelogi Pekerjaan.....	59

2.4.1	Metode Pengumpulan Data .....	59
2.4.2	Metode Perencanaan .....	60
2.4.3	Faktor Penentu Kualitas Operasional Pelayanan.....	61
2.4.4	Proyeksi Volume Limbah Ninja.....	61
2.4.5	Faktor Pengurusan .....	64
2.4.6	Debit Lumpur Ninja .....	64
2.4.7	Potensi Produksi Limbah Ninja .....	65
2.4.8	Analisis Faktor Manajemen Pengangkutan Lumpur Ninja .....	65
<b>Bab 3</b>	<b>Deskripsi Daerah Perencanaan .....</b>	<b>67</b>
3.1	Wilayah Perencanaan .....	67
3.2	Arahan Pengembangan Wilayah Rencana Tata Ruang Wilayah.....	67
3.2.1	Kabupaten Purbalingga .....	67
3.2.2	Kabupaten Banjarnegara .....	74
3.3	Kondisi Fisik Wilayah.....	79
3.3.1	Batas Administrasi .....	79
3.3.2	Topografi.....	81
3.3.3	Hidrologi.....	84
3.3.4	Klimatologi .....	86
3.3.5	Geologi .....	87
3.3.6	Potensi Bencana Alam .....	90
3.4	Kondisi Sosial Ekonomi dan Kesehatan Masyarakat.....	92
3.4.1	Kependudukan .....	92
3.4.2	Sosial, Ekonomi, Budaya .....	94
3.4.3	Kondisi Kemiskinan .....	99
3.4.4	Kesehatan Masyarakat.....	100
3.5	Kondisi Eksisting Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik.....	102
3.5.1	Aspek Pengaturan .....	102
3.5.2	Aspek Kelembagaan .....	103
3.5.3	Aspek Peran Serta Masyarakat/Swasta/Perguruan Tinggi .....	107
3.5.4	Aspek Keuangan.....	109
3.5.5	Aspek Teknis-Teknologis .....	111
<b>Bab 4</b>	<b>Pemilihan Teknologi IPLT Regional .....</b>	<b>122</b>

4.1	Analisis Volume Lumpur Tinja IPLT Regional .....	122
4.2	Analisis Kualitas Lumpur Tinja .....	124
4.3	Analisis Pemilihan Teknologi Pengolahan Lumpur Tinja .....	127
4.3.1	Sistem Pengolahan Lumpur Tinja Alternatif 1 .....	128
4.3.2	Sistem Pengolahan Lumpur Tinja Alternatif 2 .....	138
4.3.3	Perbandingan Alternatif Sistem Pengolahan .....	146
4.4	Pemilihan Sistem Pengolahan Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) .....	152
<b>Bab 5</b>	<b>Perhitungan Unit Dimensi IPLT .....</b>	<b>153</b>
5.1	Perhitungan Unit Dimensi IPLT Regional dengan Debit 35 m <sup>3</sup> .....	153
5.2	Perhitungan Biaya Pengelolaan IPLT Regional Kawasan Purbalingga dan Banjarnegara .....	175
<b>Bab 6</b>	<b>Perhitungan Struktur IPLT .....</b>	<b>183</b>
6.1	Ruang Lingkup .....	183
6.2	Data Perencanaan.....	183
6.2.1	Data material .....	183
6.2.2	Data tanah.....	184
6.3	Rekapitulasi Daya Dukung Ijin.....	205
6.3.1	Perhitungan Daya Dukung Ijin Pondasi Dangkal.....	205
6.3.2	Perhitungan Daya Dukung Ijin Pondasi Mini Pile.....	206
6.3.3	Perhitungan Daya Dukung Ijin Pondasi Tiang Pancang .....	206
6.3.4	Rekomendasi Tanah Galian.....	207
6.4	Dimensi IPLT.....	208
6.5	Analisis dan Perencanaan Struktur IPLT Regional Purbalingga .....	209
6.5.1	Cek Terhadap Daya Dukung Tanah .....	214
6.5.2	Perencanaan Penulangan .....	221
6.6	Perhitungan <i>Uplift</i> .....	267
6.7	Dinding Penahan Tanah .....	267
6.7.1	Tekanan Tanah Lateral.....	269
6.7.2	Stabilitas Dinding Penahan Tanah .....	272
6.7.3	Penulangan Dinding Penahan Tanah .....	278
6.8	Stabilitas Lereng.....	324
6.8.1	Pengertian Umum .....	324

6.8.2	Penyebab Terjadinya Longsor.....	324
6.8.3	Cara-Cara untuk Menstabilkan Lereng .....	325
6.8.4	Analisis Kestabilan Lereng.....	325
6.9	Jalan Akses/Masuk.....	337
6.10	Jalan Kawasan.....	339

# Daftar Tabel

Tabel 2. 1	Karakteristik Lumpur Tinja .....	18
Tabel 2. 2	Hasil Analisa Sampel Lumpur Tinja.....	19
Tabel 2. 3	Kriteria Unit Desain Penyaringan .....	30
Tabel 2. 4	Kriteria Desain Batang Pada Unit Penyaringan .....	31
Tabel 2. 5	Dimensi Tangki Imhoff.....	36
Tabel 2. 6	Variasi Temperatur Dan Waktu Detensi.....	40
Tabel 2. 7	Kriteria Desain Volumetric Bod Loading Rate Dan Persentase Penyisihan BOD Berdasarkan Temperatur.....	40
Tabel 2. 8	Acuan Laju Beban BOD Kolam Anaerobik .....	40
Tabel 2. 9	Kriteria Desain Waktu Retensi Dan Rasio Dimensi Kolam Anaerobik....	41
Tabel 2. 10	Kriteria Desain Kolam Fakultatif.....	43
Tabel 2. 11	Kriteria Desain Sludge Drying Bed .....	53
Tabel 3. 1	Luas Dan Jumlah Kelurahan Kabupaten Purbalingga Tahun 2021.....	80
Tabel 3. 2	Luas, Jumlah Desa Dan Kelurahan Kabupaten Banjarnegara Tahun 2021 .....	80
Tabel 3. 3	Tinggi Wilayah Kabupaten Purbalingga.....	82
Tabel 3. 4	Tinggi Wilayah Kabupaten Banjarnegara .....	84
Tabel 3. 5	Banyaknya Curah Hujan Dan Hari Hujan Stasiun Karanganyar di Kabupaten Purbalingga Tahun 2022 .....	86
Tabel 3. 6	Kondisi Unsur Iklim Kabupaten Banjarnegara Tahun 2023.....	87
Tabel 3. 7	Jenis Tanah di Kabupaten Purbalingga.....	89
Tabel 3. 8	Jumlah Penduduk, Kepadatan Penduduk Dan Laju Pertumbuhan Penduduk Kabupaten Purbalingga Tahun 2022 .....	92
Tabel 3. 9	Jumlah Penduduk, Kepadatan Penduduk Dan Laju Pertumbuhan Penduduk Kabupaten Banjarnegara Tahun 2022 .....	93
Tabel 3. 10	APM dan APK Menurut Jenjang Pendidikan Di Kabupaten Purbalingga 2021-2022.....	94

Tabel 3. 11	APM dan APK Menurut Jenjang Pendidikan Di Kabupaten Banjarnegara 2021-2022.....	95
Tabel 3. 12	Jumlah Penduduk Berumur 15 Tahun Keatas Menurut Jenis Kegiatan dan Jenis Kelamin di Kabupaten Purbalingga, 2022 .....	95
Tabel 3. 13	Jumlah Penduduk Berumur 15 Tahun Keatas Menurut Lapangan Pekerjaan Utama Kabupaten Purbalingga Tahun 2022 .....	95
Tabel 3. 14	Jumlah Penduduk Berumur 15 Tahun Keatas Menurut Jenis Kegiatan dan Jenis Kelamin di Kabupaten Banjarnegara, 2022 .....	96
Tabel 3. 15	Penduduk Berumur 15 Tahun Ke Atas yang Bekerja Menurut Status Pekerjaan Utama dan Jenis Kelamin di Kabupaten Banjarnegara, 2022	96
Tabel 3. 16	Perkembangan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Atas Dasar Harga Konstan Menurut Lapangan Usaha Kabupaten Purbalingga Tahun 2018–2022 (Miliar Rp).....	97
Tabel 3. 17	Perkembangan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Atas Dasar Harga Konstan Menurut Lapangan Usaha Kabupaten Banjarnegara Tahun 2018–2022 (Miliar Rp).....	98
Tabel 3. 18	Jumlah Penduduk Miskin di Kabupaten Purbalingga Tahun 2014–2022	99
Tabel 3. 19	Jumlah Penduduk Miskin di Kabupaten Banjarnegara Tahun 2014–2022.....	100
Tabel 3. 20	Jumlah Kasus Penyakit Diare Balita Menurut Kecamatan Kabupaten Purbalingga Tahun 2022.....	101
Tabel 3. 21	Jumlah Kasus Penyakit Diare Menurut Kecamatan .....	101
Tabel 3. 22	KSM Pengelola IPAL Skala Permukiman Kabupaten Banjarnegara.....	108
Tabel 3. 23	Perhitungan Pertumbuhan Pendanaan APBD Kabupaten Banjarnegara untuk Sanitasi .....	110
Tabel 3. 24	Capaian Akses Air Limbah Domestik Kabupaten Purbalingga.....	114
Tabel 3. 25	SPALDS-Sub Sistem Pengolahan Setempat .....	114
Tabel 3. 26	Jumlah SPALD-S Skala Individu Kabupaten Banjarnegara Tahun 2022...	115
Tabel 3. 27	Lokasi Rencana Pembangunan Tangki Septik Komunal .....	116
Tabel 3. 28	IPAL Permukiman Kabupaten Purbalingga.....	118
Tabel 3. 29	Analisis Gap Pencapaian Akses Air Limbah Domestik Berdasarkan Target RPJMN 2020-2024.....	119

Tabel 3. 30	Tahapan Pengembangan Air Limbah Kabupaten Purbalingga .....	120
Tabel 3. 31	IPAL Permukiman Kabupaten Banjarnegara .....	120
Tabel 3. 32	Rencana IPAL Permukiman Kabupaten Banjarnegara .....	121
Tabel 4. 1	Timbulan Lumpur Tinja IPLT Regional Purbalingga Banjarnegara .....	123
Tabel 4. 2	Karakteristik Lumpur Tinja .....	125
Tabel 4. 3	Hasil Analisa Sampel Lumpur Tinja.....	126
Tabel 4. 4	Variasi Temperatur dan Waktu Detensi.....	132
Tabel 4. 5	Kriteria Desain Volumetric BOD Loading Rate dan Persentase Penyisihan BOD Berdasarkan Temperatur.....	132
Tabel 4. 6	Acuan Laju Beban BOD Kolam Anaerobik .....	132
Tabel 4. 7	Kriteria Desain Waktu Retensi dan Rasio Dimensi Kolam Anaerobik ....	133
Tabel 4. 8	Kelebihan dan Kekurangan Kolam Aerasi.....	134
Tabel 4. 9	Tabel Kriteria Desain Drying Area .....	141
Tabel 4. 10	Kriteria Desain Sludge Drying Bed .....	144
Tabel 4. 11	Perbandingan Alternatif Pengolahan IPLT Regional.....	147
Tabel 5. 1	Jadwal Penggunaan SSC dan Drying Area .....	158
Tabel 5. 2	Kriteria Desain Bak Sedimentasi.....	168
Tabel 5. 3	Kriteria Desain Sludge Drying Bed .....	173
Tabel 5. 4	Kebutuhan Tenaga Kerja .....	175
Tabel 5. 5	Biaya Peralatan Kerja Pada IPLT .....	176
Tabel 5. 6	Biaya Peralatan Pengomposan Lumpur Tinja.....	176
Tabel 5. 7	Biaya Bahan Bakar .....	177
Tabel 5. 8	Biaya Bahan .....	177
Tabel 5. 9	Biaya APD.....	178
Tabel 5. 10	Biaya Listrik.....	178
Tabel 5. 11	Biaya Servis Peralatan .....	178
Tabel 5. 12	Biaya Pemantauan Kualitas Lingkungan.....	179
Tabel 5. 13	Rekapitulasi Biaya Pengelolaan Rencana IPLT Regional.....	179
Tabel 5. 14	Biaya Pemeliharaan Rutin Setiap Periode IPLT Regional .....	181
Tabel 6. 1	Hasil Penyelidikan Sondir Titik S.1.....	194
Tabel 6. 2	Hasil Penyelidikan Sondir Titik S.2.....	197
Tabel 6. 3	Hasil Penyelidikan Sondir Titik S.3.....	200

Tabel 6. 4	Rangkuman Hasil Analisa Laboratorium .....	204
Tabel 6. 5	(Lanjutan) Rangkuman Hasil Analisa Laboratorium .....	204
Tabel 6. 6	(Lanjutan) Rangkuman Hasil Analisa Laboratorium .....	204
Tabel 6. 7	(Lanjutan) Rangkuman Hasil Analisa Laboratorium .....	205
Tabel 6. 8	Rangkuman Daya Dukung Ijin Pondasi Dangkal Berdasarkan Hasil Sondir.....	205
Tabel 6. 9	Rangkuman Daya Dukung Ijin Pondasi Dangkal Berdasarkan Hasil Boring .....	206
Tabel 6. 10	Rangkuman Daya Dukung Ijin Pondasi Mini Pile Berdasarkan Hasil Sondir.....	206
Tabel 6. 11	Rangkuman Daya Dukung Ijin Pondasi Mini Pile Berdasarkan Hasil Boring .....	206
Tabel 6. 12	Rangkuman Daya Dukung Ijin Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan Hasil Sondir/Boring .....	207
Tabel 6. 13	Hasil Analisa Galian dan Timbunan Berdasarkan Hasil Laboratorium sample Tes PIT .....	207
Tabel 6. 14	Nilai-nilai faktor kapasitas Dukung.....	276
Tabel 6. 15	Tebal selimut beton (SNI 03-2847-2002) .....	279
Tabel 6. 16	Reduksi $\Phi$ (SIN03-2847-2002) .....	279
Tabel 6. 17	Katalog Perancangan Jalan .....	337

# Daftar Gambar

Gambar 2. 1	Diagram Pengelolaan SPALD-T .....	23
Gambar 2. 2	Pengelolaan SPALD-S.....	24
Gambar 2. 3	Diagram Alir Untuk Pengelolaan Air Limbah Setempat .....	28
Gambar 2. 4	Contoh Beberapa Bentuk Bak Pengumpul .....	30
Gambar 2. 5	Contoh Gambar Potongan Bar Screen .....	31
Gambar 2. 6	Peningkatan Desain Dari Bak Sedimentasi.....	33
Gambar 2. 7	Tangki Imhoff.....	34
Gambar 2. 8	Mekanisme Aliran Proses Pengolahan .....	35
Gambar 2. 9	Gambaran Potongan SSC.....	38
Gambar 2. 10	Proses Pengurasan SSC.....	38
Gambar 2. 11	Gambaran Kolam Anaerobik .....	40
Gambar 2. 12	Kolam Fakultatif.....	42
Gambar 2. 13	Kolam Maturasi .....	44
Gambar 2. 14	Kolam Aerasi.....	45
Gambar 2. 15	Anaerobic Baffled Reactor (ABR).....	48
Gambar 2. 16	Oxidation Ditch.....	49
Gambar 2. 17	Trickling Filter .....	50
Gambar 2. 18	Potongan Bak Pengering Lumpur .....	52
Gambar 2. 19	Bagian Belt Filter Press .....	54
Gambar 2. 20	Potongan Filter Press.....	55
Gambar 2. 21	Bagian-Bagian Screw Press .....	56
Gambar 2. 22	Skema Bagian Centrifugal.....	57
Gambar 2. 23	Bagian Rotary Drum Vacuum Filter .....	58
Gambar 2. 24	Sistem Constructed Wetlands .....	59
Gambar 2. 25	Diagram Kerja Perencanaan IPLT .....	61
Gambar 3. 1	Struktur Organisasi Dinas Perumahan Dan Permukiman Kabupaten Purbalingga.....	104

Gambar 3. 2	Struktur Organisasi Dinas Perumahan, Kawasan Permukiman dan Lingkungan Hidup Kabupaten Banjarnegara.....	107
Gambar 3. 3	Perhitungan Pertumbuhan Pendanaan APBD Kabupaten Purbalingga untuk Sanitasi .....	109
Gambar 3. 4	Pembagian SPALD.....	113
Gambar 4. 1	Sistem Pengolahan Lumpur Ninja Alternatif 1.....	128
Gambar 4. 2	Sludge Acceptance Plant (SAP).....	129
Gambar 4. 3	Screw Press.....	130
Gambar 4. 4	Gambaran Kolam Anaerobik .....	131
Gambar 4. 5	Mass Balance Alternatif 1.....	137
Gambar 4. 6	Potongan Detail Kolam SSC .....	139
Gambar 4. 7	Skema Pengisian Lumpur Ninja Ke Kolam SSC.....	140
Gambar 4. 8	Skema Penggerukan Lumpur Di SSC .....	141
Gambar 4. 9	Denah dan Potongan Memanjang Drying Area .....	142
Gambar 4. 10	Potongan Bak Pengering Lumpur.....	143
Gambar 4. 11	Mass Balance Alternatif 2.....	145
Gambar 5. 1	Potongan Detail SSC Rencana .....	156
Gambar 6. 1	Peta Lokasi Titik Bor Mesin, Bor Tangan, Sondir dan Test Pit.....	185
Gambar 6. 2	Bore Log Titik Bor BH.1 (Bor Mesin).....	188
Gambar 6. 3	Bore Log Titik Bor B.1 (Bor Tangan) .....	190
Gambar 6. 4	Bore Log Titik Bor B.2 (Bor Tangan) .....	191
Gambar 6. 5	Grafik Sondir Titik S.1 .....	195
Gambar 6. 6	Grafik Sondir Titik S.2 .....	198
Gambar 6. 7	Grafik Sondir Titik S.3 .....	201
Gambar 6. 8	Bore Log Titik Test Pit TP.1 .....	202
Gambar 6. 9	Bore Log Titik Test Pit TP.1 .....	203
Gambar 6. 10	Peta Lokasi Titik Bor Mesin, Bor Tangan, Sondir dan Test Pit pada Site Rencana .....	210
Gambar 6. 11	Plot Grafik Sondir S.1 pada Potongan Melintang F .....	210
Gambar 6. 12	Plot Grafik Sondir S.2 pada Potongan Melintang 3 .....	211
Gambar 6. 13	Plot Grafik Sondir S.3 pada Potongan Melintang E .....	211
Gambar 6. 14	Plot Grafik Bore Log B.1 pada Potongan Melintang G .....	212

Gambar 6. 15	Plot Grafik Bore Log B.2 pada Potongan Melintang 4.....	212
Gambar 6. 16	Plot Grafik Bore Log BH.1 pada Potongan Melintang F .....	213
Gambar 6. 17	Denah Sloof Bak SSC.....	222
Gambar 6. 18	Denah Sloof Bak Anaerob.....	230
Gambar 6. 19	Denah Sloof Bak Fakultatif .....	240
Gambar 6. 20	Denah Sloof Bak Wetland.....	247
Gambar 6. 21	Denah Sloof Bak Drying Area.....	254
Gambar 6. 22	Denah Sloof Bak SDB .....	261
Gambar 6. 23	Gravity Wall sumber : Braja M. Das, 1991 .....	268
Gambar 6. 24	Cantilever Wall sumber : Braja M. Das, 1991.....	268
Gambar 6. 25	Counterfort Wall sumber : Braja M. Das, 1991.....	269
Gambar 6. 26	Buttress Wall sumber : Braja M. Das, 1991.....	269
Gambar 6. 27	Dinding yang berotasi akibat tekanan aktif tanah .....	270
Gambar 6. 28	Dinding yang berotasi melawan tekanan aktif.....	271
Gambar 6. 29	Jenis-jenis keruntuhan dinding penahan tanah .....	272
Gambar 6. 30	Diagram tekanan tanah untuk dinding kantilever .....	273
Gambar 6. 31	kontrol terhadap pergeseran dasar dinding .....	274
Gambar 6. 32	kontrol terhadap keruntuhan daya dukung .....	275
Gambar 6. 33	Analisa kestabilan lereng.....	277
Gambar 6. 34	Diagram tegangan dan regangan .....	278
Gambar 6. 35	Site Lokasi Analisis Stabilitas Lereng .....	328
Gambar 6. 36	Site Trase Jalan Akes/Masuk .....	339
Gambar 6. 37	Site Trase Jalan Akes/Masuk .....	341

# Bab 1

## Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Nomor 04/PRT/M/2017 tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik, Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan/atau kegiatan pemukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama. Air limbah domestik yang berasal dari rumah tangga pada umumnya tidak memiliki akses terhadap bangunan pengolahan air limbah. Limbah lumpur tinja jika tidak diolah dengan benar dapat menghasilkan kontaminan yang berpotensi mencemari badan air. Hal ini dapat menimbulkan masalah seperti kerusakan ekologi di aliran sungai, masalah kesehatan masyarakat dan menimbulkan penyakit-penyakit infeksi air seperti disentri dan kolera.

Dalam Undang-Undang Nomor 23 tahun 2014 tentang Pemerintah Daerah tercantum pembagian kewenangan meliputi kewenangan pemerintah pusat, pemerintah provinsi dan pemerintah kabupaten/kota. Output prioritas nasional bidang keciptakaryaan tertera dalam RPJMN 2020-2024 meliputi mewujudkan kawasan permukiman yang layak huni dan berkelanjutan, yaitu akses air minum, penanganan kawasan kumuh dan akses sanitasi. Berdasarkan RPJMN tersebut target nasional untuk akses air limbah domestik layak sebesar 90 % dan akses air limbah domestik aman sebesar 15 %, sedangkan target akses air limbah domestik layak Provinsi Jawa Tengah sebesar 95% dan akses air limbah domestik aman sebesar 20%.

Sesuai dengan kewenangan Pemerintah Provinsi yang tertera didalam Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2014 tentang Pemerintah Daerah, Pemerintah Provinsi Jawa Tengah melalui Dinas PU Bina Marga dan Cipta Karya merencanakan pengembangan sarana dan prasarana air limbah domestik dengan skala regional (lintas kabupaten/kota). Hal ini merupakan tindak lanjut dari studi yang telah dilaksanakan oleh Dinas PU Bina Marga dan Cipta Karya pada Tahun 2021

dan 2022. Pada tahun 2021 dilaksanakan Studi Kajian Potensi Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Regional di Kawasan Banyumas, Purbalingga dan Banjarnegara dari hasil kajian tersebut diketahui bahwa Kabupaten Purbalingga dan Kabupaten Banjarnegara belum memiliki Instalasi Pengelolaan Lumpur Tinja (IPLT). selanjutnya pada Tahun 2022 dilaksanakan Studi Kelayakan (FS) Sistem Pengelolaan Air limbah Domestik Regional yang difokuskan di Kawasan Kabupaten Purbalingga dan Kabupaten Banjarnegara dengan bangunan pengelolaan air limbah domestik berupa IPLT Regional. Dari hasil Studi Kelayakan (FS) tersebut, maka pada Tahun 2023 Dinas PU Bina Marga dan Cipta Karya melaksanakan Penyusunan DED Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Regional Kawasan Purbalingga Dan Banjarnegara. Dalam membangun IPLT yang berkualitas, diperlukan perencanaan yang matang oleh ahlinya. Penyusunan Detail Engineering Design (DED) IPLT yang sesuai dengan kaidah teknis diharapkan mampu menjadi acuan dalam membangun IPLT yang berkualitas.

## **1.2 Maksud dan Tujuan**

### **1.2.1 Maksud**

Maksud dilaksanakannya kegiatan ini adalah tersedianya dokumen Penyusunan DED Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Regional Kawasan Purbalingga Dan Banjarnegara yang berwawasan lingkungan.

### **1.2.2 Tujuan**

Sedangkan tujuan dilaksanakannya kegiatan Penyusunan DED Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Regional Kawasan Purbalingga Dan Banjarnegara adalah sebagai berikut:

1. Terlaksananya Perencanaan daerah pelayanan Penyusunan DED Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Regional Kawasan Purbalingga Dan Banjarnegara
2. Teridentifikasi karakteristik lumpur tinja di Kawasan Kabupaten Purbalingga dan Kabupaten Banjarnegara
3. Terlaksananya pengukuran topografi lokasi pembangunan DED IPLT Regional Kawasan Kabupaten Purbalingga dan Kabupaten Banjarnegara
4. Terlaksannya penyelidikan Geoteknik untuk memberikan informasi mengenai stabilisasi tanah, menentukan jenis dan karakteristik tanah.

5. Tersusunnya dokumen perencanaan yang meliputi nota desain, gambar perencanaan, spesifikasi teknis, laporan desain dan Standard Operating Procedure (SOP).

### 1.3 Sasaran

Sasaran dari kegiatan ini diharapkan keluaran yang dihasilkan adalah tersedianya dokumen detail perencanaan beserta dasar perhitungan teknis dan SOP yang dapat digunakan sebagai acuan pra konstruksi, pelaksanaan konstruksi dan pasca konstruksi

### 1.4 Ruang Lingkup Pekerjaan

Lingkup kegiatan yang tercakup dalam pekerjaan Penyusunan DED Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Regional Kawasan Purbalingga Dan Banjarnegara adalah sebagai berikut :

- a. Persiapan;
- b. Survey Pendahuluan;
- c. Melakukan analisis sampel lumpur tinja di Kabupaten Purbalingga dan Kabupaten Banjarnegara atau wilayah sekitarnya;
- d. Melakukan pengukuran topografi di lokasi IPLT Regional, untuk penyiapan peta topografi dengan skala 1 : 1.000, yang akan digunakan untuk perencanaan penanggulangan longsoran;
- e. Inventarisasi geometric jalan, longsoran dan bangunan pelengkap;
- f. Penyelidikan Tanah (DCP, Sondir, Boring, Uji Tanah di Laboratorium);
- g. Merencanakan Cakupan daerah pelayanan, konsep pentahapan dan pengembangan pelayanan IPLT regional.
- h. Merencanakan debit lumpur tinja dari daerah perencanaan.
- i. Merencanakan alternatif teknologi pengolahan lumpur tinja.
- j. Menyusun desain gambar teknologi pengolahan lumpur tinja dan bangunan pendukung.
- k. Merencanakan teknologi konstruksi yang sesuai dengan lokasi IPLT (pertimbangan meliputi: perlindungan terhadap banjir, kondisi geoteknikal).
- l. Menyusun estimasi biaya investasi pembangunan IPLT dan bangunan pelengkap IPLT Regional Kawasan Kabupaten Purbalingga dan Kabupaten Banjarnegara.

- m. Menyusun standart operasional serta pemeliharaan IPLT Regional Kabupaten Purbalingga dan Kabupaten Banjarnegara
- n. Menyusun analisis besaran biaya operasional dan pemeliharaan IPLT Regional Kabupaten Purbalingga dan Kabupaten Banjarnegara

Melakukan pengukuran topografi dan penyelidikan tanah dengan standart minimal :

A. Pengukuran Topografi, meliputi :

a) Kegiatan dilakukan oleh Geodetic Engineer adalah :

1. Menentukan awal dan akhir pengukuran serta pemasangan patok beton Control Point (CP) dan Bench Mark (BM).
2. Mengamati kondisi topografi
3. Mencatat daerah-daerah yang akan dilakukan khusus serta morfologi dan lokasi yang perlu dilakukan.
4. Membuat rencana kerja untuk survey detail pengukuran yang digunakan untuk batas-batas lahan yang akan dibebaskan untuk rencana bangunan IPLT.
5. Menyarankan posisi patok Bench Mark pada lokasi /titik yang akan dijadikan referensi.

b) Pemasangan patok-patok

Patok-patok BM harus dibuat dari beton dengan ukuran 10x10x75 cm atau pipa paralon ukuran 4 inci yang diisi dengan adukan beton dan diatasnya dipasang neut dari baut, ditempatkan pada tempat yang aman, mudah terlihat. Patok BM dipasang sesuai dengan kondisi topografi pada lokasi rencana pembangunan IPLT Regional.

1. Patok BM dipasang / ditanam dengan kuat, bagian yang tampak diatas tanah setinggi 20 cm, dicat warna kuning, diberi notasi dan nomor BM dengan warna hitam.
2. Patok BM yang sudah dipasang, kemudian difoto sebagai dokumentasi yang dilengkapi dengan nilai koordinat serta elevasi.
3. Untuk setiap titik polygon dan sifat datar harus digunakan patok kayu yang cukup keras, lurus dengan diameter sekitar 5 cm, panjang sekurang-kurangnya 50 cm, bagian bawahnya diruncingkan, bagian atas diratakan diberi paku, ditanam dengan kuat, bagian yang masih nampak diberi nomor dan dicat warna kuning. Dalam keadaan khusus, perlu ditambahkan patok Bantu.

4. Untuk memudahkan pencarian patok, sebaliknya pada daerah sekitar patok diberi tanda-tanda khusus.
  5. Pada lokasi-lokasi khusus di mana tidak mungkin dipasang patok, misalnya di atas permukaan jalan beraspal atau di atas permukaan batu, maka titik-titik polygon dan sifat dasar ditandai dengan paku seng dilingkari cat kuning dan diberi nomor.
- c) Pengukuran Titik Kontrol Horizontal
1. Pengukuran titik kontrol horizontal dilakukan dengan sistem polygon dan semua titik ikat (BM) harus dijadikan sebagai titik polygon.
  2. Sisi polygon atau jarak antar titik polygon maksimum 100 meter, diukur dengan meteran atau dengan alat ukur titik secara optis ataupun elektronis.
  3. Sudut-sudut polygon diukur dengan alat ukur theodolite dengan ketelitian baca dalam detik. Disarankan untuk menggunakan theodolite jenis T2 atau yang setingkat.
- d) Pengukuran Kerangka Kontrol Vertikal (JKV)
1. Pengukuran kerangka kontrol vertikal mengacu pada PT-02 Persyaratan Teknis bagian Pengukuran Topografi dan SNI 19-6988-2004 tentang Metode Sipat Datar.
  2. Kerangka kontrol vertikal diikatkan pada titik kontrol sesuai dengan kondisi lokasi. Bila belum ada titik kontrol, maka dilakukan pengukuran titik kontrol yang mengacu pada Sistem Referensi Geospasial Indonesia (SRGI) dari BIG.
  3. Alat yang digunakan adalah automatic level orde 2.
  4. Sebelum melakukan pengukuran, alat ukur sipat datar harus dilakukan pengecekan dan kalibrasi terlebih dahulu.
  5. Usahakan pada waktu pembidikan, jarak rambu muka sama dengan jarak rambu belakang atau jumlah jarak muka sama dengan jumlah jarak belakang.
  6. Usahakan jumlah jarak (slaag) per seksi selalu genap.
  7. Data yang dicatat adalah pembacaan ketiga benang silang, yakti benang atas, benang bawah, dan benang tengah.
  8. Pengukuran dilakukan secara double stand pergi pulang dengan jalur terikat/tertutup melewati semua titik BM dan CP.
  9. Batas toleransi untuk kesalahan penutup tinggi maksimum adalah 8mmVD (D dalam kilometer).

10. Pengukuran levelling dicatat dalam log pengukuran levelling.

11. Standar teknis pengukuran kerangka kontrol vertikal.

e) Pengukuran Situasi

1. Pengukuran detil situasi dilakukan menggunakan metode tachimetri dengan alat theodolit atau electronic total station dengan bacaan sudut  $20^\circ$ .
2. Feature utama yang diukur adalah titik tinggi dan obyek detil lapangan baik natural maupun man-made (bangunan, jalan, parit, tiang listrik, penggunaan lahan, dan obyek lainnya).
3. Kerapatan pengukuran titik tinggi mengikuti skala peta dan bentuk permukaan bumi sehingga mewakili bentuk sebenarnya.
4. Batas setiap bangunan harus tergambar.
5. Fasilitas umum, fasilitas sosial, dan utilitas tergambar dan disertai toponimnya.
6. Batas administrasi ditampilkan sampai level desa.
7. Simbolisasi peta mengikuti KP-7, Spesifikasi Teknis Kriteria Perencanaan Standar Penggambaran.
8. Peta dilayout mengikuti ukuran lembar peta skala 1:1000 dari Badan Informasi Geospasial.
9. Peta disimpan dalam format CAD.

B. Penyelidikan Tanah

Penyelidikan ini dimaksudkan untuk mendapatkan data tanah dasar di sekitar lokasi bangunan utama dan pelengkap yang akan digunakan untuk pekerjaan detail desain bangunan. Spesifikasi kegiatan penyelidikan geoteknik secara umum seperti diuraikan pada uraian berikut :

a) Pemboran mesin

Pemboran mesin dilakukan di lokasi longsor dengan ketentuan-ketentuan berikut:

1. Pada dasarnya mengacu pada ASTM D 2113-94
2. Pendalaman dilakukan dengan menggunakan sistem putar (rotary drilling) dengan diameter mata bor minimum 75 mm.
3. Putaran bor untuk tanah lunak dilakukan dengan kecepatan maksimum 1 (satu) putaran per detik.
4. Kecepatan penetrasi dilakukan maksimum 30 mm per detik.

5. Kestabilan galian atau lubang bor pada daerah deposit yang lunak dilakukan dengan menggunakan bentonite (drilling mud) atau casing dengan diameter minimum 100 mm.
  6. Apabila drilling mud digunakan pelaksana harus menjamin bahwa tidak terjadi tekanan yang berlebih pada tanah
  7. Apabila casing digunakan, casing dipasang setelah mencapai 2 m atau lebih. Posisi dasar casing minimal berjarak 50 cm dari posisi pengambilan sample berikutnya.
  8. Penentuan titik lokasi boring (pemboran mesin) dan jumlah titik boring disesuaikan kondisi dan kebutuhan di lapangan.
  9. Volume yang tercantum dalam daftar kuantitas (bill of quantity) adalah perkiraan dimana volume tersebut dapat dilakukan perubahan (tambah/kurang) dengan persetujuan Pengguna Jasa.
- b) Pengambilan contoh tanah tak terganggu
- Pengambilan contoh tanah tak terganggu dilakukan dengan cara bor mesin menggunakan tabung contoh tanah (“Split Tube” untuk tanah keras atau “Piston Tube” untuk tanah lunak). Setiap contoh tanah harus diberi identitas yang jelas (nomor bor mesin, lokasi, kedalaman). Pemboran mesin dilakukan pada setiap lokasi yang diperkirakan akan ditimbun (untuk perhitungan penurunan) dengan ketinggian timbunan lebih dari 10 meter dan pada setiap lokasi yang diperkirakan akan digali (untuk perhitungan stabilitas lereng) dengan kedalaman galian lebih dari 10 meter, dengan interval sekurang-kurangnya 100 meter dan / atau setiap perubahan jenis tanah dengan kedalaman sekurang-kurangnya 4 meter. Setiap pemboran tangan dan contoh tanah yang diambil harus difoto. Dalam foto harus terlihat jelas identitas nomor bor tangan dan lokasi.
- Semua contoh tanah harus diamankan baik selama penyimpanan di lapangan maupun dalam pengangkutan ke laboratorium. Jumlah titik dan kedalaman pemboran disesuaikan dengan kondisi dan kebutuhan di lapangan. Volume yang tercantum dalam daftar kuantitas (bill of quantity) adalah perkiraan dimana volume tersebut dapat dilakukan perubahan (tambah/kurang) dengan persetujuan Pengguna Jasa.
- c) N-SPT

1. Tes ini dilakukan dengan interval kedalaman 2 (dua) meter atau setiap pergantian lapisan tanah.
  2. Penyelidikan ini dimaksudkan untuk mengetahui gambaran kondisi lapisan tanah sehubungan dengan daya dukung untuk perhitungan rencana pondasi.
  3. Metode dan tata laksana serta peralatan yang dipakai harus mengacu pada Standard Perencanaan Irigasi PT-03, SNI dan peraturan lain yang berlaku serta petunjuk Direksi.
  4. Keadaan jatuh bebas dari ketinggian 75 cm harus dilakukan dengan hati-hati dalam artian batang bor harus tetap pada posisi vertikal untuk mencegah perpindahan energi akibat tekanan dan lain-lain.
- d) Tes Pit
1. Pengambilan sampel sebanyak 2 sampel tiap titik.
  2. Test pit atau sumur uji akan dibuat pada lokasi sumber bahan timbunan (borrow area) dengan maksud untuk memperoleh gambaran yang lebih jelas mengenai material properties, jenis dan tebalnya lapisan, hingga dapat untuk menghitung volume bahan yang tersedia.
  3. Peralatan utama yang akan digunakan adalah peralatan untuk penggalian seperti cangkul, sekop, ganco dan linggis; pita ukur dan peralatan geologi seperti kompas dan palu geologi; serta peralatan untuk pengambilan contoh tanah.
  4. Galian test pit (sumur uji) akan dilaksanakan untuk menentukan pembagian lapisan tanah dan mengambil contoh tanah untuk pengujian laboratorium.
  5. Penggalian sumuran uji akan dibuat dengan ukuran 1.5 m x 1.5 m dan dengan kedalaman 2 m.
  6. Bahan yang dikeluarkan dari galian akan dikumpulkan disekitar sumuran uji untuk mengetahui jenis bahan pada kedalaman tertentu.
  7. Agar pengambilan contoh dan klasifikasi tanah dapat dilakukan dengan baik, maka dasar dari sumuran uji akan dibuat horisontal.
  8. Bila dinding galian mudah runtuh hingga menyulitkan dalam pekerjaan penggalian, maka akan dipasang dinding penahan dari papan.
  9. Jika kedalaman spesifikasi tidak tercapai, maka penggalian akan dihentikan bila telah dijumpai lapisan keras dan diperkirakan benar-benar keras disekeliling lokasi

tersebut, atau bila dijumpai rembesan air tanah yang cukup besar yang sulit diatasi dengan peralatan pompa sederhana di lapangan.

10. Setelah penggalian sumuran selesai, pemerian dari lapisan tanah yang ada dan pengambilan foto akan dilaksanakan.

e) Cone Penetretion Test / Sondir

Cone Penetration Test atau disebut juga Pengujian sondir dilakukan untuk mengetahui perlawanan/ tahanan penetrasi konus/ujung (end resistance/cone resistant) dari lapisan tanah dasar yang dinyatakan dalam  $\text{kg/cm}^2$ , dan hambatan lekat (skin friction) yang dinyatakan dalam  $\text{kg/cm}$ . Alat Sondir yang digunakan dalam pegujian ini adalah alat sondir type Dutch Cone Penetrometer dengan kapasitas 2,50 ton yang mempunyai konus seluas  $10 \text{ cm}^2$ , sudut lancip kerucut  $60^\circ$  untuk mengukur perlawanan ujung. Pelaksanaan sondir dimulai dengan melakukan pengangkeran/pengikatan alat sondir agar peralatan pada saat pelaksanaan pengujian tidak goyang dengan posisi alat sondir tegak.

Pekerjaan pengujian sondir dilaksanakan setelah pipa batang sondir disambung ke konus dan pengujian baru dapat dimulai pelaksanaannya setelah posisi alat sondir tegak lurus dan gastrol olie diisi sampai penuh serta gelembung-gelembung udara dari hidrolik dikeluarkan. Untuk mendapatkan data tahanan/perlawanan ujung/konus (end resistance/cone resistant), konus ditekan ke dalam tanah dengan tenaga mekanis dengan cara memutar stang dari peralatan sondir. Pembacaan manometer sondir dilakukan setiap interval 20 cm, sedangkan kecepatan pengujian penetrasi sondir dilakukan dengan kecepatan maksimum 1 cm/detik. Pada pembacaan tahanan/perlawanan ujung/konus sebesar  $0-45 \text{ kg/cm}^2$  dipergunakan manometer skala  $60 \text{ kg/cm}^2$  dan pembacaan, sedangkan pembacaan lebih besar  $45 \text{ kg/cm}^2$  digunakan manometer skala  $250 \text{ kg/cm}^2$ . Setiap kedalaman 1 meter penyondiran dilakukan penyambungan pipa/batang sondir. Penyelidikan dihentikan apabila konus telah mencapai lapisan tanah sangat padat ( $\text{CR}>150 \text{ kg/cm}^2$ ), atau telah mencapai kedalaman 20 m, atau alat sondir telah miring.

f) Tes Laboratorium Mekanika Tanah

- Tanah Pondasi

Contoh tanah asli (undisturb Sample) harus diteliti di laboratorium, mengenai sifat fisik dan sifat teknisnya meliputi :

- Index Properties Test
- Permeability Test
- Direct Shear Test
- Tanah Timbunan (Borrow Area)

Contoh tanah asli (undisturb dan disturb sample) harus diteliti di laboratorium, mengenai sifat fisik dan sifat teknisnya meliputi :

- Index Properties Test
- Aterberg Limit Test
- Grain Sizes dan Hidrometry Analisys
- Tes pemandatan tanah (Standard Proctor, sesuai dengan SNI) guna mendapatkan kadar air Optimum Setelah didapat kepadatan optimum, contoh tanah timbunan ini kemudian harus dilakukan uji lagi meliputi :
  - o Index Properties Tes
  - o Permeability Test
  - o Konsolidasi Test
  - o Direct Shear Test

g) Rekomendasi Hasil Investigasi Geoteknik

Mengkaji hasil dari Kegiatan Investigasi Lapangan dan Tes Lab Mekanika Tanah untuk memberikan masukan kepada perencana mengenai pondasi bangunan dan jenis bangunan yang sesuai dengan kondisi tanah yang ada.

## 1.5 Landasan Hukum

Penyusunan DED Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Regional Kawasan Purbalingga Dan Banjarnegara didasarkan pada peraturan sebagai berikut:

a. Undang-Undang

1. Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang.
2. Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
3. Undang-Undang Nomor 36 Tahun 2009 tentang Kesehatan.

4. Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2011 tentang Perumahan dan Kawasan Permukiman.
  5. Undang-Undang Nomor 23 tahun 2014 tentang Pemerintah Daerah.
  6. Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2020 tentang Cipta Kerja
- b. Peraturan Pemerintah
1. Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
  2. Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 2012 tentang Izin Lingkungan.
  3. Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan.
  4. Peraturan Pemerintah Nomor 122 Tahun 2015 tentang Sistem Perencanaan Air Minum.
  5. Peraturan Pemerintah Nomor 14 Tahun 2016 tentang Penyelenggaraan Perumahan dan Kawasan Permukiman.
  6. Peraturan Pemerintah Nomor 18 Tahun 2016 tentang Perangkat Daerah.
  7. Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- c. Peraturan Presiden
1. Peraturan Presiden Nomor 185 Tahun 2014 tentang Percepatan Air Minum dan Sanitasi.
- d. Peraturan Daerah Provinsi
1. Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 16 Tahun 2019 tentang Perubahan atas Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 6 Tahun 2010 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi Jawa Tengah Tahun 2009 –2029.
  2. Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah.
- e. Peraturan Daerah Kabupaten Purbalingga
1. Peraturan Daerah Kabupaten Purbalingga No. 8 Tahun 2016 Tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah Kabupaten Purbalingga Tahun 2016 – 2021
  2. Peraturan Bupati Purbalingga Nomor 81 Tahun 2016 tentang Kedudukan, Susunan Organisasi, Tugas Dan Fungsi Serta Tata Kerja Dinas Perumahan Dan Permukiman Kabupaten Purbalingga
  3. Peraturan daerah Kabupaten Purbalingga No. 59 Tahun 2017 Tentang Perubahan Atas Peraturan Bupati Purbalingga Nomor 75 Tahun 2016 Tentang Kedudukan, Susunan Organisasi, Tugas Dan Fungsi Serta Tata Kerja Sekretariat Daerah Kabupaten Purbalingga

4. Peraturan Daerah Kabupaten Purbalingga Nomor 10 Tahun 2020 tentang Perubahan Atas Peraturan Daerah Nomor 5 Tahun 2011 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Purbalingga Tahun 2011 – 2031;
- f. Peraturan Daerah Kabupaten Banjarnegara
  1. Peraturan Bupati Banjarnegara Nomor 54 Tahun 2017 tentang Uraian Tugas Jabatan Dinas Perumahan dan Kawasan Permukiman Kabupaten Banjarnegara
  2. Peraturan Daerah Kabupaten Bajarnegara Nomor 11 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Banjarnegara Tahun 2011-2031
- g. Peraturan Menteri
  1. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2012 tentang Jenis Rencana Usaha dan/atau Kegiatan yang Wajib Memiliki Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup
  2. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 1/PRT/M/2014 tentang Standar Pelayanan Minimal Bidang Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang.
  3. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.
  4. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 4/PRT/M/2017 tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik.

## 1.6 Keluaran

Keluaran yang dihasilkan dari pelaksanaan pekerjaan ini adalah tersedianya dokumen pendukung perencanaan untuk kegiatan Perencanaan DED IPLT Regional Kawasan Kabupaten Purbalingga dan Banjarnegara.

## 1.7 Sistematika Laporan

Sistematika Laporan Pendahuluan DED Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Regional Kawasan Purbalingga Dan Banjarnegara ini terdiri dari:

### Bab 1 Pendahuluan

Bab ini memberikan penjelasan mengenai latar belakang, maksud, tujuan, serta dari penyusunan DED IPLT Regional, cakupan dan jenis kegiatan, Peraturan Perundangan,

serta standar teknis yang digunakan dalam penyusunan DED Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Regional Kawasan Purbalingga Dan Banjarnegara

## Bab 2 Tinjauan Pustaka

Bab ini menjelaskan mengenai sistem pengolahan air limbah domestik, unit-unit pengolahan lumpur tinja dan metodologi pengembangan IPLT.

## Bab 3 Deskripsi Daerah Perencanaan

Bab ini menjelaskan mengenai data kondisi daerah rencana (batas wilayah administrasi, kondisi fisik, tata ruang kota, demografi, prasarana kota, kondisi kesehatan masyarakat, Undang-undang lingkungan, kondisi sosial ekonomi, dan kelembagaan) data kondisi eksisting SPALD di Kabupaten Purbalingga dan Kabupaten Banjarnegara.

## Bab 4 Organisasi Pelaksanaan dan Jangka Waktu Pelaksanaan

Bagian ini berisi tentang organisasi pelaksanaan penyusunan Fasilitasi Penyusunan DED Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Regional Kawasan Purbalingga Dan Banjarnegara dan jadwal pelaksanaan pekerjaan, survei pendahuluan, survei utama, pengolahan, analisis dan evaluasi data, penyusunan rencana, serta perbaikan dan penyelesaian akhir, jadwal pelaksanaan pekerjaan penyusunan DED Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Regional Kawasan Purbalingga Dan Banjarnegara.

# Bab 2

## Tinjauan Pustaka Dan Metodologi

### 2.1 Pengertian Lumpur Tinja

Tinja adalah bahan buangan yang dikeluarkan dari tubuh manusia melalui anus dan merupakan sisa dari proses pencernaan makanan disepanjang sistem saluran pencernaan (tractus digestifus) (Azwar, 1995). Lumpur tinja adalah endapan lumpur yang terdapat dalam tangki septik, jadi tidak termasuk lumpur yang berasal dari cubluk (Anonim, 2009). Lumpur tinja biasanya ditandai dengan kandungan pasir dan lemak dalam jumlah besar, bau yang menusuk hidung, mudah terbentuk busa ketika pengadukan, sulit mengendap, serta kandungan zat padat dan zat organiknya tinggi. Lumpur tinja mempunyai nutrient dalam konsentrasi yang cukup tinggi dibandingkan dengan yang terdapat dalam kandungan air limbah.

#### 2.1.1 Karakteristik Lumpur Tinja

##### 2.1.1.1 Kuantitas Air Limbah

Penentuan kuantitas air limbah secara tepat sangat sulit ditentukan, hal ini disebabkan karena beberapa faktor yang mempengaruhinya. Faktor yang mempengaruhi air limbah adalah (MODUTO, 2000):

a. Sumber Air Limbah

Jumlah air bersih yang dibutuhkan perkapita akan mempengaruhi jumlah air limbah yang dihasilkan.

b. Keadaan masyarakat di daerah tersebut, yang dibedakan berdasarkan:

1. Tingkat perkembangan suatu daerah. Jumlah air limbah di kota lebih besar dari pada di daerah pedesaan.

2. Daerah yang mengalami kekeringan akan berbeda cara membuang limbahnya jika dibandingkan dengan daerah yang tidak mengalami kekeringan.
3. Pola hidup masyarakat, terutama cara membuang limbahnya.

Besaran air limbah yang sering digunakan dalam perencanaan (MODUTO, 2000) Untuk air limbah dari WC besaran yang sering digunakan dalam perencanaan tangki septik dan bangunan peresapan adalah 25 liter/orang/hari. Dan untuk Laju kapasitas lumpur tinja (cairan dan endapan) = 0,5 L/org/hari).

#### 2.1.1.2 Kualitas Air Limbah

Kualitas air limbah dapat diketahui dari karakteristik fisik, karakteristik kimia dan karakteristik biologi.

##### a. Karakteristik Fisik

Beberapa sifat fisik air limbah adalah:

1. Suhu air limbah biasanya lebih tinggi dari pada suhu air bersih.
2. Tercium bau busuk saat air limbah terurai secara anaerob.
3. Zat padat yang menyebabkan kekeruhan berupa: zat padat tersuspensi, terapung dan terlarut.
4. Warna air limbah dapat digunakan untuk memperkirakan umur air limbah:
  - Coklat muda, mengindikasikan air limbah berumur 6 jam.
  - Abu-abu tua, mengindikasikan air limbah sedang mengalami pembusukan.
  - Hitam, mengindikasikan air limbah yang telah membusuk oleh penguraian bakteri anaerob.

##### b. Karakteristik Kimia

###### 1. Zat Organik

Sumber utama zat organik berasal dari kotoran manusia yaitu 80-90 gram/orang/hari. Zat organik dalam air limbah jumlahnya cukup dominan, karena 75% dari zat padat tersuspensi dan 40% dari zat padat tersaring merupakan bahan organik. Selanjutnya bahan organik ini dikelompokkan menjadi 40-60% berupa protein, 25-50% berupa karbohidrat, 10% berupa lemak/minyak dan urea. Urea sebagai kandungan bahan terbanyak di dalam urine, merupakan bagian lain yang penting dalam bahan organik. (Hindarko, 2003)

a) Protein

Protein sangat kompleks dalam struktur dan tidak stabil. Beberapa protein terlarut dalam air dan sebagian tidak. Struktur kimia protein tergabung dari kombinasi asam amino. Protein merupakan penyebab utama terjadinya bau karena adanya proses pembusukan dan penguraian.

b) Karbohidrat

Karbohidrat tersusun dari karbon, hidrogen dan oksigen. Karbohidrat banyak terdapat pada gula, kanji, selulosa dan kayu yang seluruhnya terdapat pada air limbah. Beberapa karbohidrat seperti gula adalah larut dalam air, sedangkan kanji tidak larut dalam air. Gula cenderung terurai melalui enzim dari bakteri dan jamur sehingga menimbulkan proses fermentasi yang menghasilkan alkohol dan CO<sub>2</sub>. Kanji sifatnya lebih stabil namun dapat berubah menjadi gula melalui aktivitas bakteri apabila dicampur dengan asam.

c) Lemak, minyak dan pelumas

Lemak dan minyak merupakan komponen utama bahan makanan yang banyak mterdapat pada air limbah. Lemak tidak mudah diuraikan oleh bakteri. Lemak dapat menimbulkan permasalahan pada saluran air limbah apabila tidak dihilangkan terlebih dahulu sebelum masuk ke dalam saluran air limbah.

d) Fenol

Fenol merupakan penyebab timbulnya rasa pada air minum terutama apabila air tersebut melalui proses klorinasi.

2. Zat An-organik

a) PH

Air limbah dengan konsentrasi tidak netral akan menyulitkan proses biologis, sehingga mengganggu proses yang ada di dalamnya

b) Klorida

Masuknya klorida dalam air limbah bisa berasal dari intrusi air laut yang berinfiltasi ke dalam pipa, tinja manusia yang mengandung 6 gram/orang/hari. Pengolahan air limbah tidak dapat menurunkan kadar klorida. Sehingga pencegahan dini masuknya klorida lebih bermanfaat daripada mengeluarkan klorida yang ada.

c) Nitrogen

Keberadaan nitrogen dalam air limbah dipakai untuk mengevaluasi kemampuan mengolah air limbah oleh proses biologis.

d) Phosphor

Phosphor merupakan nutrien bagi tumbuhan sehingga permukaan air dipenuhi tumbuhan air. Kandungan phosphor di banyak tempat dibatasi 4-15 mg/liter.

e) Kebasaan (Alkalinitas)

Kebasaan merupakan hasil dari adanya hidroksi karbonat dan bikarbonat yang berupa kalsium, magnesium, sodium, potassium atau amoniak. Dalam hal ini, yang paling utama adalah basa yang diterimanya dalam penyediaan air, air tanah dan bahan tambahan selama digunakan di rumah.

f) Belerang

Unsur ini dibutuhkan dalam sintesis protein. Bentuk dari belerang yang berupa senyawa asam sulfat dapat merusak mahkota pipa.  $H_2S$  yang tercampur  $CH_4$  dan gas  $CO_2$  bersifat korosif terhadap pipa (Hindarko, 2003).

c. Karakteristik/Aspek Biologi

Aspek biologi ini mencakup mikroorganisme yang ditemukan pada air limbah. Organisme ini digunakan sebagai indikator polusi dan untuk mengetahui metoda pengolahan yang tepat. Setiap manusia mengeluarkan 100-400 miliar *coliform*/hari. *Coliform* digunakan sebagai indikator mikroorganisme *pathogen* (Anonim, 1998).

Karakteristik lumpur tinja ini sebenarnya sangat bervariasi dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Variasi ini disebabkan oleh beberapa faktor yaitu:

1. Jumlah pemakai
2. Kebiasaan makan dan minum
3. Sumber lumpur tinja seperti dari tangki septik, jokaso, *vault* toilet, atau sumber ini akan menentukan kesegaran (*freshness*) lumpur tinja tersebut
4. Desain dan ukuran tangki septik
5. Kondisi cuaca/iklim
6. Frekuensi Penyedotan/pengambilan lumpur tinja
7. Adanya infiltrasi air hujan ataupun air tanah.

### 2.1.1.3 Komposisi Air Limbah

Beberapa literatur terkait dengan besaran parameter lumpur tinja memiliki nilai yang lebih besar dari pada parameter air limbah domestik. Beberapa parameter diantaranya BOD<sub>5</sub>, TSS, lemak dan minyak, pasir (grit), bau, dan nutrisi menunjukkan karakteristik lumpur tinja melebihi air buangan domestik. Keberadaaan lumpur tinja ditandai dengan bau. Karakteristik ini membuat lumpur tinja sulit untuk diolah dan ditangani. Lumpur tinja mempunyai konsentrasi BOD sekitar 30–50 kali lebih tinggi daripada air buangan domestik, sedangkan konsentrasi suspended solid lebih tinggi 10–50 kali air limbah domestik. Begitu juga dengan konsentrasi nutrisi, dalam hal ini nitrogen dan fosfor.

**Tabel 2. 1**  
**Karakteristik Lumpur Tinja**

Parameter	Sumber Lumpur Tinja		Lumpur IPAL	Referensi
	Toilet Umum	Septic Tank		
pH	1,5 – 12,6			US EPA (1994)
	6,55 – 9,34			Kengne <i>et al.</i> (2011)
Total Solids, TS (mg/L)	52.500	12.000 – 35.000	-	Kone and Strauss (2004)
	30.000	22.000	-	NWSC (2008)
		34.106		US EPA (1994)
	≥3,5%	<3%	<1%	Heinss <i>et al</i> (1998)
Total Volatile Solids, TVS (12 % of TS)	68	50 – 73	-	Kone and Strauss (2004)
	65	45	-	NWSC (2008)
COD (mg/L)	49.000	1.200 – 7.800	-	Kone and Strauss (2004)
	30.000	10.000	7 – 608	NWSC (2008)
	20.000 – 50.000	<10.000	500 – 2.500	Heinss <i>et al</i> (1998)
BOD (mg/L)	7.600	840 – 2.600	-	Kone and Strauss (2004)
	-	-	20 – 299	NWSC (2008)
Total Nitrogen, TN (mg/L)	-	190 – 300	-	Kone and Strauss (2004)
			32 – 250	NWSC (2008)
Total Kjeldahl Nitrogen, TKN (mg/L)	3.400	1.000	-	Katukiza <i>et al</i> (2012)
NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	3.300	150 – 1.200	-	Kone and Strauss (2004)
	2.000	400	2 – 168	NWSC (2008)
	2.000 – 5.000	<1.000	30 – 70	Heinss <i>et al</i> (1998)
Nitrates, NO <sub>3</sub> - (mgN/L)	-	0,2 – 21	-	Koottatep <i>et al</i> (2005)
Total Phosphorus, TP (mg P/L)	450	150	9 – 63	NWSC (2008)
Faecal coliforms, (cfu/100 mL)	$1 \times 10^5$	$1 \times 10^5$	$6,3 \times 10^4$ – $6,6 \times 10^5$	NWSC (2008)
Helminth eggs (Numbers/L)	2.500	4.000 – 5.700	-	Heinss <i>et al</i> (1994)
	20.000 – 60.000	4.000	300 – 2.000	Heinss <i>et al</i> (1998)
		600 – 6.000		Ingallnella <i>et al</i> (2002)
		16.000		Yen-Phi <i>et al</i> (2010)
Grease and fats		6-30% dari TSS		US EPA(1979)

Sumber: US EPA, 1979; US EPA, 1994; Kengne *et al.*, 2011; Kone and Strauss, 2004; NWSC, 2008; Heinss *et al.*, 1998; Katukiza *et al.*, 2012; Koottatep *et al.*, 2005; Ingallnella *et al.*, 2002; Yen-Phi *et al.*, 2010.

Kualitas lumpur tinja pada tabel II.1 di atas merupakan sebagian besar parameter air limbah yang berdasarkan pengukuran yang berada di luar negeri, dan memiliki rentang yang cukup tinggi. Untuk perencanaan IPLT di Kabupaten Purbalingga dan Kabupaten Banjarnegara menggunakan analisa kualitas air lumpur tinja yang ada di Indonesia. Data sekunder tentang kualitas lumpur tinja dapat juga didapatkan dari pengambilan sampel di sekitar Kabupaten Purbalingga dan Kabupaten Banjarnegara, dan juga data lainnya. Pada Kabupaten Pekalongan dan Kota Pekalongan telah dilakukan pengukuran kualitas lumpur tinja, dan juga dari Kajian IUWASH dengan sekitar 160 sampel dari beberapa kota besar di Indonesia. Hasil uji parameter lumpur tinja dari data sekunder yang ada dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 2. 2**  
**Hasil Analisa Sampel Lumpur Tinja**

No	Parameter	Satuan	Nilai Lumpur Tinja Kab. Pekalongan*	Nilai Lumpur Tinja Kota Pekalongan**	Nilai Rata-Rata Lumpur Tinja Studi Iuwash***
1	BOD <sub>5</sub>	Mg/L	1.670,40	3.560,22	5.200
2	TSS	Mg/L	2.446,00	13.089,20	18.000
3	Minyak Lemak	Mg/L	54,00		1.400
4	COD	Mg/L	4.772,56	9.579,66	12.700
5	Ammonia	Mg/L	5,37	-	190
6	pH		7,46	7,40	-
7	Total Coliform			$2,6 \times 10^8$	

Sumber: \* Evaluasi dan Optimalisasi Instalasi Pengolahan Limbah Tinja Kota Pekalongan, 2009

\*\* Draft Outline Plan dan DED Air llimbah Kabupaten Pekalongan

\*\*\* Rata-rata Lumpur Tinja Kajian IUWASH, 2016

Dari data sekunder didapatkan bahwa hasil analisa lumpur tinja masuk dalam rentang literatur adalah BOD, COD berdasarkan Kone and Strauss (2004). Untuk parameter lainnya berada dibawah nilai literatur. Dan jika dibandingkan dengan nilai rata-rata parameter kualitas lumpur tinja yang telah dilakukan oleh IUWASH maka nilainya berada dibawahnya. Karena nilai yang didapatkan dari hasil uji lumpur tinja di Kabupaten Pekalongan berada di bawah rata-rata nilai parameter lumpur tinja di Indonesia, maka dalam perencanaan ini menggunakan data dari studi IUWASH. Untuk parameter total coliform menggunakan data literatur seperti yang tercantum di atas yaitu sebesar 100.000 MPN/100 ml. Kriteria kualitas lumpur tinja yang akan digunakan dalam perencanaan IPLT Kabupaten Pekalongan adalah sebagai berikut:

- COD = 12.700 mg/l
- TSS = 18.000 mg/l
- BOD = 5.200 mg/l

- d. Ammonia = 190 mg/l
- e. Minyak/lemak = 1.400 mg/l
- f. Total coliform = 100.000 MPN/100 ml

## 2.2 Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik

Sistem pengolahan air limbah domestik dibagi menjadi dua menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 4/PRT/M/2017, yaitu

- a. Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T)
- b. Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Setempat (SPALD-S)

### 2.2.1 Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T)

SPALD Terpusat atau yang disebut SPALD-T adalah sistem pengelolaan yang dilakukan dengan mengalirkan Air Limbah Domestik dari sumber secara kolektif ke sub-sistem pengolahan terpusat untuk diolah sebelum dibuang ke badan air permukaan. Cakupan pelayanan SPALD-T terdiri atas:

- a. Skala perkotaan

Cakupan pelayanan skala perkotaan untuk lingkup perkotaan dan/atau regional dengan minimal layanan 20.000 (dua puluh ribu) jiwa

- b. Skala permukiman

Cakupan pelayanan skala permukiman untuk lingkup permukiman dengan layanan 50 (lima puluh) sampai 20.000 (dua puluh ribu) jiwa.

- c. Skala kawasan tertentu.

Cakupan pelayanan skala kawasan untuk kawasan komersial dan kawasan rumah susun.

Komponen SPALD Terpusat atau SPALD-T terdiri dari atas sub sistem pelayanan, sub sistem pengumpulan dan sub sistem pengolahan terpusat. Penjelasan dari sub sistem SPALD Terpusat adalah sebagai berikut:

- a. Sub-sistem Pelayanan

Sub-sistem Pelayanan merupakan prasarana dan sarana untuk menyalurkan air limbah domestik dari sumber melalui perpipaan ke Sub-sistem Pengumpulan. Sub-sistem Pelayanan meliputi pipa tinja, pipa non tinja, bak perangkap lemak dan minyak dari dapur, pipa persil dan bak kontrol.

**b. Sub-sistem Pengumpulan**

Sub-sistem Pengumpulan merupakan prasarana dan sarana untuk menyalurkan air limbah domestik melalui perpipaan dari Sub-sistem Pelayanan ke Sub-sistem Pengolahan Terpusat. Sub-sistem Pengumpulan terdiri dari pipa retikulasi, pipa induk, dan prasarana dan sarana pelengkap.

**c. Sub-sistem Pengolahan Terpusat**

Sub-sistem Pengolahan Terpusat merupakan prasarana dan sarana untuk mengolah air limbah domestik yang dialirkan dari sumber melalui sub-sistem pelayanan dan sub-sistem pengumpulan. Sub sistem pengolahan air limbah domestik terpusat berupa instalasi pengolahan air limbah domestik (IPALD) yang berfungsi untuk mengolah air limbah domestik. Sub sistem pengolahan terdiri dari unit pengolahan air limbah domestik (pengolahan fisik, pengolahan biologis, dan/atau pengolahan kimia), pengolahan lumpur hasil olahan air limbah domestik tersebut (baik berupa lumpur dari pengolahan fisik maupun lumpur dari hasil pengolahan biologis/kimia) dan pembuangan akhir. IPALD meliputi IPALD kota untuk cakupan pelayanan skala perkotaan, skala permukiman dan skala kawasan tertentu. Prasarana dan sarana IPALD terdiri atas:

**1. Prasarana utama meliputi:**

- a) Bangunan pengolahan air limbah domestik.
- b) Bangunan pengolahan lumpur.
- c) Peralatan mekanikal dan elektrikal.
- d) Unit pemrosesan lumpur kering

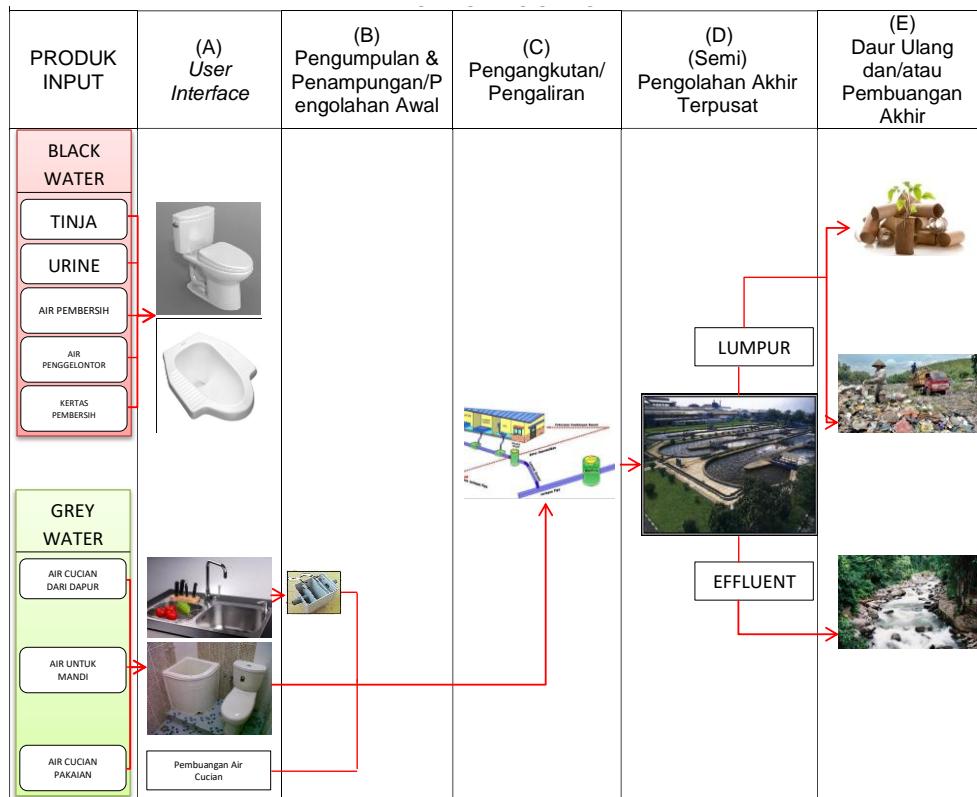
**2. Prasarana dan sarana pendukung meliputi:**

- a) Gedung kantor.
- b) Laboratorium.
- c) Gudang dan bengkel kerja.
- d) Infrastruktur jalan berupa jalan masuk, jalan operasional, dan jalan inspeksi.
- e) Sumur pantau.
- f) Fasilitas air bersih.
- g) Alat pemeliharaan.
- h) Peralatan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3).
- i) Pos jaga.

- j) Pagar pembatas.
- k) Pipa pembuangan.
- l) Tanaman penyangga.
- m) Sumber energi listrik.

Proses pengolahan air limbah domestik pada sub sistem pengolahan terpusat dilakukan dengan cara:

1. Pengolahan fisik dilakukan dengan
  - a) Pengapungan, penyaringan
  - b) Pengendapan untuk air limbah domestik
  - c) Pengentalan (*thickening*)
  - d) Pengeringan (*dewatering*) untuk lumpur.
2. Pengolahan biologis dilakukan dengan
  - a) Aerobik
  - b) Anaerobik
  - c) Kombinasi aerobik dan
  - d) Anaerobik, dan/atau anoksik.
3. Pengolahan kimiawi dapat dilakukan dengan cara pemberian zat kimia ke dalam air limbah domestik dan lumpur



**Gambar 2. 1**  
**Diagram Pengelolaan SPALD-T**

Sumber: Pedoman Penyusunan Rencana Induk Sistem Pengelolaan Air Limbah, 2016

## 2.2.2 Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Setempat (SPALD-S)

SPALD Setempat yang selanjutnya disebut SPALD-S terdiri dari sub sistem Pengolahan Setempat, sub sistem Pengangkutan dan sub-sistem Pengolahan Lumpur Tinja. Penjelasan tiap sub sistem dijelaskan dibawah ini:

### a. Sub sistem Pengolahan Setempat

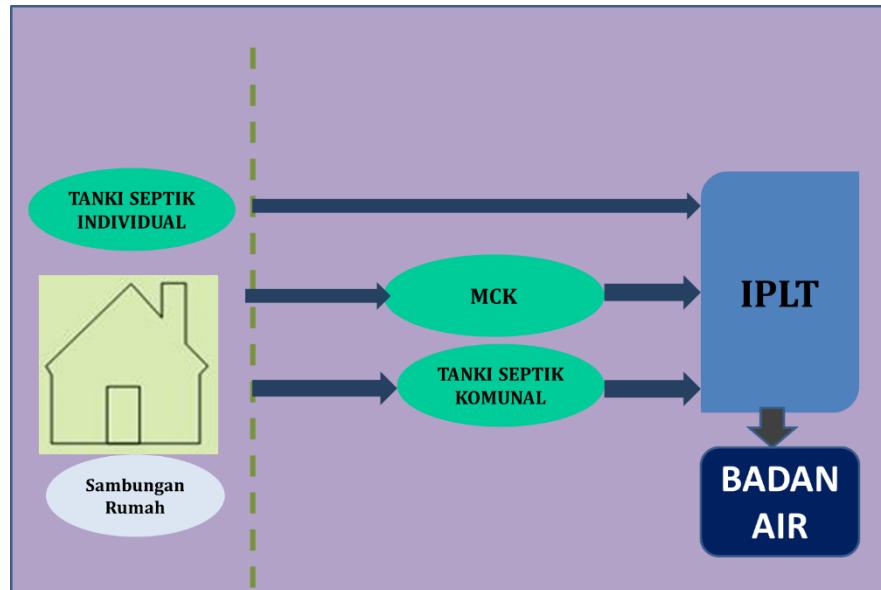
Sub-sistem pengolahan setempat berfungsi untuk mengumpulkan dan mengolah air limbah domestik (*black water* dan *grey water*) di lokasi sumber. Sub-sistem Pengolahan, berdasarkan kapasitas pengolahan terdiri atas:

#### 1. Skala individual

Skala Individual dapat berupa Cubluk Kembar, Tangki Septik dengan bidang resapan, biofilter dan unit pengolahan airlimbah fabrikasi. Skala individual sebagaimana diperuntukkan 1 (satu) unit rumah tinggal.

#### 2. Skala komunal.

Skala komunal diperuntukkan 2 (dua) sampai dengan 10 (sepuluh) unit rumah tinggal dan/atau bangunan dan/atau mandi cuci kakus (MCK) dapat berupa permanen dan non permanen (*mobile toilet*).



**Gambar 2. 2  
Pengelolaan SPALD-S**

Sumber: Bahan Sistem Pengendalian Manajemen PPLP, 2015

Sistem ini menggunakan tangki air limbah yang terletak di lahan yang sama dengan unit bangunan dimana limbah dihasilkan. Suatu sistem setempat yang memenuhi syarat harus:

1. Mampu menurunkan kadar senyawa organik, padatan sehingga memenuhi baku mutu air limbah domestik.
2. Diletakkan setidaknya 10 meter dari sumur air bersih terdekat.
3. Kedap dan tidak ada kebocoran
4. Memiliki lubang kontrol sekaligus untuk penyedotan tinja
5. Memiliki sistem pelepasan gas
6. Dirawat setidaknya melalui penyedotan lumpur tinja secara periodik.

Sistem setempat layak digunakan untuk wilayah permukiman yang memenuhi kriteria sebagai berikut:

1. Belum memiliki layanan penyaluran air limbah (SPALD-T).

2. Memiliki tingkat kepadatan penduduk atau bangunan yang rendah, yaitu kurang dari 150 orang/hektar atau kurang dari 30 unit bangunan/hektar.
3. Permukaan air tanah yang tidak tinggi, yaitu setidaknya lebih dalam dari 4 meter (dari permukaan tanah).

b. Sub-sistem Pengangkutan

Sub-sistem pengangkutan merupakan sarana untuk memindahkan lumpur tinja dari sub-sistem pengolahan setempat ke sub-sistem pengolahan lumpur tinja. Sarana pengangkut lumpur tinja ini berupa kendaraan pengangkut yang memiliki tangki penampung dari bahan baja yang harus dilengkapi dengan:

1. Alat penyedot lumpur tinja berupa pompa vakum dan peralatan selang
2. Tanda pengenal khusus, contoh warna yang mencolok, tulisan spesifik.

Selain kelengkapan tersebut, sarana pengangkutan lumpur tinja dapat juga dilengkapi dengan alat pemantauan elektronik. Untuk lokasi yang tidak dapat dijangkau oleh truk, dapat menggunakan kendaraan bermotor roda tiga atau sejenisnya yang telah dimodifikasi sesuai kebutuhan.

Penyedotan lumpur tinja bertujuan untuk mengeluarkan akumulasi endapan lumpur di dasar tangki air limbah. Selanjutnya akan dibawa ke instalasi pengolahan lumpur tinja (IPLT). Penyedotan dilakukan dengan menggunakan: Truk lumpur tinja; Truk dengan tangki baja bervolume 3 m<sup>3</sup>-4 m<sup>3</sup> yang dilengkapi pompa sedot lumpur dengan selang sekitar 40 meter (penyedot dan pembuangan). Truk lumpur tinja digunakan untuk menjangkau bangunan yang terletak di jalan-jalan besar. Penyedotan lumpur tinja perlu didukung dengan prosedur operasi standar yang meliputi:

1. Pemeriksaan mobil atau motor lumpur tinja.
2. Tata cara mengemudi.
3. Pemeriksaan kondisi tangki air limbah.
4. Penyedotan lumpur tinja.
5. Perlindungan keselamatan kerja.
6. Penurunan lumpur tinja di IPLT.

Layanan penyedotan lumpur tinja dapat dilakukan dengan:

1. Pola panggilan.

Layanan penyedotan tinja hanya datang berdasarkan permintaan pemilik rumah atau bangunan. Pembayaran dilakukan sesuai volume lumpur tinja yang disedot.

## 2. Pola berlangganan.

Layanan penyedotan tinja datang secara berkala sesuai jadwal yang sudah ditentukan, misalnya dua atau tiga tahun sekali. Pembayaran layanan dilakukan pelanggan secara bulanan sesuai tarif yang disepakati.

Terlepas dari jenis pola pelayanan yang akan diterapkan, pemerintah perlu menyediakan perangkat kebijakan yang akan memaksa masyarakat untuk melakukan penyedotan lumpur tinja secara berkala.

### c. Sub-sistem Pengolahan Lumpur Tinja

Sub-sistem pengolahan lumpur tinja berfungsi untuk mengolah lumpur tinja yang masuk ke dalam IPLT. Sub-sistem pengolahan lumpur tinja terdiri dari pengolahan fisik, pengolahan biologis, dan/atau pengolahan kimia.

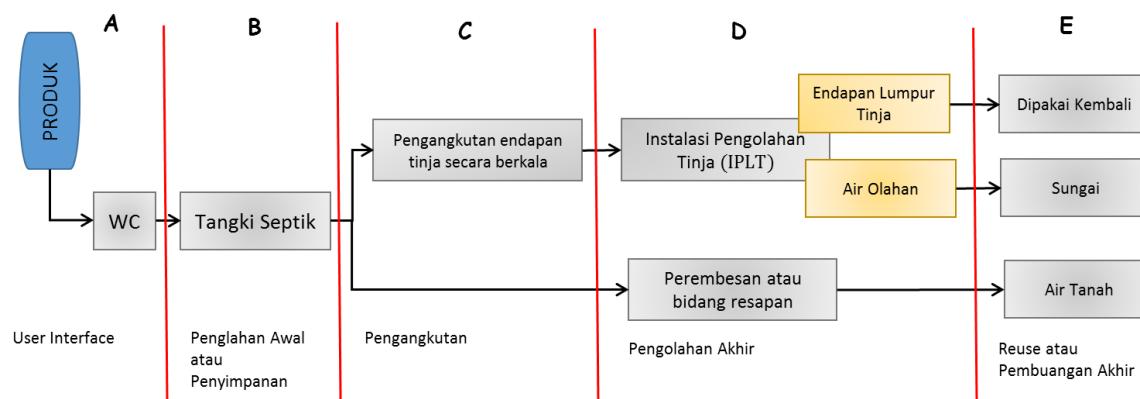
Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 4/PRT/M/2017, Instalasi Pengolahan Lumpur (IPLT) adalah instalasi pengolahan air limbah yang dirancang hanya menerima dan mengolah lumpur tinja yang berasal dari sub-sistem pengolahan setempat. Instalasi ini untuk menangani lumpur tinja bagi rumah dan bangunan yang menggunakan sistem setempat. Secara lengkapnya, penanganan lumpur tinja terdiri dari (a) penyedotan lumpur tinja, (b) pengolahan lumpur tinja, dan (c) penanganan lumpur kering. Untuk kepentingan perencanaan, dapat diasumsikan bahwa tingkat produksi lumpur tinja adalah 0,5 L/orang/hari, atau 2,5 L/rumah/hari. Prasarana dan sarana IPLT terdiri atas:

1. Prasarana utama yang berfungsi untuk mengolah lumpur tinja, yang meliputi:
  - a) Unit penyaringan secara mekanik atau manual berfungsi untuk memisahkan atau menyaring benda kasar di dalam lumpur tinja.
  - b) Unit pengumpulan berfungsi untuk mengumpulkan lumpur tinja dari kendaraan penyedot lumpur tinja sebelum masuk ke unit pengolahan berikutnya.
  - c) Unit pemekatan berfungsi untuk memisahkan padatan dengan cairan yang dikandung lumpur tinja, sehingga konsentrasi padatan akan meningkat atau menjadi lebih kental
  - d) Unit stabilisasi berfungsi untuk menurunkan kandungan organik dari lumpur tinja, baik secara anaerobik maupun aerobik

- e) Unit pengeringan lumpur berfungsi untuk menurunkan kandungan air dari lumpur hasil olahan, baik dengan mengandalkan proses fisik dan/atau proses kimia; dan
  - f) Unit pemrosesan lumpur kering berfungsi untuk mengolah lumpur yang sudah stabil dari hasil pengolahan lumpur sebelumnya untuk kemudian dimanfaatkan.
2. Prasarana dan sarana pendukung yang berfungsi untuk menunjang pengoperasian, pemeliharaan, dan evaluasi IPLT yang berada di satu area dengan IPLT. Prasarana dan sarana pendukung terdiri dari:
- a) Platform (*dumping station*) yang merupakan tempat truk penyedot tinja untuk mencurahkan (*unloading*) lumpur tinja ke dalam tangki imhoff ataupun bak ekualisasi (pengumpul).
  - b) Kantor yang diperuntukkan bagi tenaga kerja.
  - c) Gudang dan bengkel kerja untuk tempat penyimpanan peralatan, suku cadang unit di IPLT, dan perlengkapan lainnya.
  - d) Laboratorium untuk pemantauan kinerja IPLT.
  - e) Infrastruktur jalan berupa jalan masuk, jalan operasional, dan jalan inspeksi.
  - f) Sumur pantau untuk memantau kualitas air tanah di sekitar IPLT.
  - g) Fasilitas air bersih untuk mendukung kegiatan pengoperasian IPLT.
  - h) Alat pemeliharaan.
  - i) Peralatan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3).
  - j) Pos jaga.
  - k) Pagar pembatas untuk mencegah gangguan serta mengamankan aset yang berada di dalam lingkungan IPLT.
  - l) Pipa pembuangan.
  - m) Tanaman penyangga; dan/atau
  - n) Sumber energi listrik.

Dari Gambar 2.3 menjelaskan bahwa air limbah yang keluar dari WC akan masuk ke dalam tangki septik sebagai pengolahan awal atau sebagai penyimpanan. Selanjutnya lumpur tinja yang akan diangkut secara berkala untuk dibawa ke IPLT. Dari IPLT terdapat 2 produk yaitu endapan lumpur tinja yang sudah diolah dan olahan air. Endapan lumpur yang sudah diolah dapat dipakai kembali, seperti dijadikan kompos. Dan airnya dapat dialirkan ke badan air

sekitar. Ada beberapa jenis tangki air limbah yang saat ini tersedia yaitu tangki pasangan batu dan tangki pabrikan. Penerapan sistem setempat di suatu wilayah perlu didukung oleh:



**Gambar 2. 3**

**Diagram Alir Untuk Pengelolaan Air Limbah Setempat**

Sumber: Bahan Sistem Pengendalian Manajemen PPLP, 2015

- Pemeriksaan awal guna memastikan agar tangki air limbah memiliki volume yang memadai dan tidak mengalami kebocoran.
- Penyedotan endapan lumpur dari dasar tangki air limbah secara berkala.
- Pembersihan berkala terhadap bidang resapan.

### 2.3 Unit Pengolahan Lumpur Tinja

Pengolahan lumpur ditentukan berdasarkan karakteristik lumpur tinja yang akan diolah. Melihat data kondisi lumpur tinja yang memiliki nilai TSS yang cukup tinggi yaitu sekitar 18.000 mg/l, dan juga parameter lainnya yang lebih besar dibanding dengan karakteristik limbah domestik. Melihat besarnya nilai TSS sehingga sangat diperlukan pemisahan padatan dan cairan sebelum dilanjutkan dengan pengolahan cairan, dan juga perlu dilakukan pengolahan padatan yang dihasilkan. Dalam lampiran II Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 4 Tahun 2017 disebutkan beberapa unit pengolahan lumpur tinja.

Unit-unit pengolahan yang ada dalam pengolahan lumpur tinja adalah penyaringan, equalisasi, pemisahan partikel diskrit, yang dapat disebut sebagai unit penerima dan *pre-treatment*. Unit penerima dan *pre-treatment* dapat disesuaikan dengan pengolahan yang direncanakan untuk menjamin efektifitas pengolahan selanjutnya.

Unit selanjutnya disebut pemekatan, didalamnya terdapat pengolahan menggunakan tangki imhoff, clarifier, *solid separation chamber* (SSC). Pada bagian ini dapat disebut sebagai pengolahan yang memisahkan padatan dan cairan dalam lumpur tinja. Selain pengolahan yang tersebut dalam Peraturan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 4 Tahun 2017 juga dapat digunakan beberapa teknologi lainnya yaitu Sludge Drying Bed (SDB), kolam anaerobik, thickening tank, thickening/settling pond, screw press, filter press dan juga belt filter press yang berfungsi sebagai pemisah antara padatan dan cairan.

Pengolahan stabilisasi untuk cairan dari pemisahan padatan dan cairan yaitu kolam stabilisasi yang terdiri dari kolam anaerobik, fakultatif, dan maturasi. Kolam aerobik, anaerobik biodigester dan oxydation *ditch*. Pengolahan cairan lainnya yang dapat digunakan adalah *anaerobic baffle reactor* (ABR) dan *trickling filter*. Pengolahan selanjutnya yaitu pengolahan untuk padatan, yang dapat digunakan yaitu *sludge drying bed* (SDB), filter press, *screw press*, *filter press* dan juga *belt filter press*.

### 2.3.1 Unit Penerima dan *Pre Treatment* (Pengolahan Pendahuluan)

Fungsi dari unit penerima adalah sebagai perantara antara truck tinja dengan unit pengolah, serta menerima dan menyimpan lumpur tinja mentah sebelum dialirkan ke unit berikutnya. Bentuk dari unit penerima ini biasanya berbentuk bak pengumpul. Pre treatment atau pengolahan pendahuluan berfungsi sebagai pemisahan lumpur tinja dari sampah, kerikil atau batu dan minyak serta lemak yang terbawa dalam lumpur tinja. Selain itu fungsi dari pengolahan pendahuluan adalah mencegah kerusakan peralatan, mencegah gangguan pada proses pengolahan selanjutnya dan dapat meningkatkan efektivitas unit pengolahan.

#### 2.3.1.1 Bak Pengumpul

Bak pengumpul berfungsi sebagai unit penerima yaitu sebagai perantara antara truck tinja dengan unit pengolahan selanjutnya. Bak pengumpul menerima dan menyimpan lumpur tinja. Pada unit pengumpul BOD, COD, TSS, Ammonia dan Total coliform tidak mengalami penyisihan yang cukup berarti dikarenakan waktu tinggal yang cukup singkat. Bak pengumpul dapat dilengkapi dengan beberapa *pre treatment* seperti *screening*.



**Gambar 2. 4**  
**Contoh Beberapa Bentuk Bak Pengumpul**

Sumber: Pelatihan Perencanaan IPLT IUWASH

### 2.3.1.2 Screening

*Bar screen* berfungsi untuk menyaring sampah dan padatan lainnya agar tidak terbawa pada proses selanjutnya. Lumpur tinja yang disedot dari septic tank banyak membawa sampah-sampah, batu bahkan kerikil. *Bar screen* terdiri dari batang baja yang dilas pada kedua ujungnya terhadap dua batang baja horizontal. Pengolongan *bar screen* yakni kasar, halus dan sedang tergantung dari jarak antar batang (*bar*). Saringan halus (*fine screen*) jarak antar batang 1,5–13 mm, saringan sedang (*medium screen*) jarak antar batang 13–25 mm, dan saringan kasar (*coarse screen*) jarak antar batang 32–100 mm. *Bar screen* juga terbagi menjadi *bar screen* mekanis dan *bar screen* manual, dalam pembersihan sampah yang dikumpulkan.

**Tabel 2. 3**  
**Kriteria Unit Desain Penyaringan**

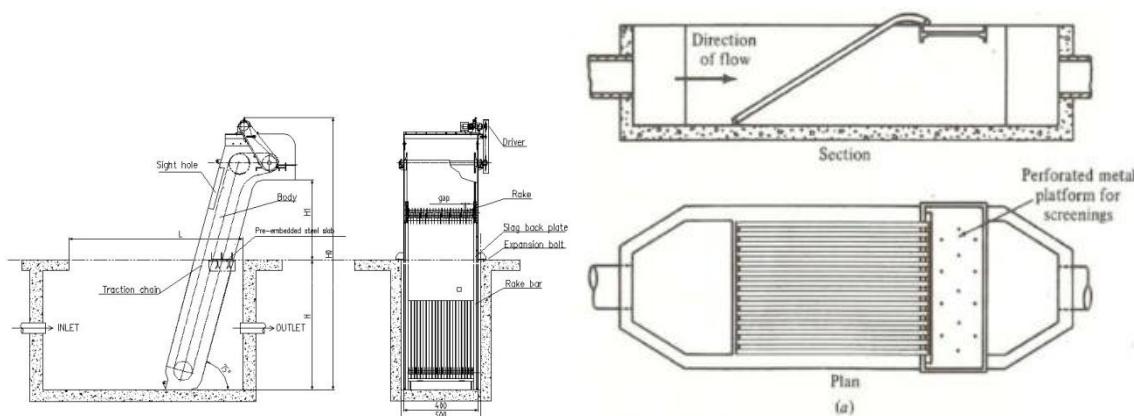
Parameter	Simbol	Besaran		Satuan
		Pembersihan Secara Manual	Pembersihan Dengan Alat Mekanik	
Kecepatan aliran lewat bukaan	V	0,3 – 0,6	0,6 – 1	m/detik
Ukuran penampang batang				
Lebar	W	4 – 8	8 – 10	Mm
Tebal	L	25 – 50	50 – 75	Mm
Jarak bukaan	b	25 – 75	10 – 50	Mm
Kemiringan thd horizontal	a	45 – 60	75 – 85	Derajat
Kehilangan tekanan lewat bukaan	HL <sub>bukaan</sub>	150	150	Mm
Kehilangan tekanan max ( <i>clogging</i> )	HL <sub>max</sub>	800	800	Mm

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 04/PRT/M/2017

**Tabel 2. 4**  
**Kriteria Desain Batang Pada Unit Penyaringan**

Tipe Batang	$\beta$
Persegi panjang	2,42
Rectangular dengan semi rectangular pada sisi muka	1,83
Circular	1,79
Rectangular dengan semi rectangular pada sisi muka dan belakang	1,67
Tear shape	0,67

Sumber: Qosim 1985, dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 04/PRT/M/2017



**Gambar 2. 5**  
**Contoh Gambar Potongan Bar Screen**  
Sumber: [www.thewatertreatment.com](http://www.thewatertreatment.com)

### 2.3.1.3 Bak Ekualisasi

Fungsi dari bak ekualisasi adalah untuk menyeimbangkan/merata-rata aliran dan konsentrasi (mengatasi fluktuasi). Karena biasanya kedatangan truk tinja mencapai jam puncak pada siang hari, dan pada akhir operasi tidak ada truk tinja yang masuk. Pada bak ekualisasi diperlukan pengadukan mengingat nilai TSS lumpur tinja yang tinggi sehingga meminimalkan terjadinya pengendapan di bak ekualisasi.

### 2.3.2 Solid Liquid Separation (Pemisahan Padatan Cairan)

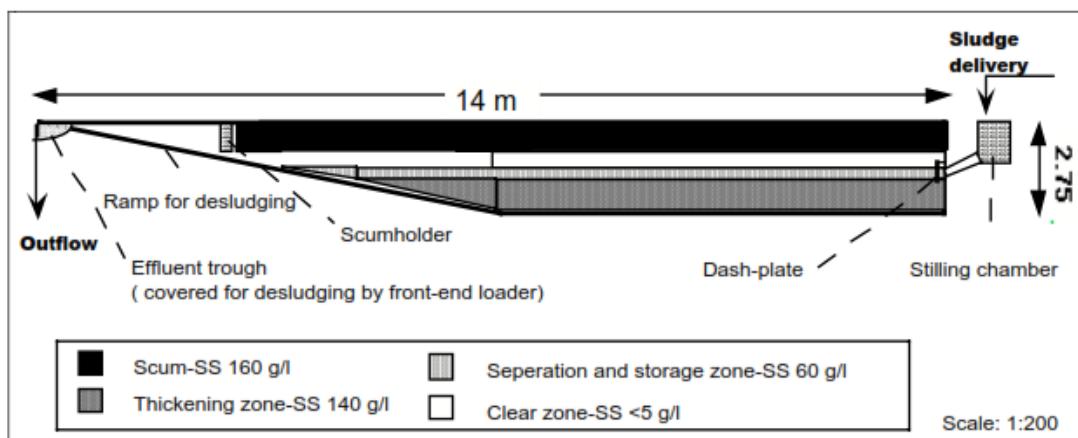
Pemisahan padatan dan cairan sangat penting sekali dalam pengolahan lumpur tinja, hal ini dikarenakan karakteristik lumpur tinja sendiri yang memiliki TSS yang cukup tinggi. Kandungan padatan dapat mencapai 2% dari total volume yang ada. Proses pemisahan padatan dan cairan adalah memisahkan padatan yang terkandung dalam lumpur tinja dengan berbagai metode antara lain dengan perkolasian, pengendapan dan pengentalan, pemerasan dan sebagainya.

### 2.3.2.1 Kolam Pengendapan (Settling)

Kolam pengendapan (*settling*) untuk lumpur tinja menggunakan prinsip pemisahan antara lumpur dan cairan yang ada di lumpur tinja. Kolam pengendapan adalah kolam pengendapan lumpur tinja, agar lumpur semakin pekat dan pengurangan air. *Effluent* dari Kolam pengendapan dapat diolah dalam kolam stabilisasi, sedangkan lumpur yang terkumpul dan mengental dapat diolah dalam *planted* atau *unplanted drying beds* atau dikompos. Proses didalam Kolam pengendapan adalah kolam diisi dengan lumpur tinja, padatan yang lebih berat akan mengendap dan terolah secara anaerob. Sedangkan cairan yang telah berkurang lumpurnya akan mengalir ke kolam stabilisasi, di atas lapisan akan terbentuk lapisan scum. Sehingga akan terbentuk 3 lapisan, yaitu lapisan lumpur, lapisan supernantan, dan lapisan *scum*.

Berdasarkan literatur, dalam *Fecal Sludge Management* tahun 2014 Dalam perencanaan diperlukan 2 unit kolam yang dioperasikan secara pararel, satu unit digunakan dan satu unit satunya dapat dikosongkan. Untuk mencapai pengolahan optimum periode pengisian dan istirahat sebaiknya tidak melebihi 4-5 minggu. Ketika 4 minggu pengisian dan 4 minggu istirahat digunakan TSS dapat meningkat sebesar 14%. Penyisihan yang terjadi di kolam pengendapan/pengentalan adalah sebagai berikut:

- a. Penyisihan BOD = 50 %
- b. Penyisihan TSS = 50-60 %, kondisi maksimal dapat mencapai 80%.
- c. Penyisihan COD = 50 %



**Gambar 2.6**  
**Peningkatan Desain Dari Bak Sedimentasi**

Sumber: Heinss et al., 1998

#### Kelebihan:

- Kolam pengendapan/pengentalan mudah dioperasionalkan dan tidak menimbulkan cipratian
- Dapat dibangun dan diperbaiki dengan bahan-bahan lokal
- Relatif rendah biaya pembangunan dan rendah biaya operasional
- Tidak membutuhkan peralatan menggunakan listrik
- Dapat menciptakan lapangan pekerjaan untuk pengumpulan dan pengosongan lumpur

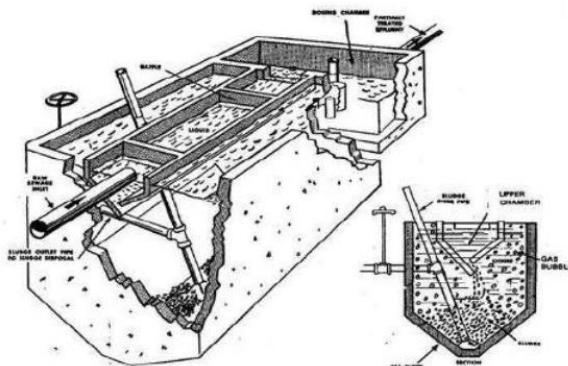
#### Kelemahan

- Membutuhkan lahan yang cukup luas
- Dapat menimbulkan bau dan lalat
- Memiliki waktu tinggal yang lama
- Memerlukan pengurasan lumpur yang rutin
- Effluent* dan lumpur yang dihasilkan masih memerlukan pengolahan lebih lanjut

#### 2.3.2.2 Tangki Imhoff

Tangki imhoff adalah unit pengolah primer yang dipakai pada sistem kolam. Di dalam tangki imhoff terjadi proses pengendapan dan pencernaan secara anaerobik, melalui zona sedimentasi, zona netral dan zona lumpur. Tangki disusun dalam dua tingkat: (1) sedimentasi yang terjadi di tingkat atas; dan (2) pencernaan lumpur berlangsung di bawah. Tangki dapat

berupa aliran horizontal persegi panjang atau lingkaran aliran radial. Pada bagian tingkat atas atau sedimentasi memiliki baffle untuk memperlambat aliran sehingga padatan dapat keluar. Kompartemen pencernaan umumnya dibagi dengan sebuah dinding. Lintas dinding ini berfungsi untuk pemerataan padatan dan untuk alasan struktural. Tangki imhoff memiliki kemampuan untuk penyisihan TSS sebesar 40-60 %.



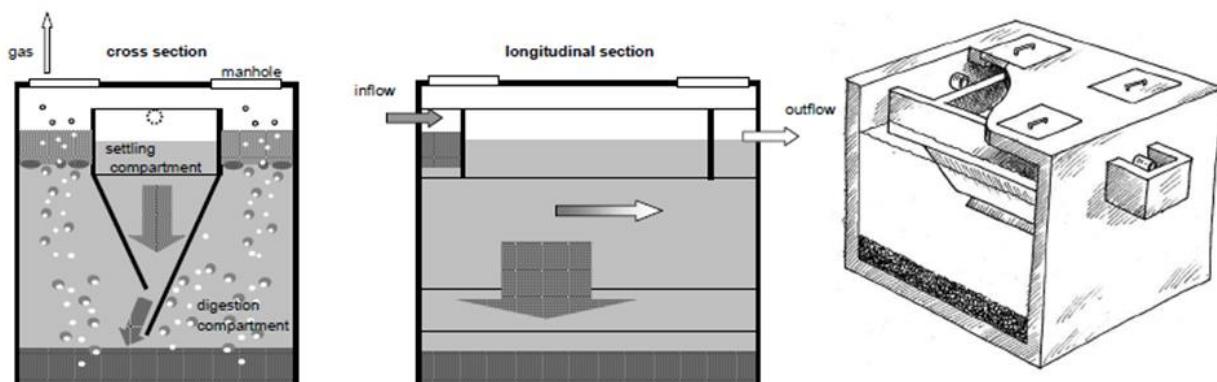
**Gambar 2. 7  
Tangki Imhoff**

Sumber: Texas Water Commission, 1991

#### Kriteria perencanaan tangki imhoff:

- 1) Jumlah kompartemen dalam satu tangki, maksimum 2 unit;
- 2) Kedalaman tangki total, sekitar 6-9 m, dengan rincian sebagai berikut:
  - a. Zona sedimentasi = 1,5-2 m;
  - b. Zona netral = 0,54 m;
  - c. Zona lumpur harus dikalkulasi, dan ditambahkan pada zona-zona sedimentasi dan netral.
- 3) Zona sedimentasi:
  - a. Tinggi jagaan = 0,20-0,30 m;
  - b. Panjang = 7-30 m;
  - c. Rasio panjang dan lebar = 2-4 : 1;
  - d. Kemiringan dasar tangki = 50-60% atau 1,2 (V) : 1 (H);
  - e. Lebar slot = 15-20 cm;
  - f. Overhang = 20-25 cm;
  - g. Kecepatan aliran horizontal < 1 cm/det;
  - h. Beban permukaan =  $30 \text{ m}^3/(\text{m.hari})$

- i. Waktu detensi = 1,5 jam;
- 4) Zona lumpur:
- a. Dapat dibuat menjadi beberapa unit ke arah memanjang tangki yang dilengkapi penampung lumpur dan pipa pengambilan lumpur;
  - b. Penampung lumpur hanya dipisahkan oleh sekat beton yang berfungsi juga sebagai penyangga bak pengendap; dan di sebelah bawah sekat diberi sebuah lubang penghubung;
  - c. Kemiringan penampung lumpur, minimal 30% atau 1 (V) : 1,7 (H);
  - d. Laju endapan lumpur = 0,06 l/orang/hari;
  - e. Waktu detensi = 1-2 bulan;
- 5) Ventilasi gas:
- a. Luas permukaan total ventilasi gas 25-30% terdapat luas permukaan bak pencerna;
  - b. Lebar ventilasi gas pada satu sisi 45-60 cm, dan/atau luas permukaan total ventilasi gas : 20% dari luas total permukaan tangki imhoff.
- 6) Pipa lumpur:
- a. Diameter minimal 15 cm;
  - b. Kemiringan pipa pembuangan dan penyalur lumpur (*underflow*), minimal 12%;
  - c. Jarak vertikal antara outlet pembuangan lumpur dan level permukaan air, minimal 1,8 m;
  - d. Pipa lumpur vertikal diperluas ke atas permukaan air berdiameter 30 cm dalam keadaan terbuka, dan di sebelah ujungnya (di dasar tangki) diberi blok beton.



**Gambar 2. 8**  
**Mekanisme Aliran Proses Pengolahan**

Sumber: Department of Environment & Natural Resources, Philipine

### Kelebihan:

- Menyisihkan padatan dari lumpur tinja sebelum melewati jaringan perpipaan selanjutnya sehingga tidak hanya mengurangi potensi penyumbatan juga dapat membantu mengurangi dimensi pipa
- Operasi dan pemeliharaan mudah sehingga dapat menggunakan sumber daya manusia dengan pengetahuan minimal
- Tidak memerlukan pengolahan primer pada pengolahan selanjutnya
- Mampu bertahan terhadap aliran debit masuk yang sangat berfluktuasi.

### Kelemahan

- Pemeliharaan rutin perlu dilakukan untuk operasional yang optimal.
- Jika tidak dioperasikan dan dirawat dengan baik, maka resiko penyumbatan pada pipa pengaliran
- Membutuhkan pengolahan lebih lanjut untuk effluent pada limbah cairnya, maupun lumpur yang telah dipisahkan.
- Efisiensi penyisihan rendah

**Tabel 2. 5**  
**Dimensi Tangki Imhoff**

Jumlah Penduduk Dilayani	Kebutuhan	Zona Sedimentasi			Zona Lumpur		Lumpur Terbuang
		Panjang (L)	Lebar (B)	Kedalaman (H1)	Kapasitas	Kedalaman (H2)	
X (1000) orang	Unit	meter	meter	meter	M <sup>3</sup>	meter	M <sup>3</sup> /hari
100	1	7	5,3	2	180	5	6
200	1, atau 2	10	5	2	360	6	12
		7	3,5	2	540	5	18
300	2	10	5	2		6	

Sumber: Petunjuk Teknis CT/AL/Re-TC/001/98

### 2.3.2.3 Kolam Solid Separation Chamber

Kolam *Solid Separation Chamber* (SSC) merupakan pengolahan fisika-biologis yang termasuk pengolahan primer pada lumpur tinja. Bak SSC mempunyai fungsi memisahkan air limbah (zat padat terlarut, *dissolved solids* atau TDS) dari padatannya (zat padat tersuspensi atau TSS), agar cairan yang masih mengandung bahan pencemar organik dapat diolah secara

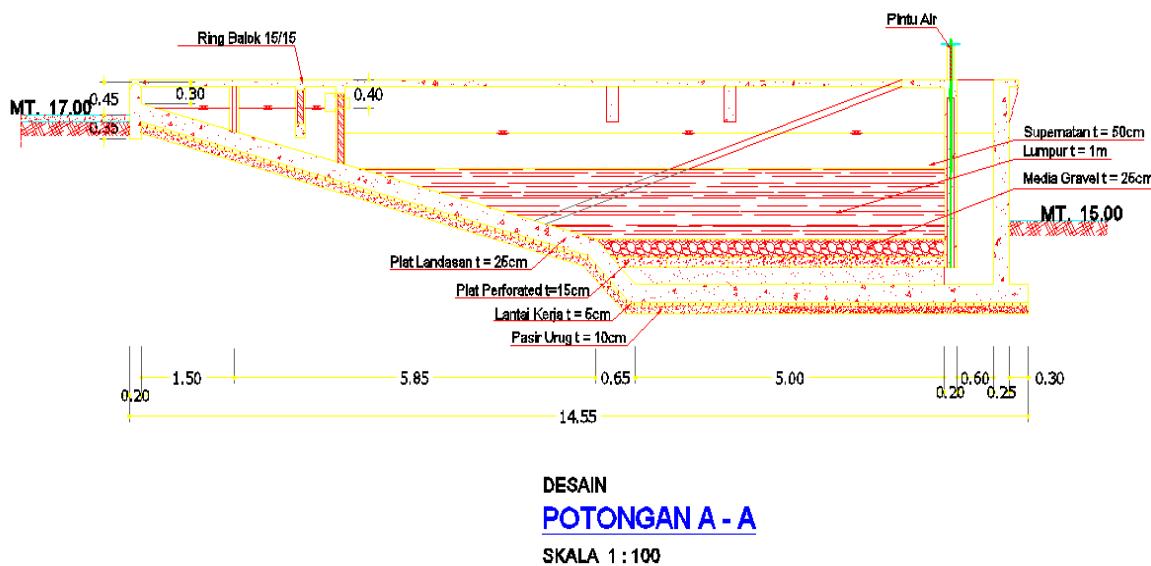
khusus dengan menggunakan sistem pengolahan air limbah. Melakukan pengolahan pada padatan (TSS) yang berhasil dipisahkan, dengan cara mengupayakan agar padataan yang mayoritas terdiri dari mikroorganisma yang sedang mengalami mineralisasi sehingga aman dibuang ke lingkungan.

Fungsi SSC secara umum ialah memisahkan fraksi padatan (TSS) dari fraksi cairan dalam lumpur tinja, secara fisik. Lumpur tinja yang dihamparkan secara merata di atas media SSC akan mengalami pemisahan, antara padatan di bagian bawah dan cairan di bagian atas. Disamping itu, sebagian cairan dapat terpisah dari lumpur tinja melalui proses perembasan media SSC sehingga kemudian dapat disalurkan bersama cairan yang telah dipisahkan di bagian atas lumpur tinja, *untuk* diolah bersama lebih lanjut. Sementara padatan yang telah mengalami penirisan akan dikeringkan lebih lanjut. Padatan yang terakumulasi pada lapisan *cake* SSC ini pada dasarnya sudah cukup kering, tetapi belum cukup kering untuk diaplikasikan untuk pembuangan lingkungan.

#### Kriteria desain *Solid Separation Chamber* (SSC)

Perencanaan SSC idealnya dilakukan dengan menggunakan pendekatan empiris, artinya melalui *percobaan* dengan menggunakan kolom pengendapan. Kriteria desain SSC manurut Joni Hermana, 2008 adalah sebagai berikut:

- a. Tebal lapisan pasir = 20 – 30 cm
- b. Tebal lapisan kerikil =20 – 30 cm
- c. Tinggi lumpur tinja di atas pasir = 30 – 50 cm
- d. Waktu pengeringan = 5 – 12 hari
- e. Ketebalan cake =10 – 30 cm
- f. Lumpur tinja memiliki kadar air = 20 %
- g. Lumpur tinja memiliki kadar solid = 80 %
- h. Efisiensi BOD Removal = 30 – 35%



**Gambar 2. 9**  
**Gambaran Potongan SSC**

Sumber: Joni Hermana, 2008



**Gambar 2. 10**  
**Proses Pengurasan SSC**

Sumber: Pelatihan IPLT IUWASH

#### Kelebihan:

- Tidak membutuhkan peralatan menggunakan listrik
- Mampu memisahkan padatan dan cairan pada lumpur tinja dengan efektif jika dilakukan proses dengan baik dan benar

#### Kelemahan

- Membutuhkan lahan yang luas, untuk menunggu siklus selanjutnya
- Membutuhkan pekerja tetap untuk mengupas cake lumpur secara teratur
- Dapat terjadi penyumbatan dan kegagalan pada filtrasi pasir dan gravel

- d. Pada pengupasan cake, pasir dapat terangkat dan memerlukan penambahan pasir baru
- e. Memerlukan biaya tambahan untuk pengadaan pasir.

### 2.3.3 **Liquid Treatment (Pengolahan Cairan)**

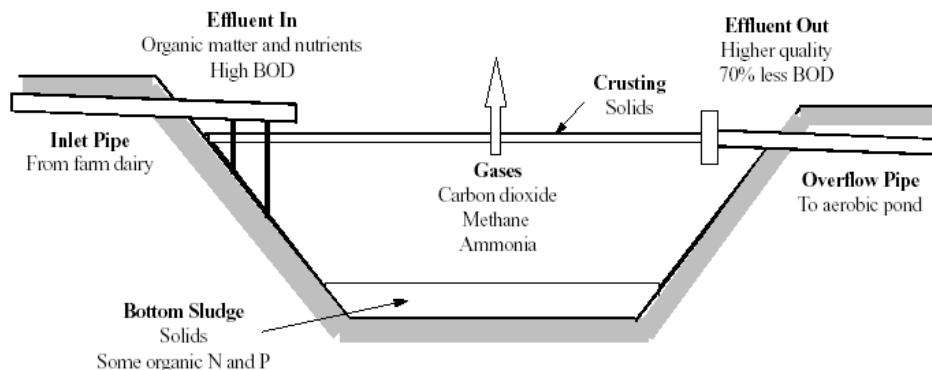
Pada pengolahan cairan merupakan pengolahan lanjutan dari cairan yang telah dipisahkan. Cairan yang telah dipisahkan dari pemisah padatan dan cairan masih memiliki kandungan pencemar yang cukup tinggi. Berbagai unit pengolahan dapat digunakan dan dirangkaikan dalam pengolahan cairan ini agar dapat saling melengkapi dan mencapai baku mutu yang diinginkan.

#### 1.1.1.1. **Kolam Stabilisasi (Waste Stabilization Ponds)**

Kolam stabilisasi terdiri dari kolam anaerobik, fakultatif dan maturasi.

##### a. Kolam Anaerobik I

Kolam anaerobik berfungsi sebagai *primary treatment* atau pengolahan tahap awal. Kolam anaerobik juga berfungsi menurunkan kandungan zat padat tersuspensi dan zat organik yang tinggi dengan bantuan bakteri. Kondisi anaerobik dapat dicapai dengan membuat kedalaman kolam sekitar 2-4 meter. Kolam anaerobik ini direncanakan bersifat kedap air dengan konstruksi beton bertulang. Proses anaerobik efektif di daerah beriklim hangat karena dapat mencapai 60-85% pengurangan BOD dalam kolam yang dirancang untuk 1-5 hari waktu retensi hidrolik. Suhu, waktu retensi dan BOD *loading rate* mempengaruhi efisiensi. Kepindahan coliform dapat dilakukan dengan satu urutan besarnya (log siklus) dapat diasumsikan untuk masing-masing kolam anaerobik dalam serangkaian kolam. Untuk 100% *helminth egg removals*, periode 2-3 minggu mungkin harus diberikan, termasuk anaerobik dan fakultatif kolam.



**Gambar 2. 11**  
**Gambaran Kolam Anaerobik**  
*Sumber: www.thewatertreatment.com*

**Tabel 2. 6**  
**Variasi Temperatur Dan Waktu Detensi**

Temperatur Dalam Kolam (°C)	Waktu Detensi (hari)	Efisiensi Penyisihan BOD (%)
< 10	>5	0 – 10
10 – 15	4 – 5	30 – 40
15 – 20	2 – 3	40 – 50
20 – 25	1 – 2	40 – 60
25 – 30	1 – 2	60 – 80

*Sumber: Balai Pelatihan Air Bersih & Penyehatan Lingkungan Permukiman, 2000*

**Tabel 2. 7**  
**Kriteria Desain Volumetric Bod Loading Rate Dan Persentase Penyisihan BOD Berdasarkan Temperatur**

Temperatur (°C)	Laju Beban BOD Volumetrik	Penyisihan BOD (%)
<10	100	40
10 – 20	20T – 100	2T + 20
20 – 25	10T + 100	2T + 20
>25	350	70

*Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 04/PRT/M/2017*

**Tabel 2. 8**  
**Acuan Laju Beban BOD Kolam Anaerobik**

Acuan	Waktu Detensi (Hari)	Laju Beban BOD ( <i>Loading Rate</i> ) (gr/m <sup>2</sup> .hari)	Konversi Laju Beban BOD (kg/m <sup>3</sup> -day)	Kedalaman Kolam (m)	Aplikasi
Barners, Blissm, et al (1981)	8 – 40	25 sampai 40 (kedalaman kolam 3,75 m)	0,007 – 0,011	2,5 – 5,0	Terutama untuk limbah dengan konsentrasi sedang ( <i>medium-strength waste</i> )
Metcalf and Eddy (1979)	5 – 50	200 sampai 500 kg/ha-hari	0,005 – 0,015	2,5 – 5,0	Terutama untuk limbah dengan konsentrasi sedang

Acuan	Waktu Detensi (Hari)	Laju Beban BOD ( <i>Loading Rate</i> ) (gr/m <sup>2</sup> .hari)	Konversi Laju Beban BOD (kg/m <sup>3</sup> -day)	Kedalaman Kolam (m)	Aplikasi
		(kedalaman kolam 3,75 m)			(medium-strength waste)
Eckenfelder (1980)	5 – 50	250 sampai 400 lbs BOD/acre-hari (11,5 ft)	0,008 – 0,130	2,4 – 4,6	Untuk semua jenis limbah
Corbitt (1989)	1 – 50	0,05 sampai 0,25 kg/m <sup>3</sup> -hari	0,05 – 0,25	2,4 – 6,1	Untuk limbah dengan beban yang bervariasi sesuai dengan karakteristik limbah

Sumber: Barners, Blissm, et al, 1981; Metcalf and Eddy, 1979; Eckenfelder, 1980; Corbitt, 1989.

**Tabel 2. 9**  
**Kriteria Desain Waktu Retensi Dan Rasio Dimensi**  
**Kolam Anaerobik**

Parameter	Simbol	Besaran	Satuan
1. Waktu detensi berdasarkan temperatur			
Temperatur			
15 – 20 °C	$\theta_a$	2 – 3	Hari
20 – 25 °C		1 – 2	Hari
25 – 30 °C		1 – 2	Hari
2. Kedalaman	$D_a$	2 – 5	M
		Umumnya 3 m	
3. Rasio panjang dan lebar	P : L	(2-4) : 1	
4. Rasio talud		1 : 3	

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 04/PRT/M/2017

#### Beberapa data untuk kolam stabilisasi anaerobik:

1. Beban BOD volumetrik = 500-800 g BOD/(m<sup>3</sup>.hari) pada >25°C (Mara, 2003)
2. Efisiensi penyisihan BOD = 50-85% (Tchobanoglous, 1993);
3. Efisiensi penyisihan TSS = 20 – 50% (Tchobanoglous, 1993)
4. Efisiensi penyisihan Fecal coliform = Log 0,5 sampai Log 1 (Mara, 2003)

#### Kelebihan:

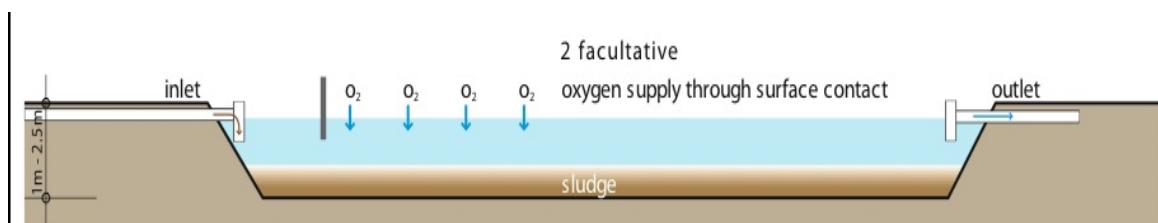
1. Dapat membantu memperkecil dimensi kolam fakultatif
2. Dapat mengurangi penumpukan lumpur pada unit pengolahan
3. Biaya operasional murah
4. Mampu mengolah limbah dengan konsentrasi tinggi

#### Kelemahan

1. Dapat menimbulkan bau yang dapat mengganggu

2. Proses degradasi berjalan lambat
  3. Memerlukan lahan yang luas
- b. Kolam Fakultatif

Kolam fakultatif berfungsi sebagai *secondary treatment* atau pengolahan tahap kedua. Kolam fakultatif disebut juga kolam aerobik-anaerobik karena berama-sama terjadi proses aerobik pada lapisan atas kolam dan proses anaerobik pada lapisan bawah kolam. Kondisi aerobik pada lapisan atas kolam terjadi karena tersedianya oksigen dari hasil fotosintesa ganggang, plankton, dan sebagainya. Selain itu pada proporsi yang jauh lebih kecil terjadi pula penambahan oksigen akibat penetrasi dari udara. Oksigen yang diproduksi dan teresap digunakan oleh bakteri aerobik untuk menguraikan bahan organik. Suhu rata-rata 20°C, 25°C dan 30°C misalnya untuk 253, 350 dan 440 kg BOD/ha.d, masing-masing (Mara 1992).



**Gambar 2. 12**  
**Kolam Fakultatif**  
Sumber: Tilley et al, 2008

#### Kelebihan:

1. Sangat efektif menurunkan jumlah/konsentrasi bakteri patogen (60-90%)
2. Mampu menghadapi beban yang berfluktuasi
3. Operasi dan perawatan mudah sehingga tidak memerlukan tenaga kerja berkeahlian tinggi
4. Biaya operasional dan perawatan murah

#### Kelemahan

1. Kolam fakultatif memerlukan luas lahan yang besar
2. Waktu tinggal di fakultatif cukup lama, bahkan ada yang menyarankan hingga 150 hari
3. Jika tidak dirawat dengan baik, maka kolam dapat menjadi sarang bagi serangga dan nyamuk

4. Berpotensi mengeluarkan bau
5. Memerlukan pengolahan lanjutan terutama akibat pertumbuhan algae pada kolam.

Beberapa data kolam stabilisasi fakultatif adalah sebagai berikut:

1. Waktu detensi = 5 – 30 hari (Tchobanoglous, 1993); 20-40 hari (*Joni Hermana, 2008*).
2. Kedalaman air = 1,2 – 2,4 (Tchobanoglous, 1991); 1,5 – 2,5 (*Joni Hermana, 2008*).
3. Beban BOD volumetrik = 40-60 g BOD/m<sup>3</sup>.hari (Petunjuk Teknis CT/AL/Re-TC/001/98).
4. *Surface loading* = 60-200 Kg /ha.day (Petunjuk Teknis CT/AL/Re-TC/001/98).
5. *Surface BOD loading rate* = 350 kg/ha.day pada 25°C (Permen PU No 4 Tahun 2017).
6. Efisiensi penyisihan BOD 70-90 %; (*Joni Hermana, 2008*) ; 80-95 %; (Tchobanoglous, 1991).
7. Efisiensi penyisihan TSS = 70-80% (Tchobanoglous, 1993).
8. Efisiensi penyisihan fecal coliform = Log 0,5 sampai Log 1 (Mara, 2003)

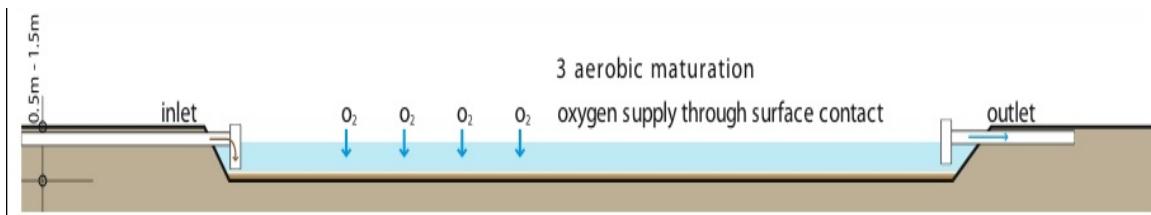
**Tabel 2. 10**  
**Kriteria Desain Kolam Fakultatif**

Parameter	Simbol	Besaran	Satuan
Waktu retensi minimum			
T < 20°C	θf	5	Hari
T > 20°C	θf	4	Hari
Efisiensi penurunan BOD	H	70 – 90	%
Kedalaman kolam	D	1,5 – 2,5	Meter
Rasio panjang dan lebar	P:L	(2-4) : 1	-
Periode pengurasan		5 – 10	Tahun

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 04/PRT/M/2017

### c. Kolam Maturasi

Tahap terakhir dari proses stabilisasi adalah kolam maturasi atau disebut juga kolam pematangan. Umumnya mengolah lumpur tinja dengan kadar zat organik rendah yang berasal dari kolam fakultatif. Fungsi utamanya adalah untuk memusnahkan bakteri *fecal coli* (FC) dan menurunkan SS dan BOD yang masih tersisa. Bakteri penyakit dan virus yang berasal dari tinja mati karena perubahan suasana yang berlangsung agak cepat. Terjadi proses aerobik secara alami karena tersedia oksigen yang diproduksi oleh alga dengan bantuan sinar matahari serta pertambahan dari udara dalam jumlah kecil. Kolam maturasi juga efektif dalam penyisihan nitrogen dan fosfor pada *effluent*.



**Gambar 2. 13  
Kolam Maturasi**

Sumber: Tilley et al, 2008

Beberapa data kolam stabilisasi maturasi adalah sebagai berikut:

1. Waktu detensi = 15-20 hari (Tchobanoglous, 1993).
2. Waktu detensi = 5 – 15 hari (Permen PU No 4 Tahun 2017).
3. Kedalaman air = 1-1,5 m (Tchobanoglous, 1993).
4. Kedalaman kolam = 1 – 2 m (Permen PU No 4 Tahun 2017).
5. *Surface loading* ≤ 17 kg/ha.day (Tchobanoglous, 1993).
6. Rasio panjang dan lebar = 2-4 : 1 (Permen PUPR No 4 Tahun 2017).
7. Efisiensi penurunan BOD = 60-80% (Tchobanoglous, 1993).
8. Efisiensi penurunan BOD = >60% (Permen PUPR No 4 Tahun 2017).
9. Beban BOD volumetrik = (40 – 60) gr BOD/m<sup>3</sup>.hari (Permen PU No 4 Tahun 2017).
10. Efisiensi penyisihan TSS = 60-70% (Tchobanoglous, 1993).
11. Efisiensi penyisihan I Ammonia = 80-95% (*Fecal Sludge Management*).
12. Efisiensi penyisihan *fecal coliform* = Log 1 (Mara, 2003).

Menurut Duncan Mara (2003), dari hasil penelitian penyisihan *fecal coliform* yang dilakukan pada 5 seri kolam stabilisasi di negara Brazil Utara bahwa kolam stabilisasi (kolam anaerobik, kolam fakultatif, dan kolam maturasi) dapat menyisihkan *fecal coliform*. Jumlah faecal coliform dari sebesar  $5 \times 10^7$  MPN/100 ml berkurang pada kolam anaerobik menjadi  $3 \times 10^6$  MPN/100 ml, pada kolam fakultatif menjadi  $2 \times 10^4$  MPN/100 ml, dan pada kolam maturasi menjadi 30 MPN/100 ml. Kumulatif penyisihan pada kolam stabilisasi sebesar 99,999%.

#### Kelebihan:

1. Biaya operasional rendah karena tidak memerlukan penambahan oksigen seperti aerator
2. Mampu menyisihkan nitrogen hingga 80% dan ammonia hingga 95%

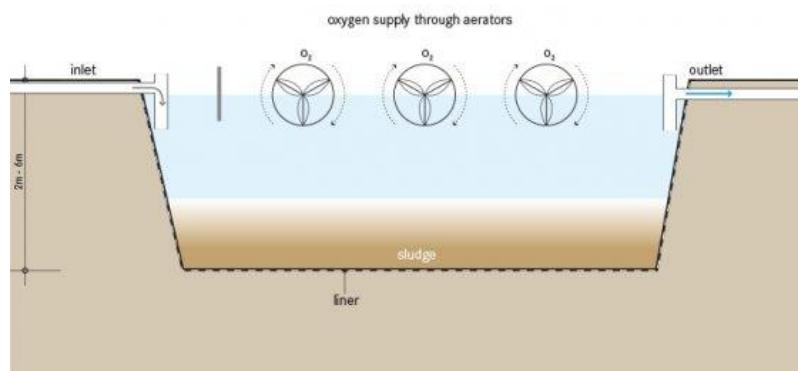
### 3. Mampu menyisihkan mikroba patogen

#### Kelemahan

1. Hanya mampu menyisihkan BOD dalam konsentrasi kecil
2. Membutuhkan lahan yang cukup luas

#### 2.3.3.1 Kolam Aerasi/Aerated lagoon

*Aerated lagoon* merupakan pengembangan dari *aerobic ponds* yaitu dengan memasang *surface aerator* untuk mengatasi bau dan beban organik yang tinggi. Proses pada *aerated lagoon* pada prinsipnya sama dengan *extended aeration* pada proses lumpur aktif, perbedaannya terletak pada kedalaman air yang dangkal dan oksigen diperoleh dari *surface* atau *diffused aerator* serta tidak ada resirkulasi lumpur. Di dalam *aerated lagoon* semua zat padat dipertahankan dalam keadaan tersuspensi. Pada sistem ini tanpa dilakukan resirkulasi dan biasanya diikuti dengan kolam pengendapan yang besar. Adapun skematik prosesnya adalah sebagai berikut:



**Gambar 2. 14**  
**Kolam Aerasi**

Sumber: [Aerated Pond \\_ SSWM.html](#)

#### Kriteria perencanaan kolam *aerated lagoon*

- a. Waktu detensi = 3-20 hari ([Aerated Pond \\_ SSWM.html](#)) atau 2-6 hari
- b. Kedalaman air = 2-5 m ([Aerated Pond \\_ SSWM.html](#)), rata-rata 2,5 m
- c. Surface loading = 111 – 222 Kg/ha/hari
- d. Rasio panjang dan lebar = 2 : 1; *Joni Hermana, 2008*

- e. Efisiensi penyisihan BOD = 70-95%
- f. Efisiensi penyisihan COD = 70-90%
- g. Efisiensi penyisihan TSS = 70-80%
- h. Efisiensi penyisihan Ammonia = 80-90%
- i. Efisiensi penyisihan Fecal Coliform = 80-90%
- j. Kebutuhan enrgi untuk aerasi minimal = $20 \text{ W/m}^3$  (ARTHUR, 1983)
- k. Waktu pegurasan = 2-5 tahun

Effluent dari aerated lagoons perlu pengolahan lebih lanjut sebelum dibuang ke lingkungan. Selain itu penempatan aerator harus dipertimbangkan dengan baik untuk menghindari dead zone dan pengendapan. Aerator kecil dan merata lebih baik dari pada tunggal. Biaya pembangunan aerated lagoons bervariasi dari sedang hingga tinggi. Namun dalam operasionalnya memerlukan energi yang besar untuk aerator. Dengan memerlukan energi yang tinggi maka meningkatkan biaya operaional dan perawatan aerated lagoons. Suplai oksigen secara kontinyu mendukung lagun aerasi untuk menangani air limbah per unit volume per hari. Lagun adalah sebuah kolam yang dilengkapi dengan aerator, sistem lagun mirip dengan kolam oksidasi. Lagoon adalah sejenis kolam tertentu dengan ukuran yang luas dan mampu menampung limbah cair dalam volume besar juga karena terjadinya proses oksidasi alamiah dan fotosintesa algae. Reaktor ini berupa lagun (kolam) yang diatur supaya suasana aerobik dengan jalan pengadukan mekanis ataupun penggelembung udara.

**Kelebihan :**

- a. Mampu mengolah limbah yang memiliki organik dan hydraulik yang bervariatif (*shock loading*)
- b. Memiliki penyisihan yang tinggi untuk BOD dan bakteri patogen
- c. Tidak menimbulkan bau dan serangga jika dirawat dengan baik dan benar.
- d. Mampu mengolah limbah dengan kualitas yang tinggi
- e. Membutuhkan lahan yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan kolam stabilisasi
- f. *Effluent* dapat dibuang ke lingkungan jika setelah aerated lagoond dilengkapi dengan kolam pengendapan atau matusari

**Kekurangan :**

- a. Memerlukan penggunaan energi yang tinggi untuk aerator
- b. Memerlukan suplai energi yang terus menerus
- c. Memerlukan biaya yang tinggi untuk suplai ennergi
- d. Memerlukan operator yang berpengalaman dalam operasional dan perawatan
- e. Tidak semua spare part peralatan aerator mudah tersedia
- f. Memerlukan perencana dan pembangunan aerated lagoons yang berpengalamna
- g. Effluent dan lumpur yang dihasilkan masih memerlukan pengolahan lebih lanjut

**2.3.3.2 Anaerobik Baffle Reactor**

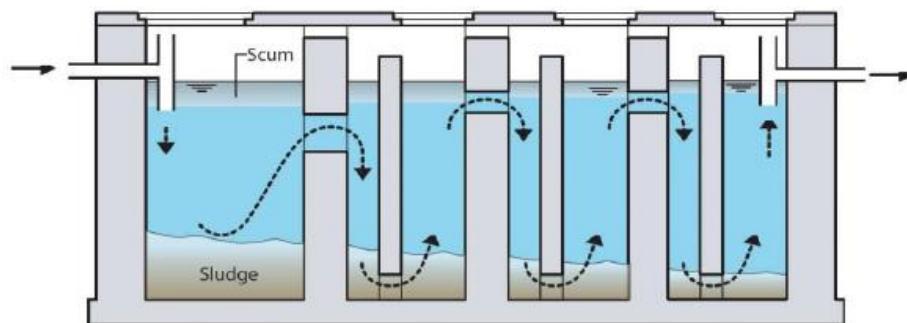
*Anaerobic Baffled Reactor (ABR)* merupakan bioreaktor anaerob yang memiliki kompartemen-kompartemen yang dibatasi oleh sekat-sekat vertikal. ABR mampu mengolah berbagai macam jenis influen. Umumnya sebuah ABR terdiri dari kompartemen-kompartemen yang tersusun seri. Rangkaian kompartemen pada ABR secara seri memiliki keuntungan dalam membantu mengolah substansi yang sulit didegradasi. Aliran limbah cair diarahkan menuju ke bagian bawah sekat oleh susunan seri sekat tergantung maupun tegak dan juga tekanan dari influen sehingga air limbah dapat mengalir dari inlet menuju outlet.

Kelebihan *pengolahan* menggunakan *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)* adalah

- a. Memiliki konstruksi yang sederhana dan tidak memerlukan peralatan mekanik
- b. Operasional mudah
- c. Biaya operasional murah
- d. Jarang terjadi penyumbatan pada sekat-sekat
- e. Tidak mudah terpengaruh pada *hydraulic* dan *organik shock loading* serta fluktuasi debit

*Kekurangan* pengolahan menggunakan *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)* adalah

- a. Karena prinsip paa ABR adalah pengaturan kecepatan dalam baffle maka dapat terjadi hanyutnya (wash out) lumpur/mikroba ke proses selanjutnya.
- b. Kontruksi tidak sesuai dengan IPAL skala besar karena kebutuhan lahannya cukup luas.
- c. Reduksi bakteri patogen dan nutrien yang rendah
- d. Memerlukan pengolahan lanjutan karena efek dari wash out yang terjadi.

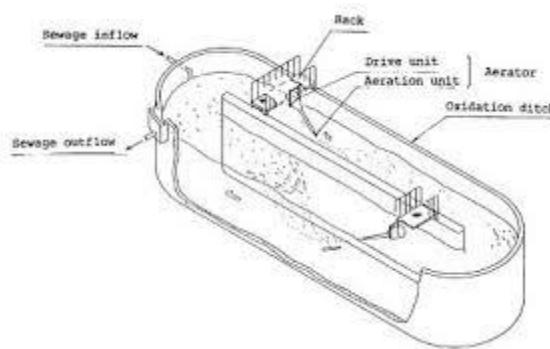


**Gambar 2. 15  
Anaerobic Baffled Reactor (ABR)**

Sumber: SSWM.html

### 2.3.3.3 Oxydation Ditch (OD)

*Oxydation Ditch* (OD) merupakan unit modifikasi *activated sludge* dengan proses biologis secara aerobik dan anoksik. Kolam oksidasi ini biasanya digunakan untuk proses pengolahan air limbah setelah mengalami pengolahan pendahuluan. Parit atau saluran berbentuk lingkaran/ oval dilengkapi rotor untuk aerasi jangka panjang. Pertama kali dikembangkan di Belanda pada tahun 1950. Dibandingkan dengan proses lumpur aktif konvensional, axidation ditch mempunyai beberapa kelebihan, yaitu efisiensi penurunan BOD dapat mencapai 85% - 90% (dibandingkan 80% - 85%) dan lumpur yang dihasilkan lebih sedikit. Selain efisiensi yang lebih tinggi (90% - 95%). Merupakan suatu proses penanganan limbah organik yang pekat secara aerobik dimana energi yang berasal dari oksidasi limbah dilakukan oleh mikroorganisme dihasilkan pada suhu operasi yang dinaikkan. Naiknya suhu akan menyebabkan : kekentalan padatan total tertinggi menurun (di bawah kondisi aerob), meningkatkan laju reaksi oleh mikroorganisme dan membantu menghasilkan stabilitas bahan organik yang cepat dan detuksi patogen. Keberhasilan proses perubahan cairan ditentukan oleh aerob yang dapat memindahkan oksigen yang cukup untuk memenuhi kebutuhan oksigen dari campuran cairan yang pekat

**Gambar 2. 16****Oxidation Ditch***Sumber: Pelatihan IPLT IUWASH***Kriteria Desain Oxidation Ditch :**

- Rasio BOD dan BOD removal = 85 % - 90%
- Rasio removal SS = 80% - 90%
- Rasio removal Nitrogen = 70%
- Rasio *sludge generated* sekitar 75 % dari BOD atau SS removal
- Letak aerator = pada kedalaman 1,0 –1,3 m
- Udara dari atmosfer menggunakan tekanan negatif dalam air untuk memutar screw
- Kecepatan rata-rata dalam saluran minimum = 0,3 m/detik untuk menjaga terjadinya pengebdapan dalam aerasi.
- Dilakukan resirkulasi untuk menjaga kons.MLSS dalam bak aerasi.
- Konsentrasi lumpur dalam bak aerasi = 3000 –6000 mg/L
- Rasio F/M = 0,03 –0,15 kg BOD/hr/Kg VSS

**Kelebihan :**

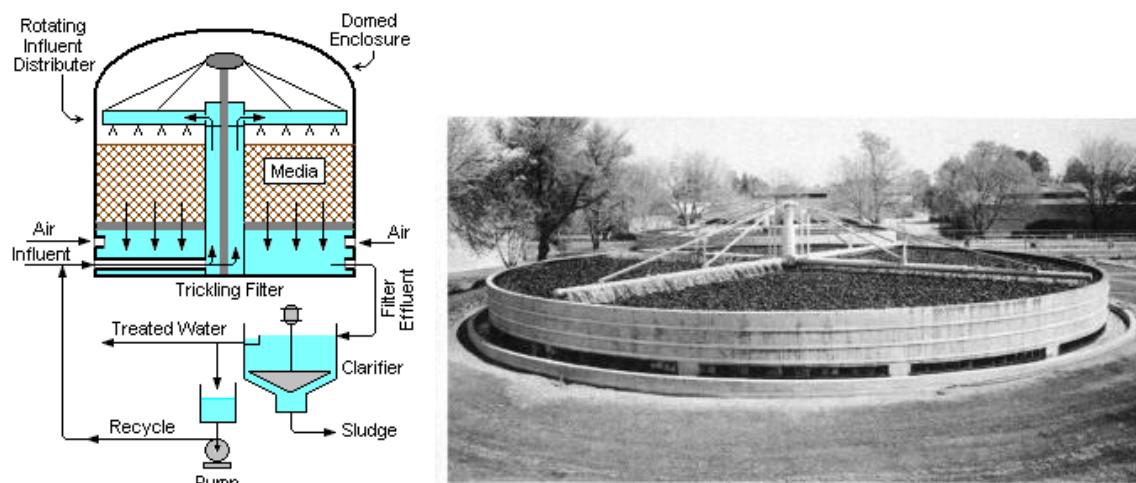
- Biaya rendah
- Efisiensi removal BOD/COD tinggi (90 –95%)
- Operasional sederhana
- Effluent stabil
- Pengolahan sludge lebih sederhana karena sludge yang dihasilkan relatif sedikit dan stabil
- Maintenance sederhana
- Memungkinkan terjadinya proses Nitrifikasi & denitrifikasi

### Kekurangan :

- Membutuhkan lahan yang luas ( dimensi saluran besar, kedalaman kecil)
- Rotor sebagai penyuplai Oksigen harus dibersihkan secara periodik

#### 2.3.3.4 Trickling Filter (Saringan Menetes)

*Trickling Filter* merupakan salah satu aplikasi pengolahan air limbah dengan memanfaatkan teknologi Biofilm yang menggunakan mikrorganisme terlekat (*attached – growth process*) pada suatu media untuk. *Trickling filter* ini terdiri dari suatu bak dengan media fermeabel untuk pertumbuhan organisme yang tersusun oleh materi lapisan yang kasar, keras, tajam dan kedap air. Kegunaannya adalah untuk mengolah air limbah dengan dengan mekanisme air yang jatuh mengalir perlahan-lahan melalui lapisan batu untuk kemudian tersaring.



**Gambar 2. 17**  
**Trickling Filter**

Sumber: The Pennsylvania State Association of Township Supervisors (PSATS) Gannett Fleming, Inc.

### Cara Kerja :

- Air limbah dialirkkan ke bak pengendapan awal untuk mengendapkan padatan tersuspensi
- Selanjutnya Air limbah dialirkkan ke bak *Trickling Filter* melalui pipa berlubang yang berputar, kemudian keluar melalui pipa under-drain yang ada didasar bak dan keluar melalui saluran efluen.
- Air limbah dialirkkan ke bak pengendapan akhir dan limpasan dari bak pengendapan akhir merupakan air olahan.

- d. Lumpur yang mengendap selanjutnya disirkulasikan ke inlet bak pengendapan awal.

*Trickling Filter* memiliki Kriteria desain sebagai berikut:

- a. Laju beban nutrien untuk biofilter tunggal = 0,06 –0,12 kg BOD/m<sup>3</sup>.hari\
- b. Beban organik = 0,5 –0,6 kg BOD / m<sup>3</sup>.hari
- c. Efisiensi pengolahan = 50% -80%
- d. Akumulasi biofilm minimum 3 kg/ m<sup>3</sup>
- e. Secara tipikal, efisiensi removal 1 kg BOD/m<sup>3</sup>.hari = 80 –90 % efisiensi removal turun hingga 50 % untuk 3 –6 kg BOD/m<sup>3</sup>.hari
- f. Beban permukaan : 14 –34 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari dengan media batuan
- g. Kedalaman filter = 12 m (*tower trickling filter*)

**Kelebihan :**

- a. Tidak membutuhkan lahan yang luas
- b. Operator tidak perlu terampil

**Kekurangan :**

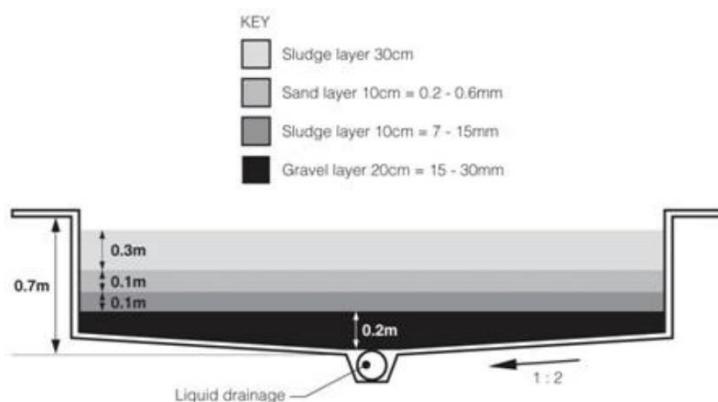
- a. Sering timbul lalat dan bau yang timbul dari reaktor, karena suplai oksigen tidak merata
- b. Sering terjadi pengelupasan biofilm
- c. Timbul sumbatan
- d. Hanya untuk mengolah limbah encer dengan beban BOD rendah

#### **2.3.4 Solids Treatment (Pengolahan Padatan)**

Fungsi dari unit ini adalah untuk mengolah padatan dari pemisah padat dan cairan. Tujuannya adalah untuk mengurangi volume dan mengurangi bakteri patogen sehingga lumpur dapat digunakan untuk kepentingan lainnya. Beberapa teknologi yang digunakan dalam pengolahan padatan juga dapat digunakan sebagai pemisah padatan dan cairan karena memiliki prinsip yang sama iaitu mengurangi cairan yang ada dalam pengolahan.

### 2.3.4.1 Sludge Drying Bed

Salah satu metode paling sederhana dalam *dewatering* lumpur adalah *drying bed* atau bak pengering lumpur. Pengeluaran air lumpur dilakukan melalui media pengering secara gravitasi dan penguapan sinar matahari. Kecepatan pengurangan air pada bak pengering lumpur seperti ini bergantung pada penguapan (evaporasi) dan penyaringan (filtrasi). Faktor lain yang sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca seperti suhu, kelembaban, kecepatan angin, sinar matahari, hujan, ketebalan lapisan lumpur, kadar air, sifat lumpur yang masuk dan struktur kolam pengeringan. Kelebihan sistem ini adalah pengoperasian yang sangat sederhana dan mudah, biaya operasional relatif rendah dan hasil olahan lumpur bisa kering atau kandungan padatan yang tinggi. Kelemahan sistem ini adalah membutuhkan lahan yang luas dan sangat tergantung cuaca.



**Gambar 2. 18**  
**Potongan Bak Pengering Lumpur**  
Sumber: Sandec, 2008

#### Kelebihan:

- Biaya investasi pembangunan unit bak pengering lumpur dan operasionalnya murah
- Tidak memerlukan penambahan biaya listrik untuk pengeringan lumpur, karena menggunakan sinar matahari.

#### Kelemahan

- Memerlukan lahan yang luas megingat lapisan lumpur yang disyaratkan tidak lebih tebal dari 20 cm untuk mempercepat proses pengeringan
- Membutuhkan waktu tinggal yang lama

- c. Berpotensi menjadi sarang bagi serangga
- d. Mengeluarkan bau

Beberapa data bak pengering lumpur adalah sebagai berikut:

- a. Tebal lumpur kering di atas pasir = 10-30 cm (Permen PUPR No 4 Tahun 2017);
- b. Media pasir yang dipasang pada lapisan teratas mempunyai kriteria seperti berikut:
  - 1. Ukuran efektif = 0,30-0,50 mm;
  - 2. Koefisien keseragaman = 5;
  - 3. Tebal pasir = 15 – 30 cm (Permen PUPR No 4 Tahun 2017);
  - 4. Kandungan kotoran = 1 % terhadap volume pasir.
- c. Media kerikil yang dipasang dalam dua lapis di bawah pasir dengan urutan dari atas sebagai berikut:
  - 1. Diameter 3-6 mm dipasang 15 cm di atas dasar bak;
  - 2. Diameter 20-40 mm dipasang setebal 15 cm di atas pipa penangkap di kanan-kiri pipa penangkap setebal diameternya 10-15 cm.
- d. Pipa peluap dengan diameter 100-150 mm dipasang pada dinding bak.
- e. Waktu pengeringan 7-15 hari (Permen PUPR No 4 Tahun 2017)
- f. Efisiensi penyisihan COD : 70 - 90% (*Lawrence K. Wang et al.*)
- g. Efisiensi penyisihan SS : 95% (*Lawrence K. Wang et al.*)
- h. Efisiensi penyisihan *Fecal Coliform* : 100% (bergantung waktu tinggal) (*Lawrence K. Wang et al.*)
- i. Efisiensi penyisihan TS : 70 % (*Nazih Shammas, 2007*)
- j. Area yang dibutuhkan : 0,05 m<sup>2</sup>.kapita (*Lawrence K. Wang et al.*)

**Tabel 2. 11**  
**Kriteria Desain Sludge Drying Bed**

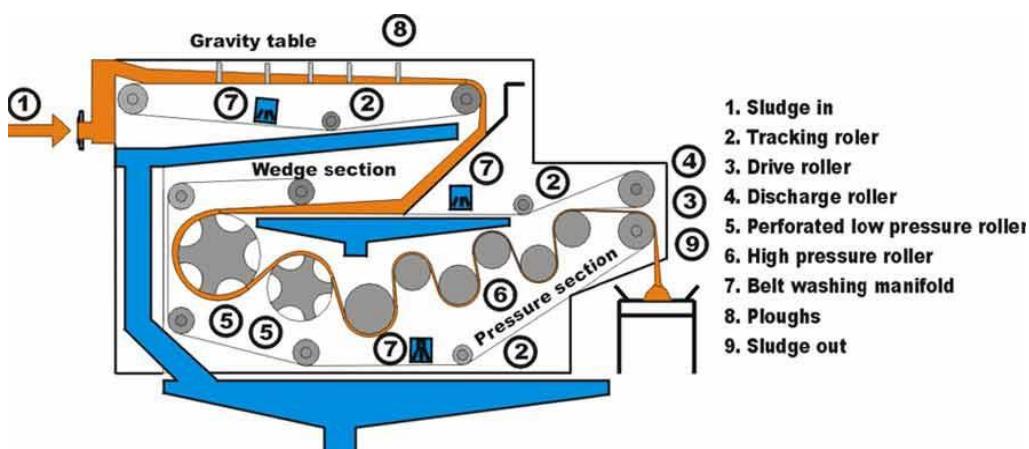
No	Parameter	Keterangan
1	Ukuran bak (m <sup>2</sup> )	
	Lebar bak (m)	8
	Panjang bak (m)	30
2	Area yang dibutuhkan	
	SDB tanpa penutup atap	0,14 – 0,28 m <sup>2</sup> /kapita
	SDB dengan penutup atap	0,10 – 0,20 m <sup>2</sup> /kapita
3	Sludge loading rate	
	SDB tanpa penutup atap	100 – 300 Kg lumpur kering/m <sup>2</sup> .tahun
	SDB dengan penutup atap	150 – 400 Kg lumpur kering/m <sup>2</sup> .tahun

No	Parameter	Keterangan
4	Sludge cake	20 – 40 % padatan
5	Kemiringan dasar	1 : 20
6	Kemiringan dasar pipa	1%

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 04/PRT/M/2017

### 2.3.4.2 Belt Filter Press

Proses pengeluaran air lumpur yang digunakan di industri antara lain belt filter press. Umumnya kadar padatan kering yang bisa dicapai antara 30-40% atau kandungan air 60-70% untuk lumpur kimia-fisika dan 22-30% atau kandungan air 70-78% untuk lumpur biologi.



**Gambar 2. 19**  
**Bagian Belt Filter Press**

Sumber: engineering.com

#### Kelebihan:

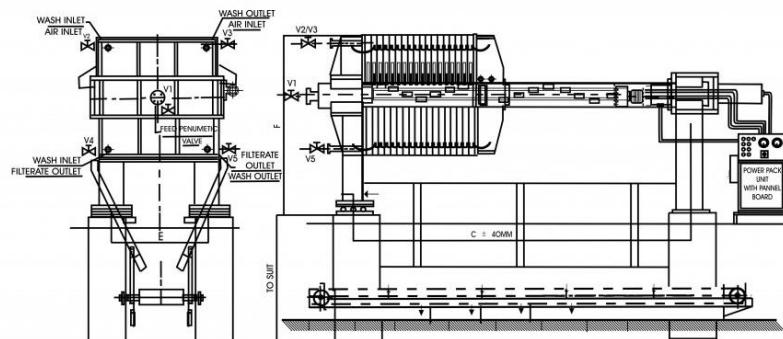
- a. Kapasitas olah yang besar dan kandungan padatan kering yang relatif tinggi.
- b. Membutuhkan konsumsi energi yang relatif rendah.

#### Kelemahan:

- a. Membutuhkan biaya operasional yang relatif tinggi karena penggunaan bahan kimia polielektrolit yang tinggi dan kebutuhan energi listrik yang besar.
- b. *Maintenance* membutuhkan biaya yang lebih tinggi dan operasional lebih sulit karena permasalahan di belt/wire dan tracking sistem (alat pengarah belt/wire).

### 2.3.4.3 Filter Press

Prinsip kerja sistem ini adalah memberi tekanan pada lumpur yang berada di antara lempengan-lempengan filter (*filter plate*).



**Gambar 2. 20**  
**Potongan Filter Press**  
*Sumber: pamplastics.com*

#### Kelebihan:

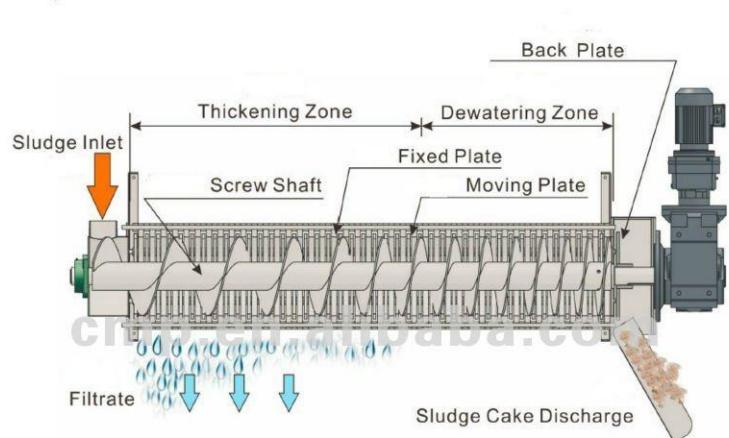
- Sederhana dalam konstruksi
- Biaya operasional yang relatif lebih rendah.

#### Kelemahan:

- Hanya dapat digunakan untuk penanganan lumpur yang sedikit.

### 2.3.4.4 Screw Press

*Screw press* mampu menghasilkan lumpur kering (cake) dengan kadar padatan kering 30 – 70% atau kandungan air 30-70%. Besarnya tekanan yang dihasilkan tergantung dari pengaturan perbedaan jarak antara puncak ulir tekan sepanjang poros dengan kekuatan tekan flange penahan yang ditentukan oleh kondisi dan jumlah pegas yang digunakan. Alat screw press sangat hemat energi.



**Gambar 2. 21**  
**Bagian-Bagian Screw Press**

Sumber: engineering.com

#### Kelebihan:

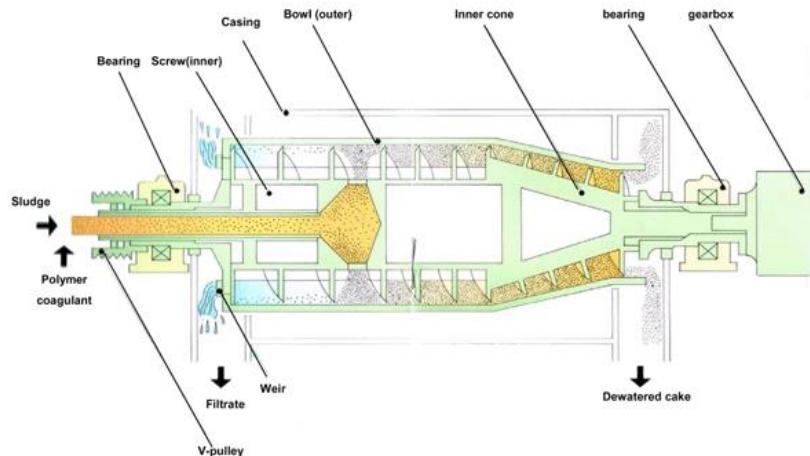
- a. Pengoperasian yang mudah

#### Kekurangan:

- a. Investasi awal yang mahal
- b. Membutuhkan perawatan berkala dan screen perlu penggantian setiap 2-3 tahun sekali

#### 2.3.4.5 Centrifugal

Pada prinsipnya alat ini memisahkan padatan dalam lumpur dari cairan melalui proses sedimentasi dan sentrifugasi. Pada sistem ini padatan kering mencapai sampai 50% atau kandungan air 50%. Biaya investasi dan operasi alat sentrifugal mahal, karena diperlukan bahan kimia pengkondisi dan konsumsi energi listrik yang tinggi. Biaya pemeliharaannya juga tinggi jika dibandingkan dengan alat yang lain.



**Gambar 2. 22  
Skema Bagian Centrifugal**

Sumber: engineering.com

#### Kelebihan:

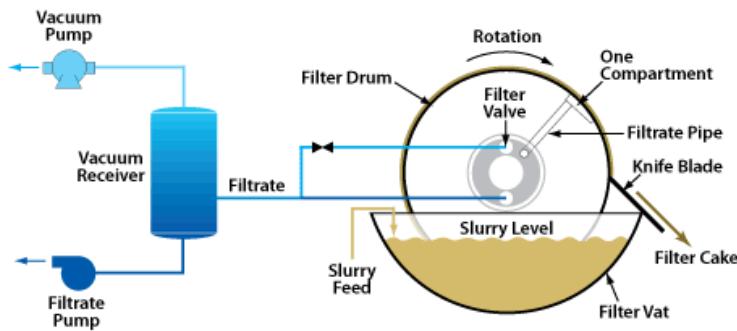
- Membutuhkan biaya instalasi yang rendah
- Pengoperasianya mudah dan area kerja yang bersih

#### Kekurangan:

- Biaya investasi dan operasi alat sentrifugal mahal, karena diperlukan bahan kimia pengkondisi dan konsumsi energi listrik yang tinggi.
- Biaya pemeliharaannya juga tinggi jika dibandingkan dengan alat yang lain.

#### 2.3.4.6 Rotary Drum Vacuum Filter

Penyaringan terjadi pada permukaan drum yang berputar. Drum berputar ini dibagi dalam beberapa bagian yang masing-masing berada di bawah tekanan vakum. Lumpur kimia-fisika dapat dikeluarkan airnya sampai mencapai padatan kering sebesar 7-9% atau kandungan air 91-93% tanpa perlu dikondisikan dahulu dengan bahan kimia. Lumpur biologi mencapai padatan kering sebesar 4-9% atau kandungan air 91-96%, sedangkan lumpur campuran mencapai padatan kering sebesar 5-9% atau kandungan air 91-95%. Kelebihan dari cara ini adalah kapasitas pengolahan yang besar. Kelemahannya adalah pencapaian padatan kering yang masih rendah dan alat ini lebih cocok digunakan untuk lumpur yang berserat.



**Gambar 2. 23**  
**Bagian *Rotary Drum Vacuum Filter***

Sumber: engineering.com

#### Kelebihan:

- Kapasitas pengolahan yang besar

#### Kelemahan:

- Pencapaian padatan kering yang masih rendah dan alat ini lebih cocok digunakan untuk lumpur yang berserat.

### 2.3.5 Constructed Wetlands

*Constructed wetlands* adalah sistem pengolahan limbah yang menggunakan proses alami melibatkan tanaman air, tanah dan mikroba untuk mengurai materi organik dalam air limbah. *Tipe Constructed Wetlands yang digunakan yaitu subsurface flow systems* atau sistem aliran bawah tanah. *Subsurface flow systems* didesain untuk aliran bawah tanah melalui media, menjaga air diolah dibawah permukaan, selain itu menghindari berkembangnya bau, sarang nyamuk dan gangguan masalah lainnya. Sistem ini juga sebagai *root-zone systems*, *rock-reed-filters*, dan *vegetated submerged bed systems*. Media yang digunakan biasanya tanah, pasir, gravel, dan pecahan batu/kerikil. *Constructed Wetlands* memiliki berbagai fungsi dan kegunaan sebagai pengurai *BOD*, *nitrogen*, *fosfor*, *fecal coliform* dan juga untuk penyisihan *logam berat*.

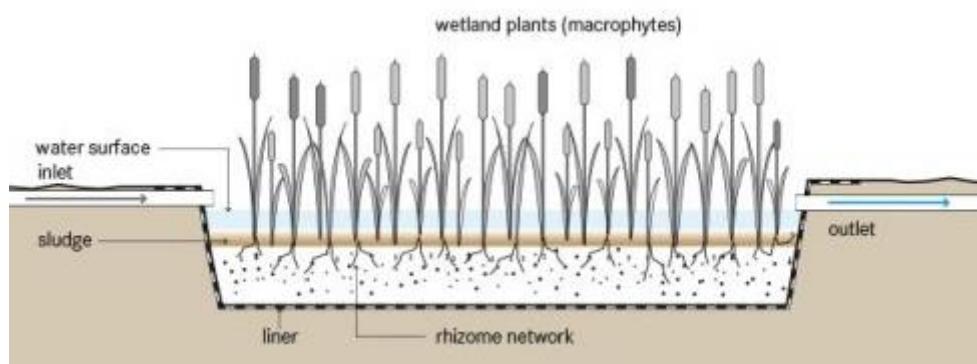
#### Keunggulan:

- Biaya operasional dan pemeliharaan murah.
- Pengoperasian dan perawatan lebih mudah sehingga dapat dilakukan oleh tenaga lokal.

- c. Mempunyai efisiensi penyisihan parameter yang cukup tinggi.
- d. Relatif toleran terhadap berbagai tingkat konsentrasi bahan pencemar
- e. Dapat menghilangkan logam-logam berat yang tidak dapat diolah dengan cara konvensional.
- f. Memberikan keuntungan yang tidak langsung seperti mendukung fungsi ekologis, kawasan hijau, habitat satwa, dan juga untuk kawasan rekreasi.

**Kekurangan:**

- a. Memerlukan lahan yang luas.
- b. Kriteria desain dan operasi masih belum jelas.
- c. Kompleksitas biologis dan hidrologis belum dipahami dengan baik.
- d. Kemungkinan berkembangnya vektor penyakit dalam sistem seperti nyamuk



**Gambar 2. 24**  
**Sistem *Constructed Wetlands***  
*Sumber : Free-Water Surface CW \_ SSWM.html, 2017*

Tanaman yang dapat digunakan dalam *constructed wetlands* diantaranya yaitu *Phragmites australis* (perumpung), *Typha* sp (ekor kucing), *Iris* sp (brojo lintang) dan *Canna* sp (bunga tasbih).

## 2.4 Metodelogi Pekerjaan

### 2.4.1 Metode Pengumpulan Data

- a. Data Primer

Data yang diperlukan untuk perencanaan ini adalah :

1. Kondisi eksisting rencana lokasi IPLT

Data primer mengenai kondisi eksisting rencana lokasi IPLT ini diperoleh dari pengamatan atau observasi lapangan langsung terhadap keadaan yang ada di IPLT

b. Data Sekunder

Data yang diperlukan untuk perencanaan ini adalah :

1. Peta administrasi Kabupaten Purbalingga dan Kabupaten Banjarnegara.
2. Jumlah penduduk Kabupaten Purbalingga dan Kabupaten Banjarnegara
3. Persyaratan desain perencanaan IPLT
4. Karakteristik lumpur tinja.

#### **2.4.2 Metode Perencanaan**

Tahapan dalam perancanaan instalasi pengolahan lumpur tinja (IPLT) ini antara lain:

a. Penentuan daerah jangkauan pelayanan dan tingkat pelayanan IPLT.

Tingkat pelayanan didasarkan pada jumlah penduduk yang terlayani, daerah yang terlayani dan jumlah limbah tinja yang terangkut ke IPLT.

b. Penentuan kapasitas pengembangan IPLT

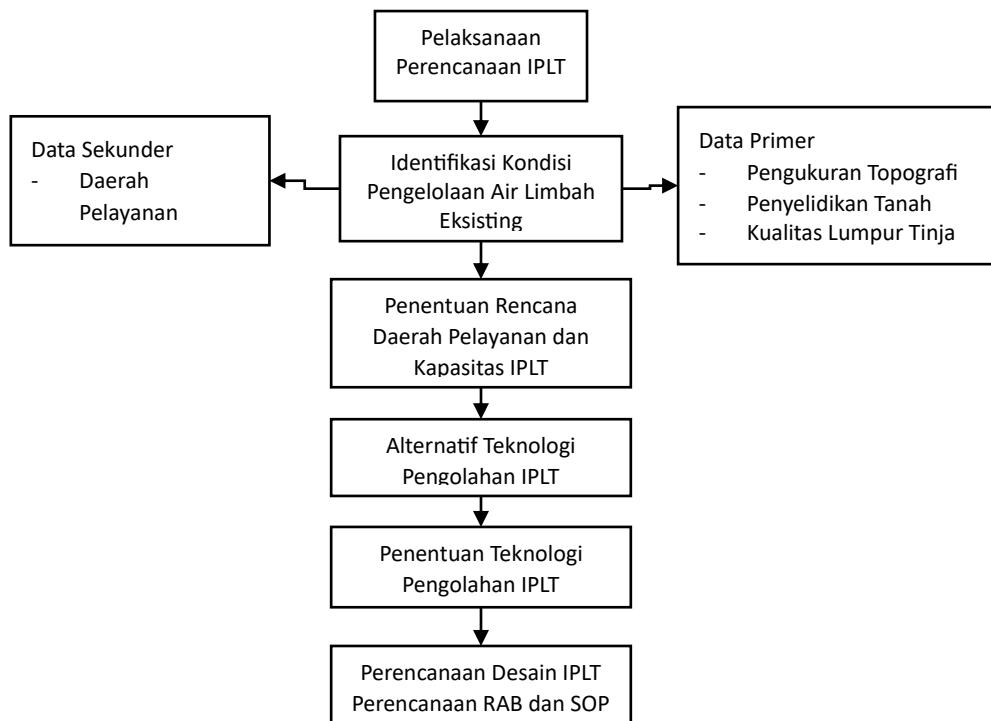
Dilakukan evaluasi terhadap kapasitas eksiting IPLT dan selanjutnya direncanakan kapasitas IPLT yang direncanakan.

c. Penentuan alternatif pengembangan unit pengolahan IPLT

Penentuan alternatif desain pengolahan lumpur tinja dilakukan berdasarkan karakteristik lumpur tinja dari hasil data sekunder dan jumlah pelayanan rencana IPLT yang ada.

d. Penentuan alternatif terpilih pengembangan IPLT

Pemilihan alternatif pengolahan mempertimbangkan kelebihan dan kekurangan dari setiap teknologi sehingga dihasilkan teknologi pengolahan air limbah yang efektif dan efisien dengan menghasilkan kualitas effluent yang sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan.



**Gambar 2. 25**  
**Diagram Kerja Perencanaan IPLT**

Sumber: Analisis Tim Penyusun, 2023

#### 2.4.3 Faktor Penentu Kualitas Operasional Pelayanan

Faktor penentu kualitas operasional pelayanan adalah sebagai berikut:

- Tipe kota
- Frekuensi pelayanan
- Jenis dan jumlah peralatan
- Peran aktif masyarakat
- Retribusi
- Kesehatan, keamanan dan keselamatan kerja

Dalam perencanaan pengembangan dan perencanaan IPLT dilakukan analisa sebagai berikut:

#### 2.4.4 Proyeksi Volume Limbah Tinja

Laju volume Limbah Tinja semakin lama semakin meningkat sesuai dengan bertambahnya jumlah penduduk. Sehingga proyeksi jumlah penduduk dan fasilitas yang ada

sangat diperlukan. Dengan menggunakan metode geometrik dan eksponensial didapat proyeksi penduduk Kabupaten Purbalingga dan Kabupaten Banjarnegara 10 tahun ke depan. Metode eksponensial yang digunakan karena memiliki nilai regresi yang lebih besar daripada metode geometrik.

Beberapa faktor yang mempengaruhi proyeksi penduduk adalah:

- Jumlah penduduk dalam suatu wilayah
- Kecepatan pertambahan penduduk
- Kurun waktu proyeksi

Beberapa macam metoda proyeksi pertambahan penduduk antara lain:

- Metode Arithmatik

$$P_n = P_0 + K_a (T_n - T_0)$$

$$K_a = \frac{P_0 - P_1}{T_2 - T_1}$$

Keterangan:

$P_n$  : Jumlah penduduk pada tahun ke n

$P_0$  : Jumlah penduduk pada tahun dasar

$T_n$  : Tahun ke n

$T_0$  : Tahun dasar

$K_a$  : Konstanta arithmatik

$P_1$  : Jumlah penduduk yang diketahui pada tahun ke 1

$P_2$  : Jumlah penduduk yang diketahui pada tahun terakhir

$T_1$  : Tahun ke 1 yang diketahui

$T_2$  : Tahun ke 2 yang diketahui

- Metode Geometrik

$$P_n = (P_0 (1+r))^n$$

Keterangan:

$P_n$  : Jumlah penduduk pada tahun ke n

$P_0$  : Jumlah penduduk pada tahun dasar

$R$  : Laju pertumbuhan penduduk

$n$  : Jumlah interval tahun

c. Metode Least Square

$$\hat{Y} = a + bX$$

Keterangan:

$\hat{Y}$  : Nilai variabel berdasarkan garis regresi

X : Variabel independen

a : Konstanta

b : Koefisien arah regresi linear

Adapun persamaan a dan b adalah sebagai berikut:

$$a = \frac{\sum Y \sum X^2 - \sum X \sum Y}{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{\sum XY - \sum X - \sum X \sum Y}{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

Bila koefisien b telah dihitung terlebih dahulu, maka konstanta a dapat ditentukan dengan persamaan lain, yaitu:

$$\hat{Y} = a + bX$$

Dimana  $\hat{Y}$  dan  $\hat{Z}$  masing-masing adalah rata-rata untuk variable Y dan X.

d. Metode Trend Logistic

$$K_a = \frac{k}{1 - 10^{a+bx}}$$

Keterangan:

Y : Jumlah penduduk pada tahun ke-X

X : Jumlah interval tahun

k, a dan b : Konstanta

Untuk menentukan pilihan rumus proyeksi jumlah penduduk yang akan digunakan dengan hasil perhitungan yang paling mendekati kebenaran harus dilakukan analisis dengan

menghitung standar deviasi atau koefisien korelasi. Rumus standar deviasi dan koefisien korelasi adalah sebagai berikut:

a. Standar Deviasi

$$s = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad \text{untuk } n > 20$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n}} \quad \text{untuk } n = 20$$

Keterangan:

$s$  : Standar deviasi

$X_i$  : Variabel independen X (jumlah penduduk)

$\bar{X}$  : Rata-rata X

N : Jumlah Data

Metode perhitungan proyeksi penduduk yang paling tepat adalah metode yang memberikan harga standar deviasi terkecil.

b. Koefisien Korelasi

Metode perhitungan proyeksi jumlah penduduk yang menghasilkan koefisien paling mendekati 1 adalah metode yang terpilih.

#### 2.4.5 Faktor Pengurasan

Faktor pengurasan adalah nilai yang mempengaruhi frekuensi pengurasan lumpur tinja. Untuk mendapatkan nilai faktor pengurasan perlu diketahui kepadatan penduduk netto. Dari perhitungan, semakin padat suatu kecamatan atau kabupaten maka semakin besar nilai faktor pengurasannya (Nasrullah,2006). Pengurasan tangki septik dapat dilakukan dalam 2-4 tahun sekali, dengan rata-rata perencanaan adalah 2 tahun sekali.

#### 2.4.6 Debit Lumpur Tinja

Kapasitas instalasi dihitung dengan menjumlahkan semua debit timbulan lumpur tinja yang dikuras di Kabupaten Purbalingga dan Kabupaten Banjarnegara. Ini akan menunjukkan bahwa kecamatan yang kepadatannya tinggi akan lebih sering melakukan pengurasan lumpur tinja dibandingkan dengan kecamatan yang kepadatan penduduknya rendah (Nasrullah,2006)

#### 2.4.7 Potensi Produksi Limbah Tinja

Potensi produksi limbah tinja adalah jumlah limbah tinja yang mungkin, dihasilkan dalam suatu wilayah tertentu pada kurun waktu tertentu. Potensi produksi limbah tinja dipengaruhi oleh jumlah penduduk dalam suatu wilayah dan produksi limbah tinja perkapita.

Pada suatu kota yang belum memiliki sistem pembuangan limbah tertutup, biasanya membuang limbah tinja terlebih dahulu ke tangki septik, dan kemudian secara periodik limbah tinja tersebut dikuras dan dibuang ke tempat pengolahan yang tersedia. Namun tidak berarti potensi produksi limbahtinja suatu kota sekaligus menjadi potensi produksi limbah tinja tangki septik mengingat tidak semua limbah tinja yang dihasilkan penduduk dibuang melalui tangki septik atau dengan kata lain tidak semua rumah tangga memiliki tangki septik. Besar potensi produksi limbah tinja tangki septik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P = \left( \frac{J}{L} \times V \right) / T \times TP$$

Dimana

P = Potensi produksi limbah tinja tangki septik ( $m^3/Th$ );

J = Jumlah penduduk(orang);

L = Jumlah layanan tangkiseptic (orang);

V = Volume tangkiseptic ( $M^3$ );

T = Jangkawaktu pengurusan(Th);

TP = Tingkat pelayanan tangkiseptik(%).

#### 2.4.8 Analisis Faktor Manajemen Pengangkutan Lumpur Tinja

Pada manajemen pengangkutan lumpur tinja terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menganalisis tingkat pelayanan yang diberikan pada masyarakat, yaitu:

- a. Waktu pengangkutan tiap rit (tA):

$$t_A = \frac{Jarak(S_G)}{(V_1 + V_0)/2} + t_{in} + t_{out}$$

dengan

- $t_A$  : Waktu angkut (jam)
- $t_{in}$  : Waktu menyedot truk tinja(jam)
- $t_{out}$  : Waktu mengeluarkan truk tinja (jam)
- $S$  : Jarak dari pool-sumber limbah tinja-IPLT (km)
- $V_1$  : Kecepatan isi (km/jam)
- $V_0$  :Kecepatan kosong(km/jam)

b. Jumlah Rit (P)

$$P = \frac{V_s}{V_b}$$

dengan :

- $P$  : Jumlah pengambilan (rit)
- $V_s$  : VolumeAir limbah( $m^3$ )
- $V_b$  : Kapasitas truk ( $m^3/rit$ )

c. Waktu Operasi (to) jika menggunakan satu truk :

$$t_o = P \times t_A$$

dengan:

- $t_o$  : Waktu operasi pengangkutan air limbah dari sumber limbah tinjake IPLT per hari (jam)
- $P$  :Jumlah pengambilan (rit)
- $t_A$  : Waktu angkut (jam)

# Bab 3

## Deskripsi Daerah Perencanaan

### 3.1 Wilayah Perencanaan

Kawasan Purbalingga dan Banjarnegara merupakan dua daerah yang memiliki permasalahan air limbah yang hampir sama, yaitu mengenai air limbah domestik. Kedua daerah ini belum memiliki IPLT. Pada saat ini pengelolaan air limbah domestik kedua daerah berjalan sendiri-sendiri.

Lokasi rencana Pembangunan IPLT Regional berada di Desa Karanggedang Kecamatan Bukateja Kabupaten Purbalingga dengan radius 15 km dari Lokasi rencana Pembangunan IPLT Regional maka dapat melayani 13 Kecamatan di 2 Kabupaten Purbalingga dan Banjarnegara. Daerah pelayanan IPLT Regional di Kabupaten Purbalingga adalah Kecamatan Kemangkon, Bukateja, Kejobong, Pengadegan, Kaligondang, Purbalingga dan Rembang, sedangkan untuk Kabupaten Banjarnegara meliputi Kecamatan Susukan, Purworejo Klampok, Purwanegara, Rakit dan Punggelan.

### 3.2 Arahan Pengembangan Wilayah Rencana Tata Ruang Wilayah

#### 3.2.1 Kabupaten Purbalingga

Arahan pengembangan tata ruang berdasarkan Peraturan Daerah Kabupaten Purbalingga Nomor 10 Tahun 2020 tentang Perubahan Atas Peraturan Daerah Nomor 5 Tahun 2011 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Purbalingga Tahun 2011 – 2031 dijabarkan dalam penjelasan berikut ini.

##### 3.2.1.1 Strategi Penataan Ruang

Strategi pengembangan struktur ruang berbasis sistem pusat kegiatan meliputi:

- a. mengembangkan pusat-pusat kegiatan untuk mengurangi tingkat kesenjangan perkembangan antar wilayah;

- b. mengembangkan prasarana dan sarana penunjang kegiatan; dan meningkatkan aksesibilitas antar kawasan sentra produksi dan pusat pertumbuhan wilayah.

Strategi peningkatan pusat pertumbuhan ekonomi wilayah dan pusat pelayanan yang merata di seluruh wilayah kabupaten meliputi:

- a. mempromosikan Kawasan Perkotaan Purbalingga menjadi Pusat Kegiatan Wilayah;
- b. mempromosikan Kecamatan Bukateja, Rembang, Karangreja menjadi Pusat Kegiatan Lokal; dan
- c. meningkatkan desa pusat pertumbuhan menjadi Pusat Pelayanan Lingkungan.

Strategi pengembangan infrastruktur wilayah guna mendukung kehidupan sosial ekonomi masyarakat dan kelestarian lingkungan meliputi:

- a. meningkatkan akses yang menghubungkan simpul-simpul kawasan produksi dengan kawasan pusat pemasaran
- b. meningkatkan jangkauan distribusi energi dan pelayanan telekomunikasi dengan mengembangkan sistem jaringan di kawasan perdesaan;
- c. mengembangkan sistem jaringan prasarana distribusi sumber daya air;
- d. mengembangkan sistem jaringan limbah di permukiman perkotaan dan kawasan peruntukan industri;
- e. mengembangkan jalur dan ruang evakuasi bencana alam; dan
- f. mengembangkan sistem sanitasi lingkungan di kawasan permukiman.

Strategi pelestarian kawasan lindung meliputi:

- a. memulihkan fungsi lindung;
- b. mengendalikan perkembangan kegiatan budidaya di kawasan lindung; dan
- c. menghindari kawasan rawan bencana sebagai kawasan terbangun.

Strategi pengembangan kawasan pertanian meliputi:

- a. memulihkan lahan pertanian yang rusak;
- b. mengembangkan prasarana pemasaran komoditas pertanian;
- c. mengembangkan prasarana dan sarana pengangkutan barang dari dan ke pusat pemasaran dan wilayah pelayanannya;
- d. mengembangkan jaringan irigasi pertanian;
- e. mempertahankan kawasan pertanian pangan berkelanjutan;

- f. meningkatkan produktivitas lahan pertanian; dan
- g. mengembangkan agribisnis.

Strategi pengembangan kawasan perikanan meliputi:

- a. mengoptimalkan produktivitas kawasan peruntukan perikanan; dan
- b. mengembangkan kawasan peruntukan perikanan ramah lingkungan.

Strategi pengembangan dan optimalisasi pemanfaatan kawasan peruntukan industri dengan memperhatikan kelestarian fungsi lingkungan hidup meliputi:

- a. mengembangkan dan memberdayakan industri menengah dan industri kecil;
- b. mengembangkan kawasan peruntukan industri yang berwawasan lingkungan; dan
- c. menyediakan prasarana dan sarana pendukung kawasan peruntukan industri.

Strategi peningkatan fungsi kawasan pertahanan dan keamanan meliputi:

- a. mendukung penetapan kawasan strategis nasional dengan fungsi khusus pertahanan dan keamanan;
- b. mengembangkan kegiatan budidaya secara selektif di dalam dan di sekitar kawasan strategis nasional untuk menjaga fungsi pertahanan dan keamanan;
- c. mengembangkan kawasan lindung dan/atau kawasan budidaya tidak terbangun di sekitar kawasan strategis nasional sebagai zona penyangga yang memisahkan kawasan strategis nasional dengan kawasan budidaya terbangun; dan
- d. meningkatkan upaya menjaga dan memelihara aset-aset pertahanan dan keamanan

Strategi pengembangan potensi kawasan pariwisata meliputi:

- a. mengembangkan obyek wisata alam, buatan dan budaya;
- b. meningkatkan sarana dan prasarana pendukung wisata;
- c. mengembangkan sentra industri kerajinan; dan
- d. mengembangkan agroekowisata dan ekowisata.

Strategi peningkatan fungsi kawasan pertahanan dan keamanan negara meliputi:

- a. mendukung penetapan kawasan strategis nasional dengan fungsi khusus pertahanan dan keamanan;
- b. mengembangkan kegiatan budidaya secara selektif di dalam dan di sekitar kawasan strategis nasional untuk menjaga fungsi pertahanan dan keamanan;

- c. mengembangkan kawasan lindung dan/atau kawasan budidaya tidak terbangun di sekitar kawasan strategis nasional sebagai zona penyangga yang memisahkan kawasan strategis nasional dengan kawasan budidaya terbangun; dan
- d. meningkatkan upaya menjaga dan memelihara aset-aset pertahanan dan kemanan.

Strategi pengembangan kawasan strategis wilayah berupa pengembangan kawasan strategis berbasis potensi dan kearifan lokal meliputi:

- a. melakukan percepatan pengembangan kawasan strategis ekonomi;
- b. mempertahankan eksistensi kawasan strategis sosial budaya; dan
- c. meningkatkan upaya menjaga kelestarian kawasan strategis sumber
- d. daya lingkungan

### **3.2.1.2 Rencana Struktur Ruang Wilayah**

Rencana struktur ruang wilayah Kabupaten Purbalingga Tahun 2011–2031 yang berisi tentang rencana sistem perkotaan dan arahan sistem jaringan prasarana wilayah di Kabupaten Purbalingga.

Rencana struktur ruang wilayah terdiri atas:

1. Sistem perkotaan terdiri atas:
  - a) Pusat Kegiatan;
    - 1) PKL; meliputi:
      - a. Perkotaan Purbalingga dan didorong menjadi PKW
      - b. Perkotaan Bobotsari.
    - 2) Pusat-pusat lain di dalam wilayah kabupaten, terdiri dari:
      - a. PPK meliputi:
        - 1) Kecamatan Bukateja;
        - 2) Kecamatan Rembang;
        - 3) Kecamatan Kertanegara;
        - 4) Kecamatan Kaligondang;
        - 5) Kecamatan Bojongsari;
        - 6) Kecamatan Karanganyar;
        - 7) Kecamatan Karangmoncol;

- 8) Kecamatan Karangreja;
  - 9) Kecamatan Kemangkon;
  - 10) Kecamatan Kejobong;
  - 11) Kecamatan Kutiasari;
  - 12) Kecamatan Padamara;
  - 13) Kecamatan Mrebet;
  - 14) Kecamatan Pengadegan; dan
  - 15) Kecamatan Karangjambu.
- b. Kecamatan Bukateja, Kecamatan Rembang, dan Kecamatan Karangreja didorong menjadi PKL.
- c. PPL meliputi:
- 1) PPL Kutawis Kecamatan Bukateja;
  - 2) PPL Makam Kecamatan Rembang
  - 3) PPL Kutabawa Kecamatan Karangreja;
  - 4) PPL Purbayasa Kecamatan Padamara;
  - 5) PPL Picung Desa Krangean Kecamatan Kertanegara;
  - 6) PPL Tunjungmuli Kecamatan Karangmoncol;
  - 7) PPL Bedagas Kecamatan Pangadegan; dan
  - 8) PPL Bandingan Kecamatan Kejobong.
- 3) Sistem wilayah
- Termasuk dalam pembagian wilayah pengembangan Kawasan Banjarnegara-Purbalingga - Banyumas - Cilacap - Kebumen (Barlingmasakeb).
2. Sistem Jaringan Prasarana Wilayah Daerah, terdiri dari:
- a. Sistem jaringan transportasi;
  - b. Sistem jaringan energi;
  - c. Sistem jaringan telekomunikasi;
  - d. Sistem jaringan sumber daya air; da
  - e. Sistem jaringan prasarana lainnya., meliputi :
    - 1) Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM);
    - 2) Sistem Pengelolaan Air Limbah (SPAL);

- 3) Sistem pengelolaan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3);
- 4) Sistem jaringan persampahan wilayah;
- 5) Sistem jaringan evakuasi bencana; dan
- 6) Sistem jaringan drainase.

Pada pasal 15 menyebutkan Sistem Pengelolaan Air Limbah (SPAL) meliputi:

- a. Pengelolaan air limbah nondomestik berupa pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pada kegiatan industri, rumah sakit, hotel, dan restoran yang tersebar di seluruh wilayah Kabupaten;
- b. Pengelolaan air limbah domestik berupa pembangunan dan pengembangan IPAL komunal dan prasarana Mandi Cuci Kakus (MCK) komunal pada kawasan permukiman padat/kumuh dan bagi kelompok masyarakat kurang mampu di seluruh wilayah Kabupaten;
- c. Pembangunan Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT);
- d. Pengelolaan limbah industri kecil di seluruh wilayah Kabupaten;
- e. Pengelolaan limbah hewan ternak pada kawasan permukiman di seluruh wilayah Kabupaten.

Pada pasal 57 menyebutkan Perwujudan pengembangan Sistem Pengelolaan Air Limbah (SPAL) dilaksanakan melalui program:

- a. Penyediaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pada kegiatan industri, rumah sakit, hotel, dan restoran yang tersebar di seluruh wilayah kabupaten;
- b. Pengelolaan limbah padat pada industri dan rumah sakit yang ramah lingkungan;
- c. Pembangunan dan pengembangan IPAL komunal dan prasarana Mandi Cuci Kakus (MCK) komunal pada kawasan permukiman padat/kumuh dan bagi kelompok masyarakat kurang mampu;
- d. Pembangunan Instalasi Pengolah Lumpur Tinja (IPLT);
- e. Pembangunan instalasi pengolahan limbah industri rumah tangga pada permukiman melalui sistem komunal;
- f. Pengembangan sistem pengolahan limbah kotoran hewan dan limbah rumah tangga perdesaan;
- g. Peningkatan peran serta masyarakat dan dunia usaha atau swasta;

h. Peningkatan kapasitas kelembagaan pengelola.

Pada Pasal 95 menyebutkan Ketentuan umum peraturan zonasi Sistem Penyediaan Air Limbah (SPAL) diwujudkan melalui ketentuan umum peraturan zonasi sebagai berikut:

- a. Diperbolehkan pembangunan dan pengembangan IPAL komunal dan prasarana Mandi Cuci Kakus (MCK) komunal di kawasan permukiman atau kawasan peruntukan lainnya sesuai ketentuan perundang-undangan;
- b. Diperbolehkan pembangunan Instalasi Pengolah Lumpur Tinja (IPLT) sesuai dengan ketentuan perundang-undangan;
- c. Diperbolehkan bersyarat kegiatan usaha yang memproduksi air limbah dengan syarat wajib menyediakan instalasi pengolahan limbah individu dan/atau komunal sesuai dengan ketentuan teknis yang berlaku antara lain:
  1. Pengembangan perumahan dengan jumlah lebih dari 30 (tiga puluh) unit;
  2. Akomodasi wisata dengan jumlah kamar lebih dari 5 (lima) unit;
  3. Restoran/rumah makan dengan jumlah tempat duduk lebih dari 50 (lima puluh) unit;
  4. Kompleks perdagangan dan jasa dengan luas lantai bangunan lebih dari 10.000 (sepuluh ribu) meter persegi;
  5. Seluruh kegiatan industri yang menghasilkan air limbah;
  6. Bengkel yang melayani ganti oli dan tempat cuci kendaraan;
  7. Usaha konveksi yang dalam produksinya menggunakan zat-zat kimia dan pewarna;
  8. Usaha peternakan yang menghasilkan air limbah dalam skala yang besar.
- d. Tidak diperbolehkan pemanfaatan ruang yang dapat menyebabkan berkurangnya fungsi jaringan limbah;
- e. Jarak minimal antara sumber air dengan bak resapan 10 (sepuluh) meter.

### 3.2.2 Kabupaten Banjarnegara

Arahan pengembangan tata ruang berdasarkan Peraturan Daerah Kabupaten Banjarnegara Nomor 11 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Banjarnegaran Tahun 2011-2031 dijabarkan dalam penjelasan berikut ini.

#### 3.2.2.1 Strategi Penataan Ruang

Strategi untuk melaksanakan kebijakan pengendalian alih fungsi lahan pertanian produktif meliputi :

- a. menetapkan lahan pertanian pangan berkelanjutan;
- b. mengarahkan perkembangan kegiatan terbangun pada lahan-lahan yang bukan tanah sawah irigasi;
- c. mengembangkan dan merevitalisasi jaringan irigasi;
- d. meningkatkan produktivitas lahan pertanian.

Strategi untuk melaksanakan kebijakan pengembangan pariwisata alam dan buatan meliputi :

- a. mengembangkan kawasan wisata alam berbasispelestarian alam;
- b. mengembangkan kawasan wisata buatan berbasiskeanekaragaman flora dan fauna;
- c. mengembangkan kawasan agrowisata;
- d. meningkatkan pemasaran wisata; dan
- e. meningkatkan peran masyarakat dalam perwujudanDaerah tujuan wisata.

Strategi untuk melaksanakan kebijakan peningkatan pengelolaan kawasan lindung meliputi :

- a. menentukan deliniasi kawasan lindung berdasarkan sifat perlindungannya;
- b. menetapkan luas dan lokasi kawasan lindung;
- c. melakukan pola terasering dan penghijauan pada lahan-lahan rawan longsor dan erosi; dan
- d. mengembangkan budidaya tanaman tahunan pada lahan-lahan kawasan lindung yang dimiliki masyarakat.

Strategi untuk melaksanakan kebijakan pengendalian perkembangan kegiatan budidaya sesuai daya dukungan dan daya tampung lingkungan hidup meliputi :

- a. mengendalikan perkembangan kegiatan budidaya di kawasan rawan bencana;
- b. mengembangkan ruang terbuka hijau pada kawasan perkotaan; dan
- c. mengarahkan perkembangan kawasan terbangun di kawasan perkotaan secara terpolasasi dan efisien.

Strategi untuk melaksanakan kebijakan pengembangan pusat pelayanan meliputi :

- a. membagi wilayah fungsional Daerah berdasarkan morfologi dan kondisi sosial ekonomi Daerah;
- b. mengembangkan pusat pelayanan baru berfungsi sebagai PKL; dan
- c. mengoptimalkan peran ibukota kecamatan sebagai PPK

Strategi untuk melaksanakan kebijakan peningkatan keterhubungan kawasan perkotaan-perdesaan meliputi :

- a. menetapkan fungsi pengembangan wilayah berdasarkan potensi yang dimiliki;
- b. mengembangkan permukiman perdesaan yang sinergi dengan pengembangan sektor pertanian;
- c. mengembangkan permukiman perkotaan dan perdesaan yang sinergi secara ekonomi; dan
- d. mengembangkan prasarana wilayah antar kawasan perdesaan dengan kawasan perkotaan.

Strategi untuk melaksanakan kebijakan pengembangan prasarana wilayah Daerah meliputi :

- a. meningkatkan kualitas jaringan jalan yang menghubungkan antara simpul-simpul kawasan produksi dengan kawasan pusat pemasaran;
- b. meningkatkan pelayanan sistem energi dan telekomunikasi;
- c. mengembangkan sistem prasarana sumberdaya air;
- d. mengembangkan sistem jaringan limbah di permukiman perkotaan dan kawasan peruntukan industri;
- e. mengembangkan jalur dan ruang evakuasi bencana alam; dan mengembangkan sistem sanitasi lingkungan di kawasan perkotaan.

Strategi untuk melaksanakan kebijakan pengembangan kawasan perkotaan yang mampu berfungsi sebagai pusat pemasaran hasil komoditas Daerah meliputi :

- a. meningkatkan fungsi pengumpul dan pendistribusi komoditas ekonomi perdesaan pada PPL dan PPK; dan
- b. meningkatkan fungsi pengumpul dan pendistribusi komoditas ekonomi pada PKL dan PKLp.

Strategi untuk melaksanakan kebijakan peningkatan fungsi kawasan untuk pertahanan dan keamanan meliputi :

- a. mendukung penetapan kawasan strategis nasional dengan fungsi khusus pertahanan dan keamanan;
- b. mengembangkan budidaya secara selektif di dalam dan di sekitar kawasan strategis nasional untuk menjaga fungsi pertahanan dan keamanan;
- c. turut serta memelihara dan menjaga aset-aset Pertahanan/TNI.

Strategi untuk melaksanakan kebijakan pengembangan kawasan strategis Daerah meliputi :

- a. mengendalikan pertumbuhan kegiatan di kawasan sepanjang koridor jalan nasional;
- b. mengoptimalkan pengembangan kawasan wisata alam dan wisata buatan;
- c. mengembangkan kawasan agropolitan di wilayah Daerah bagian utara; da
- d. mengembangkan kawasan minapolitan di wilayah Daerah bagian selatan.

### **3.2.2.2 Rencana Struktur Ruang Wilayah**

Rencana struktur ruang wilayah Kabupaten Banjarnegara Tahun 2011–2031 yang berisi tentang rencana sistem pusat pelayanan dan arahan sistem jaringan prasarana wilayah di Kabupaten Banjarnegara. Rencana struktur ruang wilayah terdiri atas:

- a. Rencana Sistem Pelayanan; terdiri atas:
  1. Rencana sistem perkotaan; meliputi:
    - 1) PKL; meliputi:
      - a) Kawasan Perkotaan Banjarnegara; dan
      - b) Kawasan Perkotaan Purwareja Klampok.
    - 2) PKLp; meliputi Kawasan Perkotaan Karangkobar
    - 3) PPK.
      - a) Kawasan Perkotaan Sigaluh;

- b) Kawasan Perkotaan Pagedongan;
  - c) Kawasan Perkotaan Bawang;
  - d) Kawasan Perkotaan Purwanegara;
  - e) Kawasan Perkotaan Susukan;
  - f) Kawasan Perkotaan Rakit;
  - g) Kawasan Perkotaan Madukara;
  - h) Kawasan Perkotaan Banjarmangu;
  - i) Kawasan Perkotaan Wanadadi;
  - j) Kawasan Perkotaan Pagentan;
  - k) Kawasan Perkotaan Punggelan;
  - l) Kawasan Perkotaan Pandanarum;
  - m) Kawasan Perkotaan Wanayasa;
  - n) Kawasan Perkotaan Pejawaran;
  - o) Kawasan Perkotaan Batur;
  - p) Kawasan Perkotaan Mandiraja; dan
  - q) Kawasan Perkotaan Kalibening
2. Rencana sistem perdesaan;

- 1) PPL meliputi:
  - a) Desa Pekikiran;
  - b) Desa Purwasaba;
  - c) Desa Merden;
  - d) Desa Wanadri;
  - e) Desa Kebutuhduwur;
  - f) Desa Tunggara;
  - g) Desa Kaliurip;
  - h) Desa Kendaga;
  - i) Desa Beji;
  - j) Desa Medayu;
  - k) Desa Lengkong;
  - l) Desa Punggelan;

- m) Desa Petuguran;
  - n) Desa Ambal;
  - o) Desa Sokaraja;
  - p) Desa Tegaljeruk;
  - q) Desa Sidengok;
  - r) Desa Pagergunung;
  - s) Desa Jatilawang;
  - t) Desa Dieng Kulon;
  - u) Desa Pringamba;
  - v) Desa Tapen;
  - w) Desa Kertasari; dan
  - x) Desa Lawen
- 2) Kawasan agropolitan;  
Berupa pengembangan kawasansentra produksi berbasis komoditas unggulan meliputi kentang, sayur-sayuran, domba batur, teh, salak, dan durian.
- 3) Kawasan minapolitan, meliputi:
- a) Kecamatan Rakit;
  - b) Kecamatan Mandiraja;
  - c) Kecamatan Purwanegara;
  - d) Kecamatan Bawang; dan
  - e) Kecamatan Wanadadi
3. Rencana sistem wilayah

Penetapan satuan wilayah pengembangan terdiri dari:

- 1) Pembagian wilayah pengembangan; dan
  - 2) Penetapan fungsi wilayah pengembangan
- b. Sistem Jaringan Prasarana Wilayah, meliputi:
1. Sistem jaringan transportasi;
  2. Sistem jaringan energi;
  3. Sistem jaringan telekomunikasi;
  4. Sistem jaringan sumber daya air;

5. Sistem jaringan lingkungan; meliputi:
  - a) Rencana sistem persampahan;
  - b) Rencana sistem jaringan air minum;
  - c) Rencana sistem jaringan pengelolaan air limbah; dan
  - d) Rencana sistem jaringan drainase
6. Sistem jaringan lainnya

Dalam Pasal 32 disebutkan Rencana sistem jaringan pengelolaan air limbah meliputi:

- a. pengembangan instalasi pengolahan limbah industri;
- b. pengembangan instalasi pengolahan limbah tinja dan limbah rumah tangga perkotaan;  
dan
- c. pengembangan instalasi pengolahan limbah kotoran hewan dan rumah tangga perdesaan

Pengembangan instalasi pengolahan limbah tinja dan limbah rumah tangga perkotaan berada di seluruh kawasan perkotaan di Daerah.

### 3.3 Kondisi Fisik Wilayah

#### 3.3.1 Batas Administrasi

- a. Kabupaten Purbalingga

Kabupaten Purbalingga termasuk wilayah Provinsi Jawa Tengah bagian barat daya, tepatnya pada posisi:  $101^{\circ}11' - 109^{\circ}35'$  Bujur Timur dan  $7^{\circ}10' - 7^{\circ}29'$  Lintang Selatan. Kabupaten Purbalingga memiliki 18 Kecamatan, 239 Desa/Kelurahan, 224 merupakan desa sedangkan 15 merupakan kelurahan. Wilayah Kabupaten Purbalingga memiliki luas sebesar 77.764 ha, dimana kecamatan yang terluas adalah Kecamatan Rembang yaitu 9.159 ha dan Kecamatan Terkecil adalah Kecamatan Purbalingga seluas 1.472 ha. Adapun batas-batas wilayah administratif Kabupaten Banjarnegara adalah sebagai berikut:

1. Sebelah Utara : Kabupaten Pemalang dan Pekalongan;
2. Sebelah Selatan : Kabupaten Banjarnegara dan Banyumas;
3. Sebelah Timur : Kabupaten Banjarnegara;
4. Sebelah Barat : Kabupaten Banyumas.

**Tabel 3. 1**  
**Luas Wilayah Kabupaten Purbalingga Berdasarkan Kecamatan Tahun 2022**

No	Kecamatan	Luas (ha)	Persentase terhadap Luas Kabupaten
1	Kemangkon	4.513	5,80
2	Bukateja	4.240	5,45
3	Kejobong	3.999	5,14
4	Pengadegan	4.175	5,37
5	Kaligondang	5.054	6,50
6	Purbalingga	1.472	1,89
7	Kalimanah	2.251	2,89
8	Padamara	1.727	2,22
9	Kutasari	5.290	6,80
10	Bojongsari	2.925	3,76
11	Mrebet	4.789	6,16
12	Bobotsari	3.228	4,15
13	Karangreja	7.449	9,58
14	Karangjambu	4.609	5,93
15	Karanganyar	3.055	3,93
16	Kertanegara	3.802	4,89
17	Karangmoncol	6.027	7,75
18	Rembang	9.159	11,78
<b>Jumlah</b>		<b>77.764</b>	<b>100</b>

Sumber: Kabupaten Purbalingga dalam Angka, 2023

#### b. Kabupaten Banjarnegara

Secara Astronomi Kabupaten Banjarnegara terletak diantara 7°12' – 7°31' Lintang Selatan dan 109°20' – 109°45' Bujur Timur. Secara administrasi, Kabupaten Banjarnegara terdiri atas 20 kecamatan yang meliputi 266 desa dan 12 kelurahan, dengan luas wilayah 106.970,997 Ha.

1. Sebelah Utara : Kabupaten Pekalongan dan Kabupaten Batang;
2. Sebelah Selatan : Kabupaten Kebumen;
3. Sebelah Timur : Kabupaten Wonosobo;
4. Sebelah Barat : Kabupaten Purbalingga.

**Tabel 3. 2**  
**Luas Wilayah Kabupaten Banjarnegara Berdasarkan Kecamatan Tahun 2022**

No	Kecamatan	Luas (Ha)	Persentase terhadap Luas Kabupaten
1	Susukan	5.266	4,92
2	Purworejo Klampok	2.187	2,05
3	Mandiraja	5.262	4,92
4	Purwanegara	7.387	6,91
5	Bawang	5.521	5,16
6	Banjarnegara	2.624	2,45
7	Pagedongan	8.055	7,53
8	Sigaluh	3.956	3,70
9	Madukara	4.820	4,51
10	Banjarmangu	4.636	4,33
11	Wanadadi	2.827	2,65
12	Rakit	3.245	3,03
13	Punggelan	10.284	9,61
14	Karangkobar	3.907	3,65
15	Pagentan	4.619	4,32
16	Pejawaran	5.225	4,88
17	Batur	4.717	4,41
18	Wanayasa	8.201	7,67
19	Kalibening	8.378	7,83
20	Pandanarum	5.856	5,47
	<b>Banjarnegara</b>	<b>106.971</b>	<b>100</b>

Sumber: Kabupaten Banjarnegara dalam Angka, 2023

### 3.3.2 Topografi

#### a. Kabupaten Purbalingga

Fisiografi Kabupaten Purbalingga terletak pada daerah perbatasan antara zona Serayu Utara dan zona Vulkanik Kquarter. Karakteristik morfologi wilayah Kabupaten Purbalingga memiliki ketinggian tempat antara 0 – 1.500 meter dari permukaan laut. Menurut klasifikasi ketinggian wilayah Kabupaten Purbalingga masing-masing mempunyai sifat-sifat khusus seperti diuraikan sebagai berikut:

- Daerah Ketinggian 7 – 25 meter dpl

Merupakan daerah potensi persawahan dengan pengairan yang memadai.

- Daerah Ketinggian 25 – 100 meter dpl

Daerah dengan sebagian wilayah masih berpotensi untuk tanah persawahan. Sebagian wilayah ketinggiannya antara 50 – 100 meter dpl berpotensi untuk pertanian tanah kering, mengingat topografi yang lebih besar.

- Daerah Ketinggian 100 – 500 meter dpl

DED Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik  
Regional Kawasan Purbalingga Dan Banjarnegara

Daerah berpotensi utama untuk pertanian tanah kering, mengingat topografi wilayah bergelombang dan berbukit-bukit.

- Daerah Ketinggian 500 – 1.000 meter dpl  
Daerah berpotensi untuk wilayah perkebunan dan baik untuk dikembangkan budidaya tanaman sayur-sayuran, mengingat wilayah tersebut cukup dingin.
- Daerah Ketinggian diatas 1.000 meter dpl  
Daerah yang terbatas untuk usaha pertanian karena topografi wilayah bergelombang. Daerah dengan topografi demikian berpotensi sebagai wilayah non budidaya atau kawasan hutan lindung.

Sedangkan dilihat dari karakteristik topografinya, Kabupaten Purbalingga memiliki topografi yang beragam, dari dataran rendah, daerah perbukitan hingga daerah pegunungan. Karakteristik wilayah berdasarkan kondisi permukaan tanah menunjukkan sebaran sebagai berikut:

- Bagian utara merupakan daerah berbukit-bukit dengan kelerengan > 40%. Daerah ini meliputi Kecamatan Karangreja, Karangjambu, Bobotsari, Karanganyar, Kertanegara, Rembang, sebagian wilayah Kecamatan Kutiasari, Bojongsari dan Mrebet.
- Bagian tengah merupakan daerah dengan kelerengan 25%-40%. Daerah ini meliputi sebagian wilayah Kecamatan Rembang, Karangmoncol, Karangreja dan Bojongsari.
- Bagian selatan merupakan daerah dengan tingkat kemiringan berkisar antara 0 - 25%. Wilayah ini meliputi Kecamatan Kalimanah, Padamara, Purbalingga, Kemangkon, Bukateja, Kejobong, Pengadegan, sebagian wilayah Kecamatan Kutiasari, Bojongsari dan Mrebet.

**Tabel 3. 3**  
**Tinggi Wilayah Kabupaten Purbalingga**

No	Kecamatan	Tinggi wilayah (mdpl)
1	Kemangkon	40
2	Bukateja	46
3	Kejobong	157
4	Pengadegan	120
5	Kaligondang	41
6	Purbalingga	44

No	Kecamatan	Tinggi wilayah (mdpl)
7	Kalimanah	52
8	Padamara	108
9	Kutasari	182
10	Bojongsari	145
11	Mrebet	135
12	Bobotsari	169
13	Karangreja	746
14	Karangjambu	692
15	Karanganyar	152
16	Kertanegara	110
17	Karangmoncol	110
18	Rembang	146

Sumber: Kabupaten Purbalingga dalam

Angka, 2023

### b. Kabupaten Banjarnegara

Wilayah Kabupaten Banjarnegara terletak pada jalur pegunungan di bagian tengah Jawa Tengah sebelah barat yang membujur dari arah barat ke timur. Ditinjau dari ketinggiannya Kabupaten Banjarnegara secara umum terbagi menjadi empat kategori ketinggian lahan sebagai berikut :

- Ketinggian kurang dari 100 m dari permukaan laut sebesar 9,82 % terdapat di daerah Susukan dan Purwareja Klampok
- Ketinggian 100 – 500 m dari permukaan laut sebesar 37,04 % terdapat di daerah Mandiraja, Rakit, Punggelan, Wanadadi, Banjarmangu, Purwanegara, Bawang, Banjarnegara dan Madukara
- Ketinggian antara 500-1.000 m dari permukaan laut sebesar 28,74 % terdapat di daerah Pagedongan, Sigaluh dan Pagentan
- Ketinggian lebih besar dari 1.000 m dari permukaan laut sebesar 24,40 % terdapat didaerah Karangkobar, Pejawaran, Batur, Wanayasa, Kalibening dan Pandanarum.

Kondisi Topografi Kabupaten Banjarnegara ditinjau dari kemiringan wilayah Kabupaten Banjarnegara dikelompokkan dalam tiga kelas yaitu :

- Kelas lereng 1 (Kemiringan 0 – 15%) : 24,61% dari luas Kabupaten Banjarnegara terdapat di daerah Susukan, Purwareja Klampok, Mandiraja, Purwanegara, Pagedongan, Bawang dan Rakit.

- Kelas lereng 2 (kemiringan 15 – 40% ) : 45,04% dari luas wilayah Kabupaten Banjarnegara yaitu daerah Madukara, Banjarmangu, Wanadadi, Punggelan, Karangkobar, Pagentan, Wanayasa dan Kalibening
- Kelas lereng 3 (kemiringan lebih dari 40%) : 30,35% dari luas wilayah Banjarnegara yaitu Susukan, Banjarnegara, Sigaluh, Banjarmangu, Pejawaran dan Batur.

**Tabel 3. 4**  
**Tinggi Wilayah Kabupaten Banjarnegara**

No	Kecamatan	Tinggi wilayah (mdpl)
1	Susukan	80
2	Purworejo Klampok	44
3	Mandiraja	131
4	Purwanegara	157
5	Bawang	149
6	Banjarnegara	289
7	Pagedongan	639
8	Sigaluh	600
9	Madukara	320
10	Banjarmangu	290
11	Wanadadi	239
12	Rakit	180
13	Punggelan	374
14	Karangkobar	1.015
15	Pagentan	935
16	Pejawaran	1.130
17	Batur	1.633
18	Wanayasa	1.135
19	Kalibening	1.049
20	Pandanarum	1.245

Sumber: Kabupaten Banjarnegara dalam Angka, 2023

### 3.3.3 Hidrologi

#### a. Kabupaten Purbalingga

Pada umumnya, sungai-sungai di Kabupaten Purbalingga belum dimanfaatkan secara optimal, baik untuk pengairan tanah pertanian maupun untuk kebutuhan lainnya. Tetapi sungai yang memungkinkan untuk dibuat bendungan, dam dan waduk-waduk kecil lainnya yang tidak banyak mengeluarkan dana, telah dimanfaatkan sebagaimana mestinya untuk pengairan sawah, perikanan dan sebagainya. Debit air sungai itu sendiri dalam setahunnya tidak tetap, karena debit air sungai dipengaruhi oleh curah hujan di

daerah hulu. Sungai di Kabupaten Purbalingga terdiri dari 2 macam aliran, yaitu sungai yang mengalir melewati Kabupaten Purbalingga dan sekitarnya serta sungai yang hanya mengalir di Kabupaten Purbalingga saja. Sungai yang mengalir melewati Kabupaten Purbalingga dan sekitarnya, yaitu sungai Pekacangan, sungai Serayu dan sungai Klawing.

Sedangkan sungai yang hanya mengalir di Kabupaten Purbalingga yaitu :

- |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| • Sungai Ponggawa        | • Sungai Ponggawa        |
| • Sungai Tungtung Gunung | • Sungai Tungtung Gunung |
| • Sungai Gemuruh         | • Sungai Gemuruh         |
| • Sungai Laban           | • Sungai Laban           |
| • Sungai Kajar           | • Sungai Kajar           |
| • Sungai Kuning          | • Sungai Kuning          |
| • Sungai Lembereng       | • Sungai Lembereng       |

b. Kabupaten Banjarnegara

Wilayah Kabupaten Banjarnegara termasuk dalam wilayah aliran Sungai Serayu, Pekacangan, Gintung, Merawu dan Sungai Tulis dengan anak – anak sungainya. Sifat sungai tersebut umumnya adalah prenial (mengalir sepanjang tahun) dan merupakan bagian DAS (Daerah Aliran Sungai) Serayu. Berikut merupakan jumlah mata air dan sungai yang mengalir di daerah resapan Kabupaten Banjarnegara :

- Kecamatan Rakit memiliki 42 mata air yang dialiri oleh Sungai Serayu dan Pekacangan
- Kecamatan Punggelan memiliki 6 mata air yang dialiri oleh Sungai Sungai Pekacangan, Kedawung, Pandanaran, Wujil, Cacaban dan Gintung.
- Kecamatan Wanadadi memiliki 4 mata air yang dialiri oleh Sungai Serayu dan Pekacangan
- Kecamatan Banjarmangu memiliki 9 mata air yang dialiri Pekacangan, Serayu, Merawu, Kandangwangi dan Lumajang
- Kecamatan Madukara memiliki 20 mata air yang dialiri Serayu, Merawu, Langkrang dan Bangbang
- Kecamatan Pagentan memiliki 9 mata air yang dialiri Merawu, Bojong dan Jawar

- Kecamatan Pejawaran memiliki 13 mata air yang dialiri oleh Sungai Bojong, Penaraban, Putih dan Dalak

### 3.3.4 Klimatologi

#### a. Kabupaten Purbalingga

Kondisi klimatologi akan mempengaruhi kondisi lingkungan di suatu wilayah. Kondisi klimatologi meliputi komponen suhu udara, kelembaban udara, tekanan udara, curah hujan, dan hari hujan. Secara umum, curah hujan tertinggi berdasarkan Stasiun Karanganyar di Kabupaten Purbalingga selama tahun 2022 terjadi pada bulan Oktober yang mencapai curah hujan sebesar 655 mm dengan hari hujan sebanyak 25 hari. Sedangkan curah hujan terendah di Kabupaten Purbalingga selama tahun 2022 terjadi pada bulan Mei yang memiliki curah hujan hanya sebesar 230 mm dengan hari hujan hanya sebanyak 17 hari.

**Tabel 3. 5**  
**Banyaknya Curah Hujan Dan Hari Hujan Stasiun Karanganyar di Kabupaten Purbalingga**  
**Tahun 2022**

No	Bulan	Banyaknya hari hujan (hari)	Banyaknya Curah Hujan (mm)
1	Januari	17	235
2	Februari	18	300
3	Maret	24	625
4	April	19	290
5	Mei	17	230
6	Juni	17	420
7	Juli	12	235
8	Agustus	14	320
9	September	19	290
10	Oktober	25	655
11	November	22	295
12	Desember	16	265
	<b>Jumlah</b>	<b>220</b>	<b>4.160</b>

Sumber: Kabupaten Purbalingga dalam Angka, 2023

#### b. Kabupaten Banjarnegara

Secara umum rata-rata curah hujan tertinggi Kabupaten Banjarnegara selama tahun 2022 terjadi pada bulan November yang mencapai curah hujan sebesar 388,7 mm

dengan hari hujan sebanyak 15 hari. Sedangkan curah hujan terendah di Kabupaten Banjarnegara selama tahun 2022 terjadi pada bulan Mei yang memiliki curah hujan hanya sebesar 58,6 mm dengan hari hujan hanya sebanyak 14 hari.

**Tabel 3. 6**  
**Kondisi Unsur Iklim Kabupaten Banjarnegara Tahun 2022**

No	Bulan	Banyaknya hari hujan (hari)	Banyaknya Curah Hujan (mm)
1	Januari	18	244,7
2	Februari	14	92,6
3	Maret	16	262,4
4	April	18	190,1
5	Mei	14	58,6
6	Juni	14	98,8
7	Juli	15	121,7
8	Agustus	21	101,5
9	September	13	333,5
10	Oktober	16	348,6
11	November	15	388,7
12	Desember	13	189,9
	<b>Jumlah</b>	<b>187</b>	<b>2.431,1</b>

Sumber: Kabupaten Banjarnegara dalam Angka, 2023

### 3.3.5 Geologi

#### a. Kabupaten Purbalingga

Dilihat dari jenis tanahnya, Kabupaten Purbalingga memiliki komposisi litologi batuan yang terdiri atas:

1. Alluvium endapan rawa dan danau, terutama tersusun oleh lempung, umumnya bersifat kedap air.
2. Endapan alluvium gunung api, terdiri dari bahan-bahan tak mengeras, mengandung bongkah-bongkah batuan gunung api, tersusun oleh andesit sampai basalt dengan kelulusan terhadap air rendah sampai tinggi
3. Lava andesit berongga asal Gunung Slamet dengan kelulusan terhadap air tinggi sampai sedang.
4. Endapan vulkanik tua yang terdiri dari aliran lava yang bersifat andesit sampai basalt dan breksi. Kelulusan terhadap air rendah sampai sedang.

5. Batu pasir tufaan, batupasir, konglomerat, tufa, breksi dan lempung dengan kelulusan terhadap air rendah.
6. Napal, napal lempungan dan napal globigerina dengan sisipan tipis tufa pasiran, batu gamping pasiran, batu pasir, batu lempung dan lempung tufaan dengan kelulusan terhadap air rendah

Kabupaten Purbalingga memiliki struktur tanah yang bervariasi mulai dari perbukitan sampai pegunungan. Berikut ini adalah jenis tanah yang terdapat di daerah Kabupaten Purbalingga dan penyebarannya:

#### **1. Tanah Alluvial**

Tanah ini biasanya berwarna kelabu, coklat, dan hitam, bersifat peka terhadap erosi, karena merupakan endapan tanah liat dan pasir, maka terdapat di sepanjang sungai yang cukup besar, seperti Sungai Gintung bagian tengah dan hilir, Sungai Klawing, Sungai Pekacangan dan Sungai Serayu bagian tengah dan hilir.

#### **2. Tanah Latosol**

Di Kabupaten Purbalingga tanah latosol dirinci menjadi:

- Tanah Latosol coklat yang berasosiasi dengan negosol coklat
- Tanah Latosol coklat dari bahan induk vulkanik
- Tanah latosol merah kuning, dan
- Tanah Latosol coklat tua

#### **3. Tanah Andosol**

Jenis tanah ini berbentuk dari batuan bekuan dan intermedior, mempunyai sifat peka terhadap erosi, berwarna coklat atau hitam kelabu. Terdapat disekitar puncak Gunung Slamet.

#### **4. Tanah Gromosol**

Tanah ini berbentuk dari endapan liat dan bekuan. Berwarna kelabu sampai hitam, bersifat peka terhadap erosi, dapat dijadikan tanah pertanian dan perkebunan.

#### **5. Tanah Regosol**

Tanah ini berbentuk dari batuan endapan dan bekuan, sangat peka terhadap erosi, kurang baik untuk pertanian.

**Tabel 3. 7**  
**Jenis Tanah di Kabupaten Purbalingga**

Kelas	Jenis Tanah	Deskripsi Terhadap Erosi	Lokasi
I	Alluvial, tanah clay, planosol, hidromorf kelabu, laterit air tanah	Rendah/ Tidak Peka	Kecamatan Kemangkon, Bukateja, Kaligondang, Purbalingga, Kalimanah, Bojongsari, Mrebet, Karanganyar, Kertanegara, Karangmoncol, Rembang
II	Latosol	Sedang/ Agak Peka	Kecamatan Pengadegan, Kejobong, Kaligondang, Padamara, Bojongsari, Kutiasari, Mrebet, Bobotsari, Karangreja, Karangjambu, Karangmoncol, Rembang
III	Kambisol, mediteran, brown forest soil, non caltic brown, mediteran.	Tinggi/ Kurang Peka	-
IV	Andosol, laterit, grumosol, podosol, podsolic.	Sangat Tinggi/ Peka	Kecamatan Karanganyar, Kertanegara, Karangmoncol, Rembang, Kaligondang, Pengadegan, Kejobong, Bukateja, Karangreja, Karangjambu
V	Regosol, litosol, organosol, renzina.	Amat Sangat Tinggi/Sangat peka	Kecamatan Mrebet, Karanganyar, Kertanegara, Bobotsari

Sumber: RPJMD Kabupaten Purbalingga Tahun 2021-2026

### b. Kabupaten Banjarnegara

Kabupaten Banjarnegara memiliki kondisi geologi (jenis tanah, struktur dan gerakan tanah) yang sangat berpengaruh dalam kondisi lingkungan fisik di Kabupaten Banjarnegara dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Tanah alluvial : terdapat di Kecamatan Batur, Karangkobar, Purwareja Klampok dan Wanadadi.
2. Tanah Latosol : terdapat di Kecamatan Susukan, Purwareja Klampok, Purwanegara, Wanadadi, Rakit, Bawang, Sigaluh, Madukara, Banjarnegara, Wanayasa, Pejawaran dan Pagentan.
3. Tanah Andosol : terdapat di Kecamatan Kalibening, Wanayasa, Pejawaran dan Batur
4. Tanah Grumorol : terdapat di Kecamatan Purwanegara, Mandiraja, Kalibening, Karangkobar, Pagentan, dan Banjarnegara
5. Tanah Organosol : terdapat di Kecamatan Batur
6. Tanah litosol : terdapat di Kecamatan Banjarnegara dan Punggelan

7. Formasi Endapan : Banjarnegara termasuk wilayah jalur fisiografi pegunungan Serayu Selatan. Adapun stratigrafi daerah terdiri dari batuan yang tertua yaitu batuan molion yang terdiri dari sekis kristalin, sabak, Serpil hitam, filit, kwarsit dan batu gemping
8. Formasi Batuan :
  - Batuan Graweke dan Lempung hitam tersingkap di daerah Kalitengah sampai Merden
  - Batuan metasedimen tersingkap di daerah Kalitengah hingga daerah Kebutuhan Duwur
9. Batuan filit dan sekis singkapannya banyak ditemukan di lereng selatan pegunungan Serayu Selatan

### 3.3.6 Potensi Bencana Alam

#### a. Kabupaten Purbalingga

Kawasan rawan bencana di Kabupaten Purbalingga berupa kawasan rawan bencana gerakan tanah, kawasan rawan bencana letusan Gunung Api Slamet, kawasan rawan bencana angin topan, dan kawasan rawan bencana banjir. Pada kawasan-kawasan seperti ini perlu dilindungi agar dapat menghindarkan masyarakat dari ancaman bencana yang ada tersebut.

Kawasan rawan bencana tanah gerakan tanah/longsor yang terdapat di Kabupaten Purbalingga, terdiri atas zona kerentanan tingkat menengah yang memiliki kelerengan 30 – 50 %, sedangkan zona tingkat kerentanan tinggi memiliki kelerengan sekitar 50 - 70 % sampai > 70 %. Beberapa diantaranya desa-desa di Kecamatan Kecamatan Karangreja, Kecamatan Karangjambu, Kecamatan Karanganyar, Kecamatan Kertanegara, Kecamatan Karangmoncol, Kecamatan Rembang, Kecamatan Bobotsari, Kecamatan Kaligondang, Kecamatan Pengadegan, Kecamatan Kejobong, Kecamatan Kutiasari, Kecamatan Bojongsari dan Kecamatan Mrebet.

Sedangkan kawasan rawan bencana gunungapi di Kabupaten Purbalingga sebagian wilayah kabupaten termasuk dalam KRB Gunung Api Slamet. Beberapa diantaranya desa - desa di Kecamatan Karangreja, Kecamatan Bojongsari dan Kecamatan Kutiasari.

Kawasan rawan bencana angin topan di Kabupaten Purbalingga meliputi seluruh wilayah kabupaten. Sementara itu, kawasan rawan bencana banjir di Kabupaten Purbalingga meliputi sebagian Kecamatan Kemangkon; sebagian Kecamatan Bukateja; sebagian Kecamatan Kaligondang; sebagian Kecamatan Purbalingga; sebagian Kecamatan Kutasari; sebagian Kecamatan Bobotsari; sebagian Kecamatan Karanganyar; sebagian Kecamatan Karangmoncol; sebagian Kecamatan Rembang; sebagian Kecamatan Karangjambu; dan sebagian Kecamatan Kertanegara.

b. Kabupaten Banjarnegara

Jenis bencana alam di Kabupaten Banjarnegara yang rawan terjadi yaitu longsor, gas beracun, kekeringan dan banjir. Daerah – daerah rawan bencana dapat dipetakan sebagai berikut :

1. Kawasan rawan longsor. Mayoritas wilayah di Kabupaten Banjarnegara merupakan kawasan/daerah rawan bencana longsor. Dari 20 Kecamatan yang daerahnya tidak termasuk kategori rawan longsor yaitu Kecamatan Rakit, Wanadadi, Purwareja Klampok dan Banjarnegara.
2. Kawasan rawan gas beracun meliputi :
  - a) Kecamatan Batur;
  - b) Kecamatan Wanayasa; dan
  - c) Kecamatan Pejawaran.
3. Kawasan rawan kekeringan meliputi :
  - a) Kecamatan Susukan;
  - b) Kecamatan Mandiraja;
  - c) Kecamatan Purwanegara;
  - d) Kecamatan Bawang;
  - e) Kecamatan Punggelan;
  - f) Kecamatan Pagedongan; dan
  - g) Kecamatan Madukara.
4. Kawasan rawan banjir meliputi :
  - a) Kecamatan Kalibening;
  - b) Kecamatan Pejawaran;

- c) Kecamatan Susukan; dan
- d) Kecamatan Purwareja Klampok.

### **3.4 Kondisi Sosial Ekonomi dan Kesehatan Masyarakat**

#### **3.4.1 Kependudukan**

##### a. Kabupaten Purbalingga

Penduduk Kabupaten Purbalingga tahun 2022 berjumlah 1.019.840 yang terdiri dari 515.842 laki-laki dan 503.998 perempuan, dengan demikian rasio jenis kelamin 102,35. Banyaknya keluarga mencapai 343.907 atau rata-rata anggota per rumah tangga 3 orang. Kecamatan dengan kepadatan tertinggi adalah Kecamatan Purbalingga dengan kepadatan 3.897 jiwa/km<sup>2</sup>, dan kecamatan dengan kepadatan terendah adalah Kecamatan Karangjambu dengan kepadatan 624 jiwa/km<sup>2</sup>.

**Tabel 3. 8**

**Jumlah Penduduk, Kepadatan Penduduk Dan Laju Pertumbuhan Penduduk Kabupaten Purbalingga Tahun 2022**

No	Kecamatan	Luas (km <sup>2</sup> )	Jumlah Penduduk (jiwa)	Kepadatan (jiwa/km <sup>2</sup> )	Laju Pertumbuhan (%)
1	Kemangkon	4.513	65.402	1.449	1,59
2	Bukateja	4.240	80.006	1.887	1,38
3	Kejobong	3.999	52.023	1.301	1,44
4	Pengadegan	4.175	41.833	1.002	1,09
5	Kaligondang	5.054	67.024	1.326	1,28
6	Purbalingga	1.472	57.364	3.897	- 0,21
7	Kalimanah	2.251	58.813	2.613	1,13
8	Padamara	1.727	47.721	2.763	1,45
9	Kutasari	5.290	66.894	1.265	1,45
10	Bojongsari	2.925	64.147	2.193	0,95
11	Mrebet	4.789	79.789	1.666	1,40
12	Bobotsari	3.228	54.158	1.678	0,90
13	Karangreja	7.449	47.758	641	1,36
14	Karangjambu	4.609	28.778	624	1,42
15	Karanganyar	3.055	40.919	1.339	1,17
16	Kertanegara	3.802	37.997	999	1,65
17	Karangmoncol	6.027	59.777	992	1,20
18	Rembang	9.159	69.437	758	1,27
	<b>Kabupaten Purbalingga</b>	<b>77.764</b>	<b>1.019.840</b>	<b>1.311</b>	<b>1,21</b>

Sumber: Kabupaten Purbalingga dalam Angka, 2023

### b. Kabupaten Banjarnegara

Jumlah Penduduk Kabupaten Banjarnegara Tahun 2022 sebanyak 1.038.718 jiwa, terdiri dari 521.576 laki-laki dan 517.142 perempuan, yang berarti mengalami kenaikan sebesar 11.852 jiwa atau sebesar 1,15 persen dari jumlah penduduk tahun 2021 sebanyak 1.026.866 jiwa. Kepadatan penduduk hasil tahun 2022 sebesar 971 jiwa per km<sup>2</sup>, yang berarti bahwa setiap 1 km<sup>2</sup> luas wilayah Kabupaten Banjarnegara, dihuni oleh sekitar 971 orang. Kecamatan dengan kepadatan tertinggi adalah Kecamatan Banjarnegara dengan kepadatan 2.674 jiwa/km<sup>2</sup>, dan kecamatan dengan kepadatan terendah adalah Kecamatan Pandanarum dengan kepadatan 398 jiwa/km<sup>2</sup>.

**Tabel 3. 9**

**Jumlah Penduduk, Kepadatan Penduduk Dan Laju Pertumbuhan Penduduk Kabupaten Banjarnegara Tahun 2022**

No	Kecamatan	Luas (Ha)	Jumlah Penduduk (jiwa)	Kepadatan (jiwa/km <sup>2</sup> )	Laju Pertumbuhan (%)
1	Susukan	5.266	64.312	1 221	1,40
2	Purworejo Klampok	2.187	48.777	2 230	1,30
3	Mandiraja	5.262	80.398	1 528	1,60
4	Purwanegara	7.387	84.103	1 139	1,55
5	Bawang	5.521	64.806	1 174	1,28
6	Banjarnegara	2.624	70.164	2 674	0,57
7	Pagedongan	8.055	43.019	534	1,66
8	Sigaluh	3.956	32.467	821	0,87
9	Madukara	4.820	46.699	969	0,94
10	Banjarmangu	4.636	47.186	1 018	1,08
11	Wanadadi	2.827	34.241	1 211	1,15
12	Rakit	3.245	54.746	1 687	1,11
13	Punggelan	10.284	88.688	862	1,43
14	Karangkobar	3.907	32.080	821	0,89
15	Pagentan	4.619	38.688	838	0,74
16	Pejawaran	5.225	45.139	864	0,76
17	Batur	4.717	41.315	876	0,73
18	Wanayasa	8.201	51.287	625	0,87
19	Kalibening	8.378	47.270	564	1,11
20	Pandanarum	5.856	23.333	398	1,01
	<b>Kabupaten Banjarnegara</b>	<b>106.971</b>	<b>1.038.718</b>	<b>971</b>	<b>1,15</b>

Sumber: Kabupaten Banjarnegara dalam Angka, 2023

### 3.4.2 Sosial, Ekonomi, Budaya

#### a. Pendidikan

##### 1. Kabupaten Purbalingga

Untuk mengetahui seberapa besar partisipasi penduduk usia sekolah pada tingkat pendidikan tertentu dapat dilihat dari Angka Partisipasi Murni (APM). Di Kabupaten Purbalingga tahun 2022, APM pada jenjang pendidikan SD/MI sebesar 93,7, sementara pada jenjang pendidikan SMP/MTs sebesar 80,32, APM pada jenjang pendidikan SMA/ SMK/MA sebesar 57,08. Secara umum, APM akan selalu lebih rendah dari APK karena APK memperhitungkan jumlah penduduk di luar usia sekolah pada jenjang pendidikan yang bersangkutan.

Angka Partisipasi Kasar (APK) sendiri digunakan untuk mengukur keberhasilan program pembangunan pendidikan yang diselenggarakan dalam rangka memperluas kesempatan bagi penduduk untuk mengenyam pendidikan. APK Kabupaten Purbalingga tahun 2022 pada jenjang pendidikan SD/MI sebesar 107,19, sementara pada jenjang pendidikan SMP/MTs sebesar 97,10 dan APK pada jenjang pendidikan SMA/SMK/MA sebesar 71,77.

**Tabel 3. 10**  
**APM dan APK Menurut Jenjang Pendidikan Di Kabupaten Purbalingga 2021-2022**

Jenjang Pendidikan	APM		APK	
	2020	2021	2020	2021
SD/MI/Sederajat	96,3	93,7	108,46	107,19
SMP/MTs/Sederajat	80,96	80,32	92,96	97,1
SMA/MA/Sederajat	56,5	57,08	69,89	71,77

Sumber: Kabupaten Purbalingga Dalam Angka, 2023

##### 2. Kabupaten Banjarnegara

APM pada jenjang pendidikan SD/MI di Kabupaten Banjarnegara tahun 2022 sebesar 99,96, sementara pada jenjang pendidikan SMP/MTs sebesar 79,19, APM pada jenjang pendidikan SMA/ SMK/MA sebesar 50,44. APK Kabupaten Banjarnegara tahun 2022 pada jenjang pendidikan SD/MI sebesar 103,03, sementara pada jenjang pendidikan SMP/MTs sebesar 93,42 dan APK pada jenjang pendidikan SMA/SMK/MA sebesar 68,95.

**Tabel 3. 11**  
**APM dan APK Menurut Jenjang Pendidikan Di Kabupaten Banjarnegara 2021-2022**

Jenjang Pendidikan	APM		APK	
	2020	2021	2020	2021
SD/MI/Sederajat	96,79	99,96	101,10	103,03
SMP/MTs/Sederajat	79,69	79,19	100,82	93,42
SMA/MA/Sederajat	50,82	50,44	70,02	68,95

Sumber: Kabupaten Banjarnegara Dalam Angka, 2023

### b. Mata Pencaharian

#### 1. Kabupaten Purbalingga

Berdasarkan Kabupaten Purbalingga dalam Angka Tahun 2023, penduduk usia 15 tahun keatas yang merupakan angkatan kerja sebanyak 538.507, sedangkan yang bukan angkatan kerja sebanyak 194.496. Penduduk yang bekerja sebanyak 510.319 terdiri dari 286.156 laki-laki dan 224.163 perempuan. Menurut lapangan pekerjaan utama di Kabupaten Purbalingga, lapangan pekerjaan bidang manufaktur merupakan lapangan pekerjaan dengan jumlah pekerja terbanyak yaitu sebesar 214.078 penduduk.

**Tabel 3. 12**  
**Jumlah Penduduk Berumur 15 Tahun Keatas Menurut Jenis Kegiatan dan Jenis Kelamin di Kabupaten Purbalingga, 2022**

Kegiatan Utama	Laki-laki	Perempuan	Total
<b>Angkatan Kerja</b>	<b>305.217</b>	<b>233.290</b>	<b>538.507</b>
Bekerja	286.156	224.163	510.319
Pengangguran Terbuka	19.061	9.127	28.188
<b>Bukan Angkatan Kerja</b>	<b>54.493</b>	<b>140.003</b>	<b>194.496</b>
Sekolah	19.431	19.067	38.498
Mengurus Rumah Tangga	15.429	106.050	121.479
Lainnya	19.633	14.886	34.519
<b>Jumlah</b>	<b>359.710</b>	<b>373.293</b>	<b>733.003</b>

Sumber : Kabupaten Purbalingga dalam Angka, 2023

**Tabel 3. 13**  
**Jumlah Penduduk Berumur 15 Tahun Keatas Menurut Lapangan Pekerjaan Utama Kabupaten Purbalingga Tahun 2022**

No	Lapangan Pekerjaan Utama	Laki-laki (jiwa)	Perempuan (jiwa)	Jumlah
1	Pertanian	79.018	25.580	104.598

No	Lapangan Pekerjaan Utama	Laki-laki (jiwa)	Perempuan (jiwa)	Jumlah
2	Manufaktur	105.279	108.799	214.078
3	Jasa	101.859	89.784	191.643
	<b>Jumlah</b>	<b>286.156</b>	<b>224.163</b>	<b>510.319</b>

Sumber: Kabupaten Purbalingga dalam Angka, 2023

## 2. Kabupaten Banjarnegara

Berdasarkan Kabupaten Banjarnegara dalam Angka Tahun 2023, penduduk usia 15 tahun keatas yang merupakan angkatan kerja sebanyak 520.962, sedangkan yang bukan angkatan kerja sebanyak 200.916. Penduduk yang bekerja sebanyak 487.714 terdiri dari 287.190 laki-laki dan 200.524 perempuan.

**Tabel 3. 14**

### Jumlah Penduduk Berumur 15 Tahun Keatas Menurut Jenis Kegiatan dan Jenis Kelamin di Kabupaten Banjarnegara, 2022

Kegiatan Utama	Laki-laki	Perempuan	Total
<b>Angkatan Kerja</b>	<b>310 826</b>	<b>210 136</b>	<b>520 962</b>
Bekerja	287 190	200 524	487 714
Pengangguran Terbuka	23 636	9 612	33 248
<b>Bukan Angkatan Kerja</b>	<b>50 048</b>	<b>150 868</b>	<b>200 916</b>
Sekolah	22 101	15 885	37 986
Mengurus Rumah Tangga	10 994	120 427	131 421
Lainnya	16 953	14 556	31 509
<b>Jumlah</b>	<b>360 874</b>	<b>361 004</b>	<b>721 878</b>

Sumber : Kabupaten Banjarnegara dalam Angka, 2023

Lapangan pekerjaan utama di Kabupaten Banjarnegara paling banyak sebagai buruh/karyawan/pegawai sebesar 144.218 orang. Sedangkan penduduk yang berwirausaha sebanyak 136.160 orang. Dan yang lainnya sebagai pengusaha, di pekerja bebas, pekerja keluarga, dan lain-lain.

**Tabel 3. 15**

### Penduduk Berumur 15 Tahun Ke Atas yang Bekerja Menurut Status Pekerjaan Utama dan Jenis Kelamin di Kabupaten Banjarnegara, 2022

Status Pekerjaan Utama	Laki-Laki	Perempuan	Jumlah
Berusaha sendiri	79.450	56.710	136.160
Berusaha dibantu buruh tidak tetap/buruh tidak dibayar	45.571	12.284	57.855
Berusaha dibantu buruh tetap/buruh dibayar	17.243	1.347	18.590
Buruh/Karyawan/Pegawai	84.015	60.203	144.218

<b>Status Pekerjaan Utama</b>	<b>Laki-Laki</b>	<b>Perempuan</b>	<b>Jumlah</b>
Pekerja bebas	44.283	15.872	60.155
Pekerja keluarga/tak dibayar	16.628	54.108	70.736
<b>Jumlah/Total</b>	<b>287.190</b>	<b>200.524</b>	<b>487.714</b>

Sumber: Kabupaten Banjarnegara dalam Angka, 2023

### c. Perekonomian Makro

#### 1. Kabupaten Purbalingga

Salah satu indikator penting untuk mengetahui kondisi ekonomi di suatu wilayah dalam suatu periode tertentu ditunjukkan oleh data Produk Domestik Regional Bruto (PDRB). Nilai PDRB merupakan hasil penjumlahan nilai tambah bruto seluruh sektor ekonomi yang dihasilkan selama satu tahun. Hasil perhitungan sangat sementara angka PDRB Lapangan Usaha Atas Dasar Harga Konstan Kabupaten Purbalingga Tahun 2022 tercatat sebesar 18.690,73 Miliar rupiah, angka ini mengalami peningkatan jika dibandingkan tahun 2021 yang sebesar 17.731,44 Miliar rupiah.

**Tabel 3. 16**

**Perkembangan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Atas Dasar Harga Konstan Menurut Lapangan Usaha Kabupaten Purbalingga Tahun 2018–2022 (Miliar Rp)**

No	Lapangan Usaha	2017	2018	2019	2020*	2021**
A.	Pertanian, Kehutanan & Perikanan	4.257,06	4.322,80	4.405,20	4.458,13	4.649,11
B.	Pertambangan dan Penggalian	674,32	704,79	709,83	742,76	718,75
C.	Industri Pengolahan	4.264,06	4.576,29	4.572,03	4.745,58	4.923,99
D.	Pengadaan Listrik dan Gas	10,26	10,84	11,19	11,86	12,34
E.	Pengadaan Air,Pengelolaan Sampah, Limbah dan Daur Ulang	20,63	21,74	21,92	22,88	23,09
F.	Konstruksi	1.035,41	1.100,16	1.076,08	1.150,83	1.167,12
G.	Perdagangan Besar dan Eceran; Reparasi Mobil dan Sepeda Motor	2.278,74	2.426,91	2.328,01	2.460,15	2.556,26
H.	Transportasi dan Pergudangan	602,02	656,94	461,29	473,71	814,26
I.	Penyediaan Akomodasi dan Makan Minum	425,02	467,79	459,35	479,73	540,09
J.	Informasi dan Komunikasi	430,39	480,52	529,11	559,58	573,70

No	Lapangan Usaha	2017	2018	2019	2020*	2021**
K.	Jasa Keuangan dan Asuransi	362,77	375,94	382,04	390,61	393,48
L.	Real Estate	205,68	217,37	217,36	222,17	228,20
M. N.	Jasa Perusahaan	31,27	34,70	33,72	34,74	36,66
O.	Administrasi Pemerintahan, Pertahanan & Jaminan Sosial Wajib	434,62	450,86	449,83	448,12	454,41
P.	Jasa Pendidikan	885,25	952,92	950,80	952,76	973,92
Q.	Jasa Kesehatan dan Kegiatan Sosial	184,35	197,24	209,37	209,62	214,32
R.S. T.U	Jasa lainnya	356,86	389,78	365,76	368,21	411,02
<b>PDRB</b>		<b>16.458,71</b>	<b>17.387,61</b>	<b>17.182,87</b>	<b>17.731,44</b>	<b>18.690,73</b>

Keterangan: \* Angka Sementara

\*\* Angka Sangat Sementara

Sumber: Kabupaten Purbalingga dalam Angka, 2023

## 2. Kabupaten Banjarnegara

Perekonomian Kabupaten Banjarnegara berdasarkan besaran Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) atas dasar harga konstan menurut lapangan usaha tahun 2022 mencapai 16.359,11 Miliar Rupiah. Lapangan usaha yang memberikan kontribusi terbesar adalah sektor Pertanian, Kehutanan, dan Perikanan sebesar 4.604,68 Miliar Rupiah. Kontribusi terbesar kedua disumbang oleh sektor Perdagangan Besar dan Eceran; Reparasi Mobil dan Sepeda Motor sebesar 2.711,05 Miliar Rupiah.

**Tabel 3. 17**  
**Perkembangan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Atas Dasar Harga Konstan**  
**Menurut Lapangan Usaha Kabupaten Banjarnegara**  
**Tahun 2018–2022 (Miliar Rp)**

No	Lapangan Usaha	2017	2018	2019	2020*	2021**
A.	Pertanian, Kehutanan & Perikanan	4.118,61	4.259,48	4.389,95	4.433,51	4 604,68
B.	Pertambangan dan Penggalian	765,99	790,94	793,91	825,80	774,02
C.	Industri Pengolahan	1.966,57	2.109,46	2.068,49	2.162,88	2 264,05
D.	Pengadaan Listrik dan Gas	5,11	5,43	5,55	5,86	6,08
E.	Pengadaan Air, Pengelolaan Sampah, Limbah dan Daur Ulang	6,84	7,13	7,29	7,70	7,79

No	Lapangan Usaha	2017	2018	2019	2020*	2021**
F.	Konstruksi	1.012,81	1.066,57	1.064,51	1.145,23	1 165,93
G.	Perdagangan Besar dan Eceran; Reparasi Mobil dan Sepeda Motor	2.430,27	2.579,71	2.455,38	2.604,99	2 711,05
H.	Transportasi dan Pergudangan	626,65	670,73	477,71	492,24	810,94
I.	Penyediaan Akomodasi Mak-Min	311,43	339,82	318,75	338,01	387,68
J.	Informasi dan Komunikasi	578,67	642,84	716,46	759,43	777,49
K.	Jasa Keuangan dan Asuransi	406,49	420,08	429,24	435,23	437,22
L.	Real Estate	258,80	271,35	270,17	275,92	288,22
M.N.	Jasa Perusahaan	57,51	63,51	59,11	60,93	64,55
O.	Administrasi Pemerintahan, Pertahanan & Jaminan Sosial Wajib	491,85	504,08	496,67	493,08	501,29
P.	Jasa Pendidikan	838,81	902,91	897,46	897,86	913,09
Q.	Jasa Kesehatan dan Kegiatan Sosial	196,37	210,08	223,92	224,20	229,61
R.S.T.U	Jasa lainnya	365,36	402,73	371,30	373,61	415,40
<b>PDRB</b>		<b>14 438,15</b>	<b>15.246,87</b>	<b>15.045,88</b>	<b>15.536,48</b>	<b>16.359,11</b>

Keterangan: \* Angka Sementara

\*\* Angka Sangat Sementara

Sumber: Kabupaten Banjarnegara dalam Angka, 2023

### 3.4.3 Kondisi Kemiskinan

#### a. Kabupaten Purbalingga

Jumlah penduduk miskin di Kabupaten Purbalingga sebanyak 153,08 ribu jiwa pada tahun 2021 jumlah tersebut mengalami penurunan menjadi 145,33 ribu jiwa pada tahun 2022 dengan garis kemiskinan sebesar 407.849 rupiah. Besar kecilnya jumlah penduduk miskin dipengaruhi oleh ukuran garis kemiskinan, karena penduduk miskin adalah penduduk yang memiliki rata-rata pengeluaran per kapita per bulan di bawah garis kemiskinan.

**Tabel 3. 18**  
**Jumlah Penduduk Miskin di Kabupaten Purbalingga Tahun 2014–2022**

Tahun	Garis Kemiskinan (rupiah/kapita/bulan)	Jumlah Penduduk Miskin (ribu)	Persentase Penduduk Miskin
2014	275 022	176,04	19,75
2015	283 366	176,49	19,70
2016	301 862	171,78	18,98
2017	313 343	171,90	18,80

Tahun	Garis Kemiskinan (rupiah/kapita/bulan)	Jumlah Penduduk Miskin (ribu)	Persentase Penduduk Miskin
2018	324 735	144,16	15,62
2019	355 702	140,07	15,03
2020	375 199	149,50	15,90
2021	384 183	153,08	16,24
2022	407 849	145,33	15,30

Sumber : Kabupaten Purbalingga Dalam Angka, 2023

#### b. Kabupaten Banjarnegara

Jumlah penduduk miskin di Kabupaten Banjarnegara sebanyak 150,19 ribu jiwa pada tahun 2021 atau sebesar 16,23% dari total penduduk Kabupaten Banjarnegara jumlah tersebut mengalami penurunan menjadi 141,25 ribu jiwa atau sebesar 15,20% dari total penduduk Kabupaten Banjarnegara pada tahun 2022 dengan garis kemiskinan sebesar 351.333 rupiah.

**Tabel 3. 19**  
**Jumlah Penduduk Miskin di Kabupaten Banjarnegara Tahun 2014–2022**

Tahun	Garis Kemiskinan (rupiah/kapita/bulan)	Jumlah Penduduk Miskin (ribu)	Persentase Penduduk Miskin
2014	229 718	159,47	17,77
2015	236 399	165,36	18,37
2016	252 328	158,20	17,46
2017	264 387	156,83	17,21
2018	278 210	141,72	15,46
2019	301 792	136,10	14,76
2020	318 334	144,95	15,64
2021	328 679	150,19	16,23
2022	351 333	141,25	15,20

Sumber : Kabupaten Banjarnegara Dalam Angka, 2023

#### 3.4.4 Kesehatan Masyarakat

##### a. Kabupaten Purbalingga

Menurut Kabupaten Purbalingga Dalam Angka Tahun 2022, kasus penyakit diare balita Kabupaten Purbalingga Tahun 2022 sebanyak 5.136 kasus. Jumlah kasus terbanyak bayi yang terkena diare pada Tahun 2022 berada di Kecamatan Rembang dengan jumlah kasus sebanyak 497 kasus. Selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 3. 20.

**Tabel 3. 20**  
**Jumlah Kasus Penyakit Diare Balita Menurut Kecamatan Kabupaten Purbalingga Tahun 2022**

No	Kecamatan	2023 (jiwa)	No	Kecamatan	2023 (jiwa)
1	Kemangkon	125	12	Bobotsari	258
2	Bukateja	148	13	Karangreja	174
3	Kejobong	193	14	Karangjambu	154
4	Pengadegan	188	15	Karanganyar	96
5	Kaligondang	268	16	Kertanegara	155
6	Purbalingga	90	17	Karangmoncol	217
7	Kalimanah	110	18	Rembang	497
8	Padamara	133	19	RS/Sumber Lain	1.547
9	Kutasari	204		<b>Kabupaten Purbalingga</b>	<b>5.136</b>
10	Bojongsari	171			
11	Mrebet	408			

Sumber: Kabupaten Purbalingga Dalam Angka Tahun 2023

#### b. Kabupaten Banjarnegara

Menurut Kabupaten Banjarnegara Dalam Angka Tahun 2022, kasus penyakit diare di Kabupaten Banjarnegara Tahun 2022 sebanyak 17.347 kasus, jumlah tersebut mengalami kenaikan yang cukup signifikan dibanding dengan Tahun 2021 yang sebanyak 6.500 kasus. Jumlah kasus terbanyak bayi yang terkena diare pada Tahun 2022 berada di Kecamatan Punggelan dengan jumlah kasus sebanyak 1.516 kasus. Selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 3. 21.

**Tabel 3. 21**  
**Jumlah Kasus Penyakit Diare Menurut Kecamatan Kabupaten Banjarnegara Tahun 2022**

No	Kecamatan	2022	No	Kecamatan	2022
1	Susukan	1.135	15	Pagentan	666
2	Purwareja.Klampok	842	16	Pejawaran	782
3	Mandiraja	1.363	17	Batur	650
4	Purwanegara	1.434	18	Wanayasa	641
5	Bawang	1.100	19	Kalibening	641
6	Banjarnegara	1.170	20	Pandanarum	388
7	Pagedongan	720		<b>Kabupaten.Banjarnegara</b>	<b>17.347</b>
8	Sigaluh	601		Tahun.2021	<b>6.500</b>
9	Madukara	789		Tahun.2020	<b>9.048</b>
10	Banjarmangu	802		Tahun.2019	<b>16.147</b>
11	Wanadadi	585		Tahun.2018	<b>18.112</b>
12	Rakit	967			
13	Punggelan	1.516			
14	Karangkobar	553			

Sumber: Kabupaten Banjarnegara Dalam Angka, 2023

### **3.5 Kondisi Eksisting Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik**

Pengelolaan air limbah domestik pada Kawasan Kabupaten Purbalingga dan Kabupaten Banjarnegara dibagi menjadi 5 aspek. Lima aspek tersebut terdiri dari aspek pengaturan, aspek kelembagaan, aspek peran serta masyarakat, aspek keuangan dan aspek teknis-teknologis.

#### **3.5.1 Aspek Pengaturan**

##### **a. Kabupaten Purbalingga**

Belum terdapat produk hukum di Kabupaten Purbalingga yang berhubungan dengan pengelolaan air limbah.

##### **b. Kabupaten Banjarnegara**

Kabupaten Banjarnegara telah memiliki peraturan pengelolaan air limbah domestik sejak Tahun 2020 yaitu Peraturan Daerah Kabupaten Banjarnegara Nomor 2 Tahun 2020 tentang Pengelolaan Air Limbah Domestik. Menurut Peraturan Daerah Kabupaten Banjarnegara Nomor 2 Tahun 2020 Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik yang selanjutnya disingkat SPALD adalah serangkaian kegiatan pengelolaan air limbah domestik dalam satu kesatuan dengan sarana dan prasarana pengelolaan air limbah domestik.

Peraturan Daerah ini bertujuan untuk :

- a. mengendalikan pembuangan air limbah domestik;
- b. tercapainya kualitas air limbah domestik yang memenuhi baku mutu;
- c. menjaga, melindungi, dan mempertahankan kualitas air tanah dan air permukaan sehingga dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya;
- d. meningkatkan derajad kesehatan masyarakat; dan
- e. meningkatkan upaya pelestarian fungsi lingkungan hidup dalam menunjang pembangunan berkelanjutan yang berwawasan lingkungan.

### 3.5.2 Aspek Kelembagaan

#### a. Kabupaten Purbalingga

Lembaga pengelola air limbah domestik berada di Dinas Perumahan Dan Permukiman (Dinrumkim). Hal ini Berdasarkan Peraturan Bupati Purbalingga Nomor 81 Tahun 2016 tentang Kedudukan, Susunan Organisasi, Tugas Dan Fungsi Serta Tata Kerja Dinas Perumahan Dan Permukiman Kabupaten Purbalingga. Lebih spesifik pada Bidang Permukiman , Seksi Prasarana Air Minum dan Penyehatan Lingkungan.

Bidang Permukiman mempunyai tugas perumusan konsep dan pelaksanaan kebijakan, pengoordinasian, pemantauan, evaluasi serta pelaporan bidang Pengembangan dan Peningkatan Kawasan Permukiman serta Prasarana Air Minum dan Penyehatan Lingkungan. Bidang Permukiman menyelenggarakan fungsi:

- 1) Penyediaan konsep bahan legislasi produk pengembangan permukiman;
- 2) Pengoordinasian penerbitan izin pembangunan dan pengembangan kawasan permukiman yang meliputi teknis perencanaan pembangunan, perbaikan dan peremajaan permukiman, sanitasi permukiman dan sarana serta prasana lingkungannya;
- 3) Pelaksanaan kegiatan pembangunan dan pengembangan kawasan permukiman;
- 4) Penataan dan peningkatan kualitas kawasan permukiman kumuh dengan luas di bawah 10 (sepuluh) Ha;
- 5) Pelaksanaan kegiatan pencegahan perumahan dan penanganan kawasan permukiman kumuh;
- 6) Penyusunan data base pembangunan dan pengembangan kawasan permukiman;
- 7) Penyusunan data base kegiatan pencegahan perumahan dan penanganan kawasan permukiman kumuh;
- 8) Pengelolaan dan pengembangan Sistem Pengelolaan Air Minum (SPAM) dan Sistem Penyediaan Air Bersih (SIPAS);
- 9) Pengelolaan dan pengembangan sistem air limbah domestik;
- 10) Pengelolaan dan pengembangan sistem drainase lingkungan;
- 11) Pelaksanaan fungsi kedinasan lain yang diberikan oleh Kepala Dinas

Seksi Prasarana Air Minum dan Penyehatan Lingkungan mempunyai tugas melakukan penyiapan bahan perumusan, pengoordinasian, pelaksanaan, pemantauan, evaluasi serta pelaporan meliputi pengelolaan dan pengembangan Sistem Pengelolaan Air Minum (SPAM) dan Sistem Penyediaan Air Bersih (SIPAS), pengelolaan dan pengembangan sistem air limbah domestik, Instalasi Pengelolaan Air Limbah (IPAL) komunal dan pengelolaan, sanitasi/penyehatan lingkungan dan pengembangan sistem drainase lingkungan.



**Gambar 3. 1**  
**Struktur Organisasi Dinas Perumahan Dan Permukiman Kabupaten Purbalingga**

*Sumber: Peraturan Bupati Purbalingga Nomor 81 Tahun 2016*

### b. Kabupaten Banjarnegara

Lembaga pengelola air limbah domestik berada di Dinas Perumahan Kawasan Permukiman dan Lingkungan Hidup. Hal ini Peraturan Bupati Banjarnegara Nomor 96 Tahun 2018 tentang Keududukan Susunan Organisasi Tugas dan Fungsi serta Tata Kerja Dinas Perumahan Kawasan Permukiman dan Lingkungan Hidup Kabupaten Banjarnegara. Lebih spesifik pada Bidang Sarana dan Prasarana Perumahan dan Permukiman ,Seksi Sanitasi.

Bidang Sarana dan Prasarana Perumahan dan Permukiman memiliki tugas:

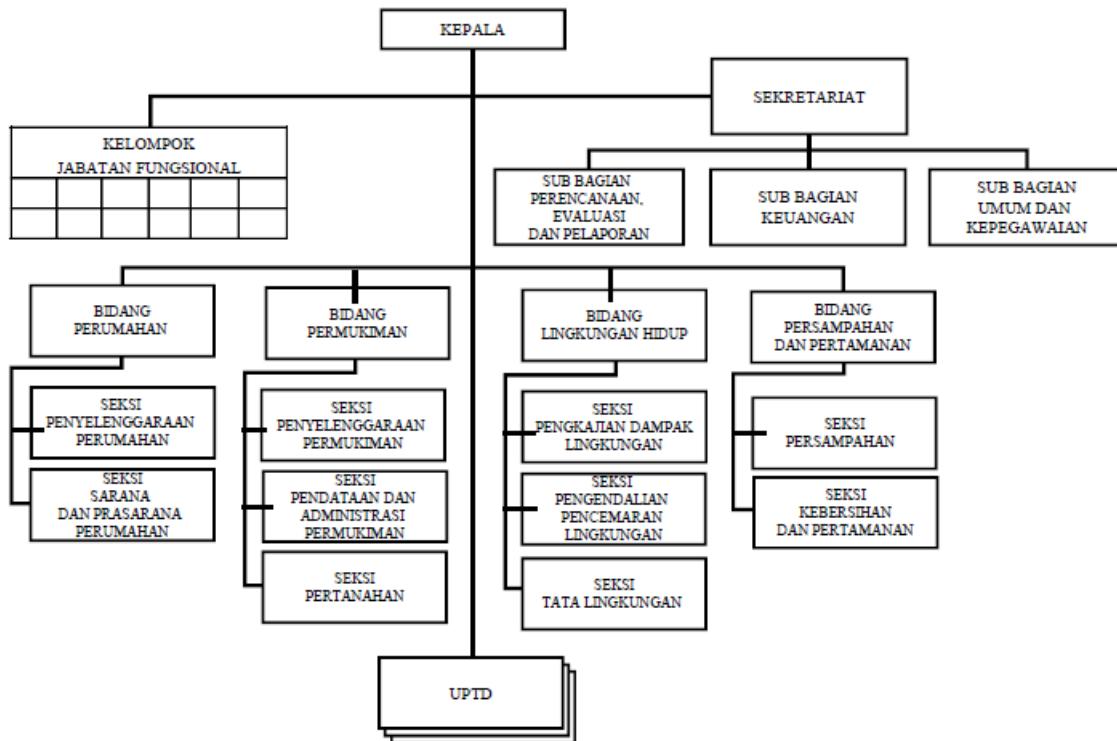
- 1) Menyusun rencana dan program kegiatan Bidang Sarana dan Prasarana Perumahan dan Permukiman berdasarkan peraturan perundang-undangan dan hasil evaluasi kegiatan tahun sebelumnya sebagai pedoman pelaksanaan tugas;
- 2) Menelaah dan mengkaji peraturan perundang- undangan sesuai lingkup tugasnya sebagai bahan perumusan kebijakan teknis serta pedoman pelaksanaan tugas;
- 3) Melaksanakan koordinasi dan konsultasi dengan unit kerja dinas guna terwujud sinkronisasi dan harmonisasi pelaksanaan tugas;
- 4) Menyusun kebijakan teknis, petunjuk pelaksanaan dan naskah dinas lingkup bidang Sarana dan Prasarana Perumahan dan Permukiman sebagai dasar pelaksanaan kegiatan; memverifikasi konsep Standar Operasional Prosedur (SOP) dan Standar Pelayanan (SP) pelaksanaan tugas bidang Sarana dan Prasarana Perumahan dan Permukiman dalam melaksanakan tugas agar diperoleh hasil kerja yang optimal;
- 5) Mengarahkan pelaksanaan penyelenggaraan prasarana, sarana dan utilitas umum (PSU) perumahan untuk pengelolaan air bersih;
- 6) Mengarahkan pelaksanaan penyelenggaraan prasarana, sarana dan utilitas umum (PSU) perumahan untuk pengelolaan sanitasi;
- 7) Melaksanakan koordinasi dalam pelaksanaan pembinaan dan pengawasan internal pemerintah di lingkungan dinas sesuai dengan ketentuan peraturan perundang- undangan yang berlaku agar kegiatan dapat berjalan lancar;
- 8) Melaksanakan pemantauan, evaluasi dan pelaporan pelaksanaan tugas sebagai wujud pertanggungjawaban;
- 9) Mengarahkan dan menilai kinerja bawahan dengan mengevaluasi hasil kerja bawahan untuk meningkatkan prestasi kerja;
- 10) Melaksanakan tugas kedinasan lain yang diberikan oleh pimpinan sesuai dengan tugas dan fungsinya.

Kepala Seksi Sanitasi memiliki tugas:

- 1) Menyusun rencana dan program kegiatan Seksi Sanitasi berdasarkan peraturan perundang- undangan dan hasil evaluasi kegiatan tahun sebelumnya sebagai pedoman pelaksanaan tugas;

- 2) Menelaah dan mengkaji peraturan perundang- undangan sesuai lingkup tugasnya sebagai bahan perumusan kebijakan teknis serta pedoman pelaksanaan tugas;
- 3) Melaksanakan koordinasi dan konsultasi di lingkungan Bidang Sarana dan Prasarana Permakaman dan Permukiman guna terwujud sinkronisasi dan harmonisasi pelaksanaan tugas;
- 4) Menyusun konsep kebijakan teknis, petunjuk pelaksanaan dan naskah dinas lingkup Seksi Sanitasi sebagai dasar pelaksanaan kegiatan;
- 5) Menyusun konsep Standar Operasional Prosedur (SOP) dan Standar Pelayanan (SP) pelaksanaan tugas Seksi Sanitasi agar diperoleh hasil kerja yang optimal;
- 6) Melaksanakan pembinaan, pengawasan, evaluasi dan pengendalian prasarana, sarana dan utilitas umum (PSU) perumahan untuk pengelolaan sanitasi.
- 7) Melaksanakan pembinaan dan pengawasan internal pemerintah di lingkungan dinas sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku agar kegiatan dapat berjalan dengan lancar;
- 8) Melaksanakan pemantauan, evaluasi dan pelaporan pelaksanaan tugas sebagai wujud pertanggungjawaban;
- 9) Melaksanakan penilaian kinerja bawahan dengan mengevaluasi hasil kerja bawahan untuk meningkatkan prestasi kerja; dan
- 10) Melaksanakan tugas kedinasan lain yang diberikan oleh pimpinan sesuai dengan tugas dan fungsinya.

BAGAN ORGANISASI DINAS PERUMAHAN, KAWASAN PERMUKIMAN DAN LINGKUNGAN HIDUP  
KABUPATEN BANJARNEGARA



**Gambar 3. 2**  
**Struktur Organisasi Dinas Perumahan, Kawasan Permukiman dan Lingkungan Hidup**  
**Kabupaten Banjarnegara**

Sumber: Peraturan Bupati Banjarnegara Nomor 96 Tahun 2018

### 3.5.3 Aspek Peran Serta Masyarakat/Swasta/Perguruan Tinggi

#### a. Kabupaten Purbalingga

Dalam penanganan air limbah domestik di Kabupaten Purbalingga, masyarakat telah melakukan berbagai upaya, antara lain:

1. Sebagian warga sudah sadar untuk pentingnya membangun tangka septik pada rumah yang dibangun. Walaupun masih membuang air limbah dari kegiatan cuci dan mandi dibuang ke saluran drainase lingkungan.
2. Kerja bakti untuk membersihkan saluran drainase lingkungan juga dilakukan secara mandiri oleh masyarakat.
3. Terdapat 40 KSM (Kelompok Swadaya Masyarakat) yang mengelola IPAL skala permukiman dan MCK Umum.

## b. Kabupaten Banjarnegara

Dalam penanganan air limbah domestik di Kabupaten Banjarnegara, masyarakat telah melakukan berbagai upaya, antara lain:

1. Sebagian warga sudah sadar untuk pentingnya membangun tangka septik pada rumah yang dibangun. Walaupun masih membuang air limbah dari kegiatan cuci dan mandi dibuang ke saluran drainase lingkungan.
2. Kerja bakti untuk membersihkan saluran drainase lingkungan juga dilakukan secara mandiri oleh masyarakat.
3. Terdapat 14 KSM (Kelompok Swadaya Masyarakat) yang mengelola 14 IPAL skala permukiman di Kabupaten Banjarnegara.

**Tabel 3. 22**  
**KSM Pengelola IPAL Skala Permukiman Kabupaten Banjarnegara**

No	Nama KSM	Desa/Kelurahan	Tahun	JML KK	JML JIWA	JML SR
1	KSM Bala Dewa	Desa Pasegeran Kec. Pandanarum	2019	50	330	50
2	KSM Aji Makmur	Desa Beji Kec. Pandanarum	2019	50	215	50
3	KSM Maja Sehat	Desa Majatengah Kec. Kalibening	2019	50	231	50
4	KSM Jaten Jaya	Desa kesenet Kec. Banjarmangu	2019	50	215	50
5	KSM Bangun Sehat	Desa Paseh Kec. Banjarmangu	2019	50	251	50
6	KSM Wikarsa	Desa Wanakarsa Kec. Wanadadi	2019	50	231	50
7	KSM Manggar Sari	Desa Bondolharjo Kec. Punggelan	2019	50	263	50
8	KSM Jambe Sehat	Desa Karangjambe Kec. Wanadadi	2019	50	245	50
9	KSM Kecepit Sehat	Desa Kecepit Kec. Punggelan	2019	50	161	50
10	KSM Klapa Desa Sehat	Desa Klapa Kec. Punggelan	2019	50	208	50
11	KSM Barokah	Desa Gumiwang Kec. Purwanegara	2019	50	393	50
12	KSM Bolang Sari	Desa Pagedongan Kec. Pagedongan	2019	50	290	50
13	KSM Binorong Sehat	Desa Binorong Kec. Bawang	2019	50	200	50
14	KSM Jambu Aer Sehat	Desa Sered Kec. Madukara	2019	50	205	50
15	KSM Jadi Djaya	Desa Sirkandi Kec. Purwareja Klampok	2019	50	250	50
16	KSM Tirta Nawa Cipta	Kel. Karangtengah Kec. Banjarnegara	2019	12	24	12
17	KSM Sida Waras	Desa Bantarwatu Kec. Madukara	2019	50	200	50
18	KSM Margi Mulya	Desa Gununggiana Kec. Madukara	2019	50	200	50
<b>Jumlah</b>				<b>862</b>	<b>4.112</b>	<b>862</b>
1	KSM Desa Berta	Desa Berta Kec. Susukan	2020	50	143	50
2	KSM Kaligara	Desa Kalibening Kec. Kalibening	2020	50	200	50
3	KSM Dadi Sehat	Desa Wanadadi Kec. Wanadadi	2020	50	222	50
<b>Jumlah</b>				<b>150</b>	<b>565</b>	<b>150</b>
1	KSM Mugi Rahayu	Kelurahan Argasoka Kec. Banjarnegara	2021	47	188	47
2	KSM Guyup Rukun	Kelurahan Sokanandi Kec. Banjarnegara	2021	55	220	55

No	Nama KSM	Desa/Kelurahan	Tahun	JML KK	JML JIWA	JML SR
3	KSM Pemuda Lereng Serayu Rejasari	Kelurahan Krandegan Kecamatan Banjarnegara	2021	60	240	60
4	KSM Abdi Mulya	Kel. Kutabanjarnegara Kec Banjarnegara	2021	47	188	47
5	KSM Mbangun Desa	Desa Jalatunda Kecamatan Mandiraja	2021	50	200	50
6	KSM Limbah Sari	Desa Kaliajur Kecamatan Purwanegara	2021	42	168	42
7	KSM Garu Langit	Desa Sawal Kecamatan Sigaaluh	2021	60	240	60
8	KSM Bogenfil	Desa Banjarkulon Kecamatan Banjarmangu	2021	48	192	48
9	KSM Desa Tanjunganom	Desa Tanjunganom Kecamatan Rakit	2021	49	196	49
10	KSM Sumber Sehat	Desa Sumberejo Kecamatan Batur	2021	96	384	96
11	KSM BIOPASS	Desa Pasurenan Kecamatan Batur	2021	80	360	80
12	KSM Karya Bakti	Desa Suwidak Kecamatan Wanayasa	2021	54	216	54
13	KSM Alam Lestari	Desa Susukan Kecamatan Wanayasa	2021	50	200	50
14	KSM Babadan Sabara	Desa Babadan Kecamatan Pagentan (APBD)	2021	34	136	34
<b>Jumlah</b>				<b>772</b>	<b>3.128</b>	<b>772</b>

Sumber: Dinas Perumahan, Kawasan Permukiman dan Lingkungan Hidup Kabupaten Banjarnegara, 2022

### 3.5.4 Aspek Keuangan

#### a. Kabupaten Purbalingga

Pendanaan sektor pengelolaan air limbah domestik di Kabupaten Purbalingga dari Tahun 2016 - 2020 sangat fluktuatif. Berikut adalah ringkasan belanja dari sub sektor air limbah domestik Kabupaten Purbalingga. Selengkapnya dapat dilihat pada Tabel IV.21.

**Gambar 3. 3**

#### Perhitungan Pertumbuhan Pendanaan APBD Kabupaten Purbalingga untuk Sanitasi

No.	Uraian	Belanja Sanitasi (Rp)					Rata-rata Pertumbuhan
		2016	2017	2018	2019	2020	
1.	Belanj Sanitasi						
1.1.	Air Limbah Domestik	9.582.709.550	12.000.000	20.710.000	20.710.000	94.691.296	0,73
1.2.	Sampah Domestik	2.455.464.500	227.150.000	604.303.000	6.400.059.350	19.858.198	1,66
2.	Dana Alokasi Khusus						
2.1.	DAK Sanitasi	81.873.000	0	0	2.287.207.500	0	26,94
2.2.	DAK Lingkungan Hidup	609.587.500	0	0	806.046.200	0	0,32

No.	Uraian	Belanja Sanitasi (Rp)					Rata-rata Pertumbuhan
		2016	2017	2018	2019	2020	
2.3	DAK Perumahan dan Permukiman	0	0	3.009.924.450	2.433.370.000	570.690.317	-0,19
3.	Pinjaman/ Hibah untuk Sanitasi	4.798.202.578	295.309.000	3.814.127.016	900.000.000	0	0,73

Sumber: SSK Kabupaten Purbalingga, 2021

### b. Kabupaten Banjarnegara

Pendanaan sektor pengelolaan air limbah domestik di Kabupaten Banjarnegara dari Tahun 2017 - 2021 sangat fluktuatif. Berikut adalah ringkasan belanja dari sub sektor air limbah domestik Kabupaten Banjarnegara. Selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 3. 23.

**Tabel 3. 23**

### Perhitungan Pertumbuhan Pendanaan APBD Kabupaten Banjarnegara untuk Sanitasi

No.	Uraian	TAHUN ANGGARAN (Dalam juta)					Keterangan
		2017	2018	2019	2020*)	2021**)	
1.	Pendapatan	Rp2.171.660	Rp2.068.580	Rp2.119.669	Rp2.020.168	Rp 2.109.230	
2.	Belanja	Rp2.354.524	Rp2.229.880	Rp2.223.325	Rp2.097.526	Rp 2.177.798	
3.	Belanja Langsung	Rp1.089.590	Rp 977.318	Rp 913.238	Rp 847.832		
4.	Sektor Air Limbah	Rp 7.863	Rp 4.275	Rp 7.383	Rp 1.250	Rp 5.422	
	Pembinaan Pengelolaan Air Limbah	Rp 190	Rp -	Rp 66	Rp 0		DPKPLH, DISPERMADES
	Rehab/ Pemeliharaan	Rp 400					DPKPLH
	Pembangunan Sistem/ Penyediaan Sarpras	Rp 3.313	Rp 3.413	Rp 1.332		Rp 150	DPKPLH
	Hibah Sanitasi/DAK	Rp 3.960	Rp 829	Rp 5.960	Rp 1.250	Rp 5.265	DPKPLH
	Penamping DAK		Rp 33	Rp 25		Rp 7	DPKPLH
5.	Persentase Anggaran Air Limbah/ Sanitasi terhadap Belanja Langsung Daerah	0,72%	0,44%	0,81%	0,15%		

Sumber : APBD Perubahan Kabupaten Banjarnegara, 2017-2021

Keterangan :

\*) APBD Perubahan Tahun 2020, Anggaran Pembangunan Sektor Air Limbah/ Sanitasi berkurang dengan adanya Refocusing untuk Penanganan Pandemi Covid-19, seperti alokasi DAK dari Rp. 8.360.000.000; menjadi Rp. 1.250.000.000; dan pendamping DAK yang direfocusing kegiatannya

\*\*) APBD Tahun 2021 jenis Belanja tidak lagi terbagi Belanja Langsung dan Belanja Tidak langsung. Klasifikasi Belanja terdiri dari Belanja Operasi, Belanja Modal, Belanja Tidak Terduga dan Belanja Transfer

### 3.5.5 Aspek Teknis-Teknologis

Sistem air limbah domestik yang dikelola oleh masyarakat (rumah tangga) terbatas pada pelayanan pembuangan air limbah kakus (*black water*) yang berasal dari jamban dengan cara ditampung dalam tangki septik dan cubluk. Sedangkan air limbah non-kakus (*grey water*) dialirkan kesaluran drainase, kebun atau lahan kosong yang ada di sekitar pemukiman. Disamping itu masih dijumpai pembuangan langsung ke badan air ataupun lahan-lahan kosong yang ada disekitar pemukiman.

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 4/PRT/M/2017 tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik, pengolahan air limbah domestik dibagi menjadi 2, yaitu:

#### 3.5.5.1 Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Setempat (SPALD-S)

##### a. Kabupaten Purbalingga

Prasarana pengelolaan limbah di lingkungan permukiman/perumahan di Kabupaten Purbalingga sebagian besar merupakan pengelolaan SPALD-S berupa *septictank* di tiap rumah. Instalasi pengelolaan limbah mandiri ini rata-rata memiliki fungsi hanya pembuangan air limbah kakus (*black water*), sementara air limbah non kakus (*grey water*) yang berasal dari dapur dan kamar mandi hunian dibuang melalui saluran drainase lingkungan yang ada. Sub-sistem pengolahan SPALD-S, berdasarkan **kapasitas pengolahan** terdiri atas:

a) Skala Individu

Skala Individual dapat berupa Cubluk Kembar, Tangki Septik dengan bidang resapan, biofilter dan unit pengolahan air limbah fabrikasi. Sistem setempat skala individual umumnya digunakan untuk menangani air limbah kakus (*black water*). Untuk wilayah perkotaan akses aman baru mencapai 0,8%; tidak layak (individu dan bersama) 22,2%; tidak layak 4,2%; dan BABs terbuka mencapai 2,7%. Sedangkan untuk wilayah perdesaan akses aman baru mencapai 0,4% ; akses layak (individu dan bersama) 55,20%; belum layak mencapai 9,8% dan BABs terbuka mencapai 5%.

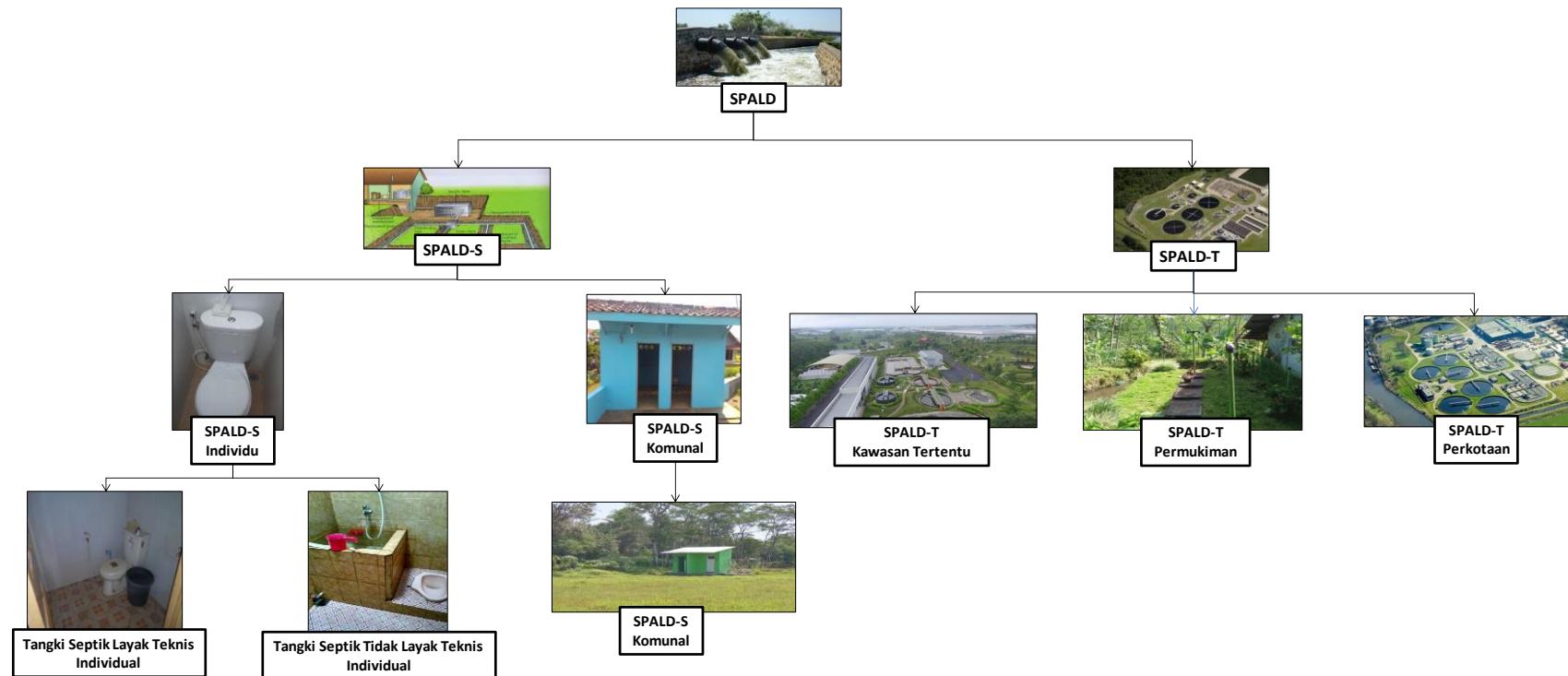
Detail tentang capaian akses air limbah doemstik dapat dilihat pada tabel IV.19

b) Skala Komunal

Penggunaan skala komunal untuk pengelolaan air limbah domestik dapat berupa MCK Umum dan/atau septik tank bersama yang dapat melayani 2-10 KK. Pelayanan skala komunal yang ada di Kabupaten Purbalingga berupa MCK umum dan MCK++. Persentase masyarakat Kabupaten Purbalingga yang menggunakan jamban Bersama/umum sebesar 13,9%.

c) IPLT

Kabupaten Purbalingga belum memiliki pengolahan lumpur tinja.



**Gambar 3. 4**  
**Pembagian SPALD**

Sumber: Tim Penyusun, 2022

**Tabel 3. 24**  
**Capaian Akses Air Limbah Domestik Kabupaten Purbalingga**

No.	Sistem	Cakupan layanan eksisting (%)
<b>Wilayah Perkotaan</b>		
A	<b>Akses Aman</b>	0,80%
B	<b>Akses Layak (Tidak Termasuk Akses Aman)</b>	
-	Akses Layak Individu (Tidak Termasuk Aman)	18,60%
-	Akses Layak Bersama	3,60%
C	<b>Akses Belum Layak*</b>	4,20%
-	<b>BABS Tertutup</b>	
D	<b>BABS di Tempat Terbuka</b>	2,70%
<b>Wilayah Perdesaan</b>		
A	<b>Akses Aman</b>	0,40%
B	<b>Akses Layak (Tidak Termasuk Akses Aman)</b>	
-	Akses Layak Individu (Tidak Termasuk Aman)	44,20%
-	Akses Layak Bersama	10,40%
-	Akses Layak Khusus Perdesaan (Leher Angsa - Cubluk)	0,80%
C	<b>Belum Layak</b>	9,80%
D	<b>BABS Tertutup</b>	
E	<b>BABS di Tempat Terbuka</b>	5%
<b>Total</b>		<b>100%</b>

Sumber: SSK Kabupaten Purbalingga, 2021

**Tabel 3. 25**  
**SPALDS-Sub Sistem Pengolahan Setempat**

No.	Deskripsi	Persentase
1	Aman	
-	Persentase RT menggunakan tangki septik individual aman (yang pernah disedot dan dibuang ke IPLT)	0%
-	Persentase RT menggunakan tangki septik komunal aman (yang pernah disedot dan dibuang ke IPLT)	0%
2	Layak	
-	Persentase RT menggunakan jamban bersama/MCK	13,90%
-	Persentase RT terkoneksi ke tangki septik (komunal atau individu) layak	63,79%
3	Persentase RT menggunakan fasilitas yang belum layak	
4	Persentase RT yang BABS terselubung	
5	Persentase RT yang BABS di tempat terbuka	7,65%

Sumber: SSK Kabupaten Purbalingga, 2021

### b. Kabupaten Banjarnegara

Prasarana pengelolaan limbah di lingkungan permukiman/perumahan di Kabupaten Banjarnegara sebagian besar merupakan pengelolaan SPALD-S berupa *septic tank* di tiap rumah. Instalasi pengelolaan limbah mandiri ini rata-rata memiliki fungsi hanya pembuangan air limbah kakus (*black water*), sementara air limbah non kakus (*grey water*) yang berasal dari dapur dan kamar mandi hunian dibuang melalui saluran drainase lingkungan yang ada. Sub-sistem pengolahan SPALD-S, berdasarkan **kapasitas pengolahan** terdiri atas:

a) Skala Individu

Skala Individual dapat berupa penggunaan jamban sehat permanan (JSP), jamban semi sehat permanan (JSSP), penggunaan jamban Bersama/sharing dan masih danya BABs di Kabupaten Bajarnegara.

Kepemilikan jamban pribadi berupa JSP terbanyak yaitu Kecamatan Purwanegara (14.703 KK), diikuti Kecamatan Mandiraja (14.310 KK) dan Kecamatan Banjarnegara (12.549 KK). Untuk kepemilikan JSSP terbanyak yaitu Kecamatan Klampok (5.426 KK), diikuti Kecamatan Rakit (3.806 KK) dan Kecamatan Mandiraja (2.575 KK). Sedangkan yang memiliki jamban pribadi terendah yaitu di Kecamatan Pagedongan (232 KK).

Penggunaan jamban bersama atau sharing terbesar di Kecamatan Klampok (3.103 KK), diikuti Kecamatan Mandiraja (1.832 KK), sedangkan penggunaan jamban bersama terendah di Kecamatan Batur (90 KK).

Tingkat BABs atau Buang Air Besar Sembarangan terbesar di Kecamatan Punggelan (6.325 KK) dan Kecamatan Pejawaran (5.871KK). Sedangkan tingkat BABs terendah berada di Kecamatan Klampok, Sigaluh dan Susukan yaitu hingga 0 KK.

**Tabel 3. 26**  
**Jumlah SPALD-S Skala Individu Kabupaten Banjarnegara Tahun 2022**

No	Kecamatan	Jumlah KK	Progres JSP	Progres JSSP	Progres Sharing	Progres OD/BABs	Akses Jamban	%
1	Banjarmangu	12.344	6669	1038	1159	3478	8866	71,82
2	Banjarnegara	17.620	12.549	1856	378	2837	14783	83,90
3	Batur	9.172	3914	490	90	4678	4494	49,00
4	Bawang	15.030	8784	2565	1757	1924	13106	87,20
5	Kalibening	16.531	8678	2209	519	5125	11406	69,00

No	Kecamatan	Jumlah KK	Progres JSP	Progres JSSP	Progres Sharing	Progres OD/BABs	Akses Jamban	%
6	Karangkobar	8.267	2875	1863	456	3073	5194	62,83
7	Madukara	12.855	8188	1543	564	2560	10295	80,09
8	Mandiraja	21.244	14310	2575	1832	2527	18717	88,10
9	Pagedongan	10.115	6000	232	267	3616	6499	64,25
10	Pagentan	9.425	5210	550	583	3082	6343	67,30
11	Pandanarum	6.495	1671	1651	146	3027	3468	53,39
12	Pejawaran	12.415	5642	587	315	5871	6544	52,71
13	Punggelan	21.479	12130	2293	731	6325	15154	70,55
14	Purwanegara	22.152	14703	1579	1584	4286	17866	80,65
15	Klampok	13.516	4987	5426	3103	0	13516	100,00
16	Rakit	10.180	1509	3806	456	4409	5771	56,69
17	Sigaluh	7847	6442	364	1041	0	7847	100,00
18	Susukan	14.571	11234	2069	1268	0	14571	100,00
19	Wanadadi	9.547	6672	1710	395	770	8777	91,93
20	Wanayasa	12.119	4640	1697	510	5272	6847	56,50
<b>Jml Kabupaten</b>		<b>270692</b>	<b>150508</b>	<b>36353</b>	<b>17243</b>	<b>66588</b>	<b>204104</b>	<b>75,40</b>

Sumber: Dinas Kesehatan Kabupaten Banjarnegara Tahun 2022

#### Keterangan

- JSP : *Jamban Sehat Permanen*  
 JSSP : *Jamban Semi Sehat Permanen*  
 Sharing : *Tangki Septik Bersama*  
 OD (*Open Defecation*) : *BABs*

#### b) Skala Komunal

Penggunaan skala komunal untuk pengelolaan air limbah domestik dapat berupa MCK Umum dan/atau septic tank bersama yang dapat melayani 2-10 KK. Pelayanan skala komunal yang ada di Kabupaten Banjarnegara berupa MCK umum dan MCK++. Pemerintah Kabupaten Banjarnegara juga telah membangun WC umum untuk digunakan secara komunal. WC umum tersebut biasanya terdapat pada areal pasar. Untuk areal permukiman, golongan masyarakat yang berpenghasilan menengah ke atas telah memiliki WC secara individu. Untuk masyarakat golongan menengah ke bawah kebanyakan belum memiliki WC secara individu.

**Tabel 3. 27**  
**Lokasi Rencana Pembangunan Tangki Septik Komunal**  
**Di Kabupaten Banjarnegara**

No	Kecamatan	Desa
1	2	3
1	Susukan	Guemelem Wetan
2	Mandiraja	Somawangi
3	Pagedongan	Twelagiri

No	Kecamatan	Desa
4	Sigaluh	Panawaren
5	Sigaluh	Prigi
6	Madukara	Pagelak
7	Madukara	Pakelen
8	Punggelan	Tanjungtirta
9	Pagentan	Plumbungan
10	Pejawaran	Darmayasa
11	Batur	Batur
12	Batur	Bakal
13	Wanayasa	Jatilawang
14	Pandanarum	Pandanarum
15	Pandanarum	Sirongge

Sumber: DPKPLH Kabupaten Banjarnegara, 2022

c) IPLT

Kabupaten Banjarnegara belum memiliki pengolahan lumpur tinja.

### 3.5.5.2 Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T)

#### a. Kabupaten Purbalingga

Cakupan pelayanan SPALD-T di Kabupaten Purbalingga terdiri dari:

a) Skala Perkotaan

Pada saat ini Kabupaten Purbalingga belum memiliki SPALD-T Skala Perkotaan.

b) Skala Permukiman

Pada saat ini Kabupaten Purbalingga sudah memiliki IPALD Skala Permukiman sebanyak 40 unit yang tersebar di 7 kecamatan. IPALD Skala Permukiman di Kabupaten Purbalingga sudah melayani 3.191 SR atau 15.955 jiwa. Pembangunan IPALD Skala Permukiman di Kabupaten Purbalingga memakai anggaran APBN dan DAK dari Tahun 2012.

c) Skala Kawasan tertentu

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 4/PRT/M/2017 tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik, SPALD-T Skala Kawasan tertentu diperuntukkan untuk kawasan komersial dan kawasan rumah susun. Sedangkan Kabupaten Purbalingga belum mempunyai SPALD-T skala kawasan tertentu.

**Tabel 3. 28**  
**IPAL Permukiman Kabupaten Purbalingga**

No.	Kecamatan	Kelurahan/Desa	Tahun Pembangunan	Jumlah Layanan (KK)	Perpipaan/MCK/MCK+	Pembiasayaan (APBD/APBN)
1.	Kalimanah	1 Babakan	2012	141	IPAL Komunal	APBN
		2 Kalimanah Wetan	2012	103	IPAL Komunal	APBN
		3 Karangpetir	2012	119	IPAL Komunal	APBN
		4 Kedungwuluh	2012	91	IPAL Komunal	APBN
		5 Mewek	2012	77	IPAL Komunal	APBN
		6 Selabaya	2012	65	IPAL Komunal	APBN
		7 Blater	2013	86	IPAL Komunal dgn Perpipaan	APBN
		8 Grecol	2013	91	IPAL Komunal dgn Perpipaan	APBN
		9 Jompo	2013	81	IPAL Komunal dgn Perpipaan	APBN
		10 Kalimanah Kulon	2013	89	IPAL Komunal + Perpipaan	APBN
		11 Karangsari	2013	94	IPAL Komunal + Perpipaan	APBN
		12 Manduraga	2013	62	IPAL Komunal + Perpipaan	APBN
		13 Rabak	2013	62	IPAL Komunal + Perpipaan	APBN
		14 Kalikabong	2014	59	IPAL Komunal + Perpipaan	APBN
		15 Klapasawit	2014	80	IPAL Komunal + Perpipaan	APBN
		16 Sidakangen	2014	76	IPAL Komunal + Perpipaan	APBN
2.	Padamara	1 Bojanegara	2012	75	IPAL Komunal	APBN
		2 Kalitinggar	2012	121	IPAL Komunal	APBN
		3 Karangjambe	2012	95	IPAL Komunal	APBN
		4 Padamara	2012	88	IPAL Komunal	APBN
		5 Prigi	2012	98	IPAL Komunal	APBN
		6 Karanggambas	2013	67	IPAL Komunal + Perpipaan	APBN
		7 Purbayasa	2013	55	IPAL Komunal + Perpipaan	APBN
		8 Dawuhan	2014	41	IPAL Komunal + Perpipaan	APBN
		9 Karangpule	2014	69	IPAL Komunal + Perpipaan	APBN
		10 Mipiran	2014	53	IPAL Komunal + Perpipaan	APBN
3.	Purbalingga	1 Bojong	2012	90	IPAL Komunal	APBN
		2 Jatisaba	2012	52	Kombinasi IPAL Komunal dan MCK	APBN
		3 Kandang Gampang	2012	112	IPAL Komunal	APBN
		4 Kedung Menjangan	2012	80	IPAL Komunal	APBN
		5 Kembaran Kulon	2012	147	MCK Komunal	APBN
		6 Penambongan	2012	54	IPAL Komunal	APBN
		7 Purbalingga Kidul	2012	102	IPAL Komunal	APBN
		8 Bancar	2013	70	IPAL Komunal + Perpipaan	APBN
		9 Purbalingga Kulon	2013	65	IPAL Komunal + Perpipaan	APBN

No.	Kecamatan	Kelurahan/Desa	Tahun Pembangunan	Jumlah Layanan (KK)	Perpipaan/MCK/MCK+	Pembiasaan (APBD/APBN)
		10 Purbalingga Wetan	2013	81	IPAL Komunal + Perpipaan	APBN
4.	Kaligondang	1 Pagerandong	2016	50	IPAL Komunal	DAK
5.	Kemangkon	1 Kemangkon	2016	50	IPAL Komunal	DAK
6.	Rembang	1 Sumampir	2016	50	IPAL Komunal	DAK
7.	Pengadegan	1 Panunggalan	2020	50	IPAL Komunal	DAK
<b>Total</b>		<b>40</b>		<b>3.191</b>		

Sumber: SSK Kabupaten Purbalingga, 2021

**Tabel 3. 29**  
**Analisis Gap Pencapaian Akses Air Limbah Domestik Berdasarkan Target RPJMN 2020-2024**

No	Komponen	Target RPJMN 2020-2024 (%)	Target - 2024 (%)		Target Jangka Pendek Kab. Purbalingga	Capaian (%) Tahun:2020	GAP (%) Terhadap Target 2024	GAP (%) Terhadap Target Jangka Pendek
			Provinsi Jawa Tengah	Kab. Purbalingga				
1	Akses Aman	15%	20,00%	15,00%	15,00%	1,20%	13,80%	13,80%
2	Akses Layak	90%	95,00%	92,60%	92,60%	78,80%	13,80%	13,80%
-	Akses Layak Individu (Tidak Termasuk Aman)	0%	0,00%	40,00%	40,00%	62,80%	-22,80%	-22,80%
-	Akses Layak Bersama	0%	0,00%	7,00%	7,00%	14,00%	-7,00%	-7,00%
-	Akses Layak Khusus Perdesaan (Leher Angsa - Cubluk)	0%	0,00%	30,60%	30,60%	0,80%	29,80%	29,80%
3	Belum Layak	0%	0,00%	0,00%	0,00%	14,00%	-14,00%	-14,00%
4	BABS Tertutup							
5	BABS di Tempat Terbuka	0%	0,00%	0,00%	0,00%	7,80%	-7,80%	-7,80%

Sumber: SSK Kabupaten Purbalingga, 2021

Berdasarkan SSK Tahun 2021, capaian air limbah domestik untuk akses layak tahun 2020 sebesar 78,8% dengan perincian 0,8% akses layak perdesaan dan akses layak individu sebesar 62,8%, dan akses layak bersama sebesar 14%. Target yang dibuat untuk jangka pendek yaitu 15% akses aman di dalam 92,6% akses layak, serta 0% akses belum layak. Kemudian target jangka menengah yang dibuat yaitu 15% akses aman di dalam 92,6% akses layak dan 0% belum layak. Sementara itu BABS di tempat terbuka saat ini sudah mendapat

0% sehingga perlu dipertahankan hingga ke depannya. Tahapan pengembangan air limbah Kabupaten Purbalingga dapat ditampilkan sebagai berikut:

**Tabel 3. 30**  
**Tahapan Pengembangan Air Limbah Kabupaten Purbalingga**

No	Sistem	Cakupan Layanan Eksisting (%)	Target Cakupan Layanan (%)	
			Jangka Pendek	Jangka Menengah
1	BABS di Tempat Terbuka	7,8	0	0
2	BABS di Tempat Tertutup	0	0	0
3	Akses Belum Layak	14	0	0
4	Akses Layak	78,8	92,6	92,6
5	Akses Aman	1,2	15	15

Sumber: SSK Kabupaten Purbalingga, 2021

### b. Kabupaten Banjarnegara

Cakupan pelayanan SPALD-T di Kabupaten Banjarnegara terdiri dari:

- a) Skala Perkotaan

Pada saat ini Kabupaten Banjarnegara belum memiliki SPALD-T Skala Perkotaan.

- b) Skala Permukiman

Sudah terdapat data IPAL Permukiman di Kabupaten Banjarnegara. Dapat dilihat pada table dibawah ini :

**Tabel 3. 31**  
**IPAL Permukiman Kabupaten Banjarnegara**

No	Desa/Kelurahan	Tahun	JML KK	JML JIWA	JML SR
1	Desa Pasegeran Kec. Pandanarum	2019	50	330	50
2	Desa Beji Kec.Pandanarum	2019	50	215	50
3	Desa Majatengah Kec. Kalibening	2019	50	231	50
4	Desa kesenet Kec. Banjarmangu	2019	50	215	50
5	Desa Paseh Kec. Banjarmangu	2019	50	251	50
6	Desa Wanakarsa Kec. Wanadadi	2019	50	231	50
7	Desa Bondolharjo Kec. Punggelan	2019	50	263	50
8	Desa Karangjambe Kec. Wanadadi	2019	50	245	50
9	Desa Kecepit Kec. Punggelan	2019	50	161	50
10	Desa Klapa Kec. Punggelan	2019	50	208	50
11	Desa Gumiwang Kec. Purwanegara	2019	50	393	50
12	Desa Pagedongan Kec. Pagedongan	2019	50	290	50

No	Desa/Kelurahan	Tahun	JML KK	JML JIWA	JML SR
13	Desa Binorong Kec. Bawang	2019	50	200	50
14	Desa Sered Kec. Madukara	2019	50	205	50
15	Desa Sirkandi Kec. Purwareja Klampok	2019	50	250	50
16	Kel. Karangtengah Kec. Banjarnegara	2019	12	24	12
17	Desa Bantarwaru Kec. Madukara	2019	50	200	50
18	Desa Gununggiana Kec. Madukara	2019	50	200	50
<b>Jumlah</b>			<b>862</b>	<b>4.112</b>	<b>862</b>
1	Desa Berta Kec. Susukan	2020	50	143	50
2	Desa Kalibening Kec Kalibening	2020	50	200	50
3	Desa Wanadadi Kec. Wanadadi	2020	50	222	50
<b>Jumlah</b>			<b>150</b>	<b>565</b>	<b>150</b>
1	Kelurahan Argasoka Kec. Banjarnegara	2021	47	188	47
2	Kelurahan Sokanandi Kec. Banjarnegara	2021	55	220	55
3	Kelurahan Krandegan Kecamatan Banjarnegara	2021	60	240	60
4	Kel. Kutabanjarnegara Kec Banjarnegara	2021	47	188	47
5	Desa Jalatunda Kecamatan Mandiraja	2021	50	200	50
6	Desa Kaliajur Kecamatan Purwanegara	2021	42	168	42
7	Desa Sawal Kecamatan Sigaaluah	2021	60	240	60
8	Desa Banjarkulon Kecamatan Banjarmangu	2021	48	192	48
9	Desa Tanjunganom Kecamatan Rakit	2021	49	196	49
10	Desa Sumberejo Kecamatan Batur	2021	96	384	96
11	Desa Pasurenan Kecamatan Batur	2021	80	360	80
12	Desa Suwidak Kecamatan Wanayasa	2021	54	216	54
13	Desa Susukan Kecamatan Wanayasa	2021	50	200	50
14	Desa Babadan Kecamatan Pagentan (APBD)	2021	34	136	34
<b>Jumlah</b>			<b>772</b>	<b>3.128</b>	<b>772</b>

Sumber: DPKPLH Kabupaten Banjarnegara, 2022

**Tabel 3. 32**  
**Rencana IPAL Permukiman Kabupaten Banjarnegara**

No	Kecamatan	Desa
1	2	3
1	Bawang	Mantrianom
2	Bawang	Bawang
3	Bawang	Gemuruh
4	Wanadadi	Karangkemiri

Sumber: DPKPLH Kabupaten Banjarnegara, 2022

c) Skala Kawasan tertentu

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 4/PRT/M/2017 tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik, SPALD-T Skala Kawasan tertentu diperuntukkan untuk kawasan komersial dan kawasan rumah susun. Sedangkan Kabupaten Banjarnegara belum mempunyai SPALD-T skala kawasan tertentu.

# Bab 4

## Pemilihan Teknologi IPLT Regional

### 4.1 Analisis Volume Lumpur Tinja IPLT Regional

Berdasarkan Studi Kelayakan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Regional Kawasan Purbalingga Dan Banjarnegara, Kabupaten Purbalingga dan Kabupaten Banjarnegara belum memiliki IPLT untuk mengolah lumpur tinja. Sehingga menjadi potensial untuk perencanaan IPLT Regional, yang dapat melayani Kawasan Purbalingga dan Banjarnegara. Untuk dapat melayani 2 kabupaten maka calon lokasi berada pada sekitar perbatasan 2 kabupaten tersebut, dengan mendekati daerah pelayanan. Calon lokasi berada di Desa Karanggedang, Kecamatan Bukateja dengan radius 15 km daerah yang dapat dilayani oleh IPLT Regional meliputi Kecamatan Kemangkon, Bukateja, Kejobong, Pangadegan, Kaligondang, Purbalingga, dan Rembang (Kabupaten Purbalingga) dan wilayah Banjarnegara meliputi Kecamatan Susukan, Purworejo Klampok, Mandiraja, Purwanegara, Rakit, dan Punggelan.

Dalam Studi Kelayakan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Regional Kawasan Purbalingga Dan Banjarnegara telah dilakukan analisis perhitungan debit lumpur tinja. Analisis debit lumpur tinja didapatkan dari penduduk dari 13 kecamatan dan persentase pelayanan yang dikalikan timbulan lumpur tinja per orang. Pelayanan pengangkutan lumpur tinja dimulai dari 5% kemudian meningkat menjadi 25%. Analisis timbulan lumpur tinja dengan kenaikan pelayanan dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 4. 1**  
**Timbulan Lumpur Tinja IPLT Regional Purbalingga Banjarnegara**

No	Daerah Pelayanan/Kecamatan	Jumlah Penduduk (Jiwa)					Timbulan Lumpur Tinja (M <sup>3</sup> )				
		2023	2027	2032	2037	2042	2023	2027	2032	2037	2042
<b>Kabupaten Purbalingga</b>											
1	Kemangkon	65.028	70.642	78.345	86.888	96.363	1,63	3,53	5,88	8,69	12,05
2	Bukateja	79.664	85.645	93.758	102.639	112.361	1,99	4,28	7,03	10,26	14,05
3	Kejobong	51.870	55.966	61.543	67.677	74.421	1,30	2,80	4,62	6,77	9,30
4	Pengadegan	41.802	44.422	47.930	51.714	55.798	1,05	2,22	3,59	5,17	6,97
5	Kaligondang	66.950	71.690	78.089	85.059	92.652	1,67	3,58	5,86	8,51	11,58
6	Purbalingga	59.244	59.767	60.428	61.097	61.772	1,48	2,99	4,53	6,11	7,72
7	Rembang	69.099	74.377	81.544	89.402	98.017	1,73	3,72	6,12	8,94	12,25
	<b>Sub Total</b>	<b>433.657</b>	<b>462.509</b>	<b>501.637</b>	<b>544.476</b>	<b>591.384</b>	<b>10,84</b>	<b>23,13</b>	<b>37,62</b>	<b>54,45</b>	<b>73,92</b>
<b>Kabupaten Banjarnegara</b>											
1	Susukan	58.091	58.347	58.669	58.992	59.318	1,45	2,92	4,40	5,90	7,41
2	Purworejo Klampok	44.256	44.167	44.057	43.947	43.837	1,11	2,21	3,30	4,39	5,48
3	Mandiraja	75.345	81.425	89.719	98.858	108.927	1,88	4,07	6,73	9,89	13,62
4	Purwanegara	78.572	84.303	92.058	100.526	109.773	1,96	4,22	6,90	10,05	13,72
5	Rakit	51.241	52.591	54.328	56.123	57.977	1,28	2,63	4,07	5,61	7,25
6	Punggelan	85.997	94.435	106.156	119.332	134.143	2,15	4,72	7,96	11,93	16,77
	<b>Sub Total</b>	<b>393.502</b>	<b>415.268</b>	<b>444.986</b>	<b>477.778</b>	<b>513.976</b>	<b>9,84</b>	<b>20,76</b>	<b>33,37</b>	<b>47,78</b>	<b>64,25</b>
	<b>Total</b>	<b>827.158</b>	<b>877.776</b>	<b>946.624</b>	<b>1.022.254</b>	<b>1.105.360</b>	<b>20,68</b>	<b>43,89</b>	<b>71,00</b>	<b>102,23</b>	<b>138,17</b>

Sumber: Analisa Tim Penyusun, 2023

#### Analisis perhitungan:

Dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 4/PRT/M/2017 tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik,Lampiran II menyebutkan bahwa debit timbulan lumpur tinja adalah 0,25-0,5 liter/orang/hari. Pada perencanaan kali ini menggunakan besaran timbulan lumpur tinja sebesar 0,5 liter/orang/hari.

Jumlah penduduk tahun 2042 = 1.105.360 jiwa

Persentase pelayanan 25%, maka jumlah penduduk terlayani = 276.340 jiwa

Rata-rata lumpur tinja = 0,5 liter/orang/hari

$$\begin{aligned} \text{Debit lumpur tinja} &= \frac{276.340 \text{ orang} \times 0,50 \frac{\text{liter}}{\text{orang}} / \text{hari}}{1000} \\ &= 138,17 \text{ m}^3/\text{hari} \approx 139 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Jika dalam pengolahan 1 m<sup>3</sup> lumpur tinja membutuhkan lahan 70 m<sup>2</sup> (analisis ini didapatkan dari pendekatan sejumlah IPLT yang terbangun dengan teknologi konvensional). Namun telah dilengkapi dengan unit tambahan berupa disinfeksi sehingga dapat memenuhi baku mutu Permen LHK Nomor 68 Tahun 2016, maka analisis luasan yang diperlukan adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Luas IPLT} &= 139 \text{ m}^3 \times 70 \text{ m}^2 \\
 &= 9.672 \text{ m}^2 \approx 1 \text{ ha}
 \end{aligned}$$

Luasan 1 ha merupakan bangunan pengolahan saja, tanpa ruang gerak antar unit pengolahan. Selain itu juga diperlukan fasilitas penunjang IPLT dari pos jaga, kantor, gudang, bengkel kerja, laboratorium, jalan operasional, sumur patau, sumur dan kelengkapan fasilitas air bersih, peralatan pemeliharaan, peralatan K3, pagar, zona penyangga dan area parkir. Asumsi penambahan lahan untuk keperluan tersebut adalah 2 kali dari bangunan pengolahan lumpur, sehingga luas total IPLT yang diperlukan adalah  $= 2 \times 1 \text{ ha} = 2 \text{ ha}$ . Ditambahkan bangunan penyangga agar IPLT tidak mengganggu kegiatan warga sekitar. Dengan asumsi tebal buffer zone 10 m mengelilingi 2 ha maka dibutuhkan penambahan luas  $8000 \text{ m}^2 = 0,8 \text{ ha}$ . Sehingga total luasan yang diperlukan **adalah 2,8 ha**.

**Timbulan lumpur tinja pada Tahun 2042 sebesar**  $139 \text{ m}^3/\text{hari}$ . Pada perencanaan ini direncanakan untuk kapasitas IPLT regional sebesar  $35 \text{ m}^3/\text{hari}$  yang merupakan perencanaan untuk 5 tahun. Jika pelayanan sudah mencapai maksimal maka IPLT regional dapat dikembangkan menjadi  $70 \text{ m}^3/\text{hari}$ .

#### 4.2 Analisis Kualitas Lumpur Tinja

Lumpur tinja adalah endapan lumpur yang terdapat dalam tangki septik, jadi tidak termasuk lumpur yang berasal dari cubluk. Lumpur tinja biasanya ditandai dengan kandungan pasir dan lemak dalam jumlah besar, bau yang menusuk hidung, mudah terbentuk busa ketika pengadukan, sulit mengendap, serta kandungan zat padat dan zat organiknya tinggi. Lumpur tinja mempunyai nutrient dalam konsentrasi yang cukup tinggi dibandingkan dengan yang terdapat dalam kandungan air limbah. Karakteristik lumpur tinja dari satu tangki berbeda dengan tangki lainnya. Hal ini tergantung dari beberapa faktor diantaranya:

- Sebagian dari limbah rumah tangga mengalir masuk ke tangki septik.
- Jumlah pengguna tangki septik.
- Frekuensi penyedotan lumpur tinja.

Beberapa literatur terkait dengan besaran parameter lumpur tinja memiliki nilai yang lebih besar dari pada parameter air limbah domestik. Beberapa parameter



diantaranya BOD5, TSS, lemak dan minyak, pasir (grit), bau, dan nutrisi menunjukkan karakteristik lumpur tinja melebihi air buangan domestik. Keberadaan lumpur tinja ditandai dengan bau. Karakteristik ini membuat lumpur tinja sulit untuk diolah dan ditangani. Lumpur tinja mempunyai konsentrasi BOD sekitar 30–50 kali lebih tinggi daripada air buangan domestik, sedangkan konsentrasi suspended solid lebih tinggi 10–50 kali air limbah domestik. Begitu juga dengan konsentrasi nutrisi, dalam hal ini nitrogen dan fosfor.

**Tabel 4. 2**  
**Karakteristik Lumpur Tinja**

Parameter	Sumber Lumpur Tinja		Lumpur IPAL	Referensi
	Toilet Umum	Septic Tank		
pH	1,5 – 12,6			US EPA (1994)
	6,55 – 9,34			Kengne <i>et al.</i> (2011)
Total Solids, TS (mg/L)	52.500	12.000 – 35.000	-	Kone and Strauss (2004)
	30.000	22.000	-	NWSC (2008)
		34.106		US EPA (1994)
		400.000		Duncanmara, Sugiharto, (1987)
		5.000-100.000		Tchobanogloous, 1991
	≥3,5%	<3%	<1%	Heinss <i>et al</i> (1998)
Total Suspended Solids, TSS (mg/L)		<u>15.000</u>		EPA Handbook- Septage treatment & disposal
		4.000-400.000		Tchobanogloous, 1991
Total Volatile Solids, TVS (12 % of TS)	68	50 – 73	-	Kone and Strauss (2004)
	65	45	-	NWSC (2008)
		25.000		EPA Handbook- Septage treatment & disposal
COD (mg/L)	49.000	1.200 – 7.800	-	Kone and Strauss (2004)
	30.000	<u>10.000</u>	7 – 608	NWSC (2008)
	20.000 – 50.000	<10.000	500 – 2.500	Heinss <i>et al</i> (1998)
		7.000		EPA Handbook- Septage treatment & disposal
		5.000-12.000		Tchobanogloous, 1991
BOD (mg/L)	7.600	840 – 2.600	-	Kone and Strauss (2004)
	-	-	20 – 299	NWSC (2008)
		10.000		EPA Handbook- Septage treatment & disposal
		<u>2.000-30.000</u>		Tchobanogloous, 1991
Total Nitrogen (TN) (mg/L)	-	190 – 300	-	Kone and Strauss (2004)
			32 – 250	NWSC (2008)
Total Kjeldahl Nitrogen, TKN (mg/L)	3.400	1.000	-	Katukiza <i>et al</i> (2012)
		15.000		EPA Handbook- Septage treatment & disposal
NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	3.300	150 – 1.200	-	Kone and Strauss (2004)
	2.000	400	2 – 168	NWSC (2008)

Parameter	Sumber Lumpur Tinja		Lumpur IPAL	Referensi
	Toilet Umum	Septic Tank		
NH <sub>3</sub> -N (mg/L)	2.000 – 5.000	<1.000	30 – 70	Heinss <i>et al</i> (1998)
		700		EPA Handbook- Septage treatment & disposal
		<u>100-800</u>		Tchobanogloss, 1991
Nitrates, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mgN/L)	-	0,2 – 21	-	Koottatep <i>et al</i> (2005)
Total Phosphorus, TP (mg P/L)	450	150	9 – 63	NWSC (2008)
		150		EPA Handbook- Septage treatment & disposal
Faecal coliforms, (cfu/100 mL)	$1 \times 10^5$	$1 \times 10^5$	$6,3 \times 10^4$ – $6,6 \times 10^5$	NWSC (2008)
Helminth eggs (Numbers/L)	2.500	4.000 – 5.700	-	Heinss <i>et al</i> (1994)
	20.000 – 60.000	4.000	300 – 2.000	Heinss <i>et al</i> (1998)
		600 – 6.000		Ingallnella <i>et al</i> (2002)
		16.000		Yen-Phi <i>et al</i> (2010)
Grease and fats		<b>6-30% dari TSS</b>		US EPA(1979)
		8.000		EPA Handbook- Septage treatment & disposal

Sumber: US EPA, 1979; US EPA, 1994; Kengne *et al.*, 2011; Kone and Strauss, 2004; NWSC, 2008; Heinss *et al.*, 1998; Katukiza *et al.*, 2012; Koottatep *et al.*, 2005; Ingallnella *et al.*, 2002; Yen-Phi *et al.*, 2010

Kualitas lumpur tinja pada Tabel 4.2 di atas merupakan sebagian besar parameter lumpur tinja di luar negeri, dan memiliki rentang nilai yang cukup tinggi. Untuk data kualitas lumpur tinja di Kabupaten Banjarnegara dan Kabupaten Purbalingga dapat menggunakan hasil pengujian IPAL Permukiman di Kabupaten Purbalingga dan Tangki Septik masyarakat di Purbalingga. Selain itu dapat menjadi referensi hasil pengujian yang dilakukan oleh IUWASH pada tahun 2016 yang berasal dari ±160 sampel IPLT dari beberapa kota besar di Indonesia.

**Tabel 4. 3**  
**Hasil Analisa Sampel Lumpur Tinja**

No	Parameter	Satuan	Nilai Lumpur Tinja IPAL Permukiman Kab. Purbalingga	Nilai Lumpur Tinja Tangki Septik Kab. Purbalingga	Nilai Rata-Rata Lumpur Tinja Studi IUWASH
1	BOD <sub>5</sub>	Mg/L	1.670,40	1.068,70	5.200
2	TSS	Mg/L	2.446,00	914	18.000
3	Minyak Lemak	Mg/L	54,00	48,00	1.400
4	COD	Mg/L	4.772,56	2.485,35	12.700
5	Ammonia	Mg/L	5,37	0,88	190
6	pH		7,46	6,86	-



Sumber: Hasil Laboratorium Lumpur Tinja Kabupaten Purbalingga, 2023;  
Rata-rata Lumpur Tinja Kajian IUWASH, 2016

Kriteria kualitas lumpur tinja yang akan digunakan dalam perencanaan IPLT Regional adalah sebagai berikut:

- $BOD_5$  = 5.200 mg/L
- TSS = 18.000 mg/L
- Minyak dan Lemak = 1.400 mg/L
- COD = 12.700 mg/L
- Amonia = 190 mg/L
- Total Coliform = 10.000.000 MPN/100mL

#### 4.3 Analisis Pemilihan Teknologi Pengolahan Lumpur Tinja

Prasarana IPLT utama meliputi:

- b. Unit penerima yang dilengkapi dengan saringan manual atau *bar screen*
- c. Unit pemisahan padatan dan cairan
- d. Unit pengolahan cairan dengan menggunakan kolam stabilisasi
- e. Unit pengeringan lumpur.

Pada perencanaan IPLT Regional berikut disampaikan 2 alternatif sistem pengolahan yang dapat digunakan untuk mengolah lumpur tinja Kabupaten Banjarnegara dan Kabupaten Purbalingga. Selanjutnya diuraikan kelemahan dan kelebihan dari masing-masing sistem pengolahan yang ada. Dari kelemahan dan kelebihan yang telah disampaikan selanjutnya akan ditentukan sistem pengolahan yang akan dipilih.

Alternatif pengolahan untuk Review IPLT Regional Kawasan Purbalingga dan Banjarnegara sebagai berikut:

a. Sistem Alternatif Pengolahan 1

- SAP → Kolam Ekualisasi → Screw Press → Kolam Anaerobik → Kolam Aerasi → Kolam Sedimentasi → Disinfeksi
- Untuk pengolahan lumpur : Screw Press → Drying Area → Pengomposan Lumpur → Pemanfaatan

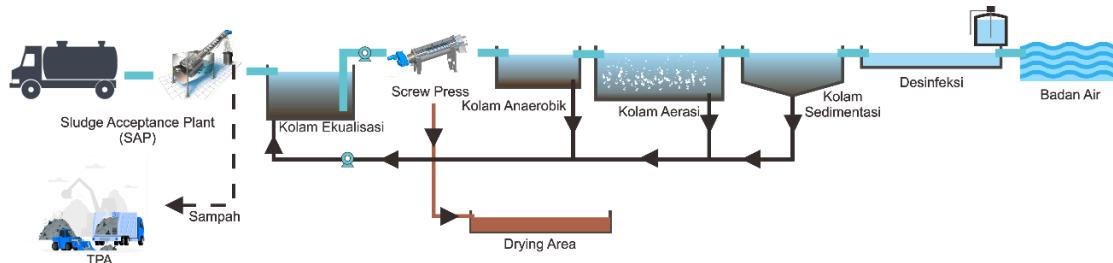
- Untuk pengolahan lumpur : Lumpur mengendap di Kolam Anaerobik dan Sedimentasi → Kolam Ekualisasi (dengan pompa) → Screw Press → Drying Area → Pengomposan Lumpur → Pemanfaatan

b. Sistem Alternatif Pengolahan 2

- SSC → Kolam Anaerobik → Kolam Aerasi → Kolam Sedimentasi → Disinfeksi
- Untuk pengolahan lumpur : SSC → Drying Area → Pengomposan Lumpur → Pemanfaatan
- Untuk pengolahan lumpur : Lumpur mengendap di Kolam Anaerobik dan Sedimentasi → Sludge Drying Bed (dengan pompa portable lumpur) → Pengomposan Lumpur → Pemanfaatan

#### 4.3.1 Sistem Pengolahan Lumpur Tinja Alternatif 1

Pada alternatif pengolahan 1 menggunakan pengolahan sekunder berupa kolam aerasi. Pengolahan alternatif 1 adalah sebagai berikut :

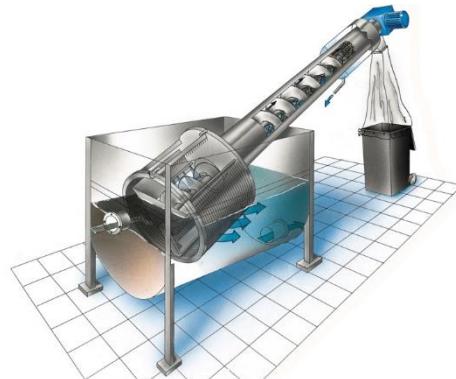


**Gambar 4. 1  
Sistem Pengolahan Lumpur Tinja Alternatif 1**

Sumber: Analisis Tim Penyusun, 2023

##### a. Sludge Acceptance Process (SAP)

Sludge Acceptance Plant (SAP) digunakan untuk pengolahan mekanis lumpur septik yang diterima dari truk limbah. Di dalam SAP ini terjadi proses penghancuran limbah tinja yang memiliki ukuran yang besar dikarenakan belum terdekomposisi di dalam tangki septic. Selain dari proses penghancuran limbah tinja, pada unit SAP ini terjadi proses pemisahan limbah tinja dengan cara disaring dengan saringan pasir dan saringan sampah sehingga menghasilkan limbah tinja yang telah berbentuk lumpur dan terpisah dari sampah plastik maupun sampah kain.



**Gambar 4. 2  
Sludge Acceptance Plant (SAP)**

**Kelebihan:**

- Pemisahan sampah, batu dan kerikil optimal
- Area penerimaan lumpur bersih dan tidak menimbulkan bau
- Penggunaan mekanis sehingga kebutuhan tenaga kerja lebih sedikit
- Proses pemisahan padatan dan cairan lebih cepat
- Padatan/cake lumpur yang dihasilkan lebih kering (Dry solid 10-20%)

**Kelemahan:**

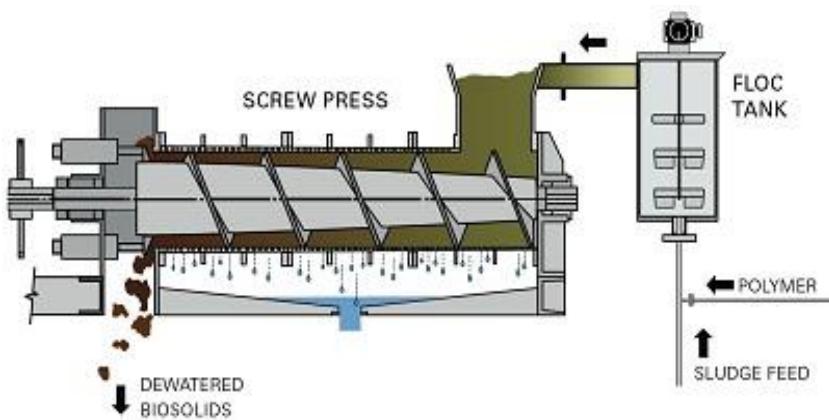
- Proses mekanikal sehingga memerlukan listrik dan perawatan
- Diperlukan adanya unit cadangan dengan saringan/bar screen manual
- Proses loading lumpur tinja lebih lama dari pada manual
- Diperlukan operator terampil
- Memerlukan air bersih untuk membersihkan screw press pada akhir operasional

**b. Kolam Ekualisasi**

Bak Ekualisasi berfungsi sebagai penampung air limbah sebelum menuju unit pengolahan sehingga air limbah memiliki karakteristik yang homogen dan debit yang stabil. Bak Ekualisasi secara sederhana dapat diartikan sebagai bak yang digunakan untuk menstabilkan aliran air guna menghasilkan parameter pencemar yang konstan setiap waktu atau dapat juga dibilang relatif mendekati konstan sehingga dapat digunakan pada berbagai macam situasi, bergantung pada sistem pengumpulan yang digunakan

### c. Screw Press

Dalam sistem screw press, lumpur memasuki inlet dan bergerak dari zona tekanan rendah ke zona tekanan tinggi melalui sekrup, yang berputar pada 0,5 hingga 6 rpm. Beberapa screw press memiliki port injeksi uap di ujung saluran inlet. Uap diberi tekanan antara 7 dan 345 kPa (1 dan 50 psi) dan diterapkan pada sekrup untuk meningkatkan daya serap lumpur. Sebelum dimasukkan ke dalam screw press, lumpur biasanya dikentalkan menggunakan polimer atau tawas. Dosis polimer berkisar dari 2 hingga 10 kg per ton padatan. Screw press biasanya menghasilkan padatan lumpur yang mengandung 50 hingga 60% padatan, sehingga menurunkan biaya pengangkutan dan pembuangan. Namun, biaya modalnya tinggi, dan memerlukan lebih banyak kontrol operasional.



**Gambar 4. 3**  
**Screw Press**

**Kelebihan:**

- Penggunaan mekanis sehingga kebutuhan tenaga kerja lebih sedikit
- Proses pemisahan padatan dan cairan lebih cepat
- Padatan yang dihasilkan (dari screw press) lebih kering (Dry solid 10-20%) dan berbentuk seperti pasir basah.
- Memerlukan drying area lebih kecil dan waktu pengeringan lebih cepat.

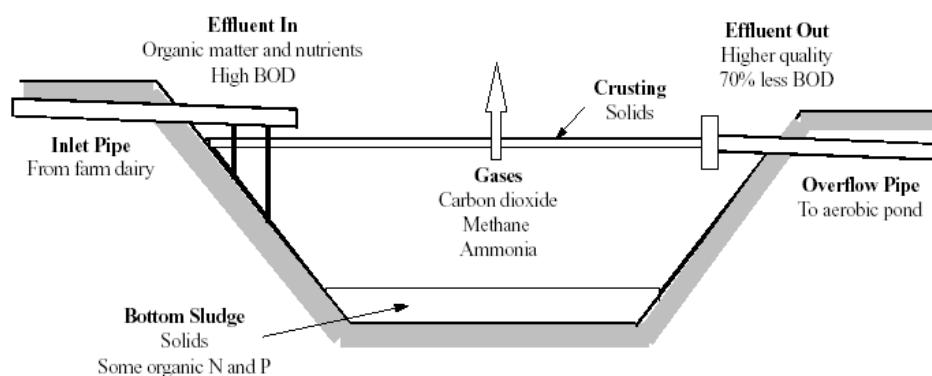
**Kelemahan:**

- Proses mekanikal sehingga memerlukan listrik dan perawatan

- b. Diperlukan adanya unit cadangan dengan saringan/bar screen manual
- c. Proses loading lumpur tinja lebih lama dari pada manual
- d. Diperlukan operator terampil
- e. Memerlukan air bersih untuk membersihkan screw press pada akhir operasional

#### **d. Kolam Anaerobik**

Kolam anaerobik berfungsi sebagai *primary treatment* atau pengolahan tahap awal. Kolam anaerobik juga berfungsi menurunkan kandungan zat padat tersuspensi dan zat organik yang tinggi dengan bantuan bakteri. Kondisi anaerobik dapat dicapai dengan membuat kedalaman kolam sekitar 2-4 meter. Kolam anaerobik ini direncanakan bersifat kedap air dengan konstruksi beton bertulang. Proses anaerobik efektif di daerah beriklim hangat karena dapat mencapai 60-85% pengurangan BOD dalam kolam yang dirancang untuk 1-5 hari waktu retensi hidrolik. Suhu, waktu retensi dan BOD *loading rate* mempengaruhi efisiensi. Kepindahan coliform dapat dilakukan dengan satu urutan besarnya (log siklus) dapat diasumsikan untuk masing-masing kolam anaerobik dalam serangkaian kolam. Untuk 100% *helminth egg removals*, periode 2-3 minggu mungkin harus diberikan, termasuk anaerobik dan fakultatif kolam.



**Gambar 4. 4**  
**Gambaran Kolam Anaerobik**  
*Sumber: www.thewatertreatment.com*

**Tabel 4. 4**  
**Variasi Temperatur dan Waktu Detensi**

Temperatur Dalam Kolam (°C)	Waktu Detensi (hari)	Efisiensi Penyisihan BOD (%)
< 10	>5	0 – 10
10 – 15	4 – 5	30 – 40
15 – 20	2 – 3	40 – 50
20 – 25	1 – 2	40 – 60
25 – 30	1 – 2	60 – 80

Sumber: Balai Pelatihan Air Bersih & Penyehatan Lingkungan Permukiman, 2000

**Tabel 4. 5**  
**Kriteria Desain *Volumetric BOD Loading Rate* dan Persentase Penyisihan BOD Berdasarkan Temperatur**

Temperatur (°C)	Laju Beban BOD Volumetrik	Penyisihan BOD (%)
<10	100	40
10 – 20	20T – 100	2T + 20
20 – 25	10T + 100	2T + 20
>25	350	70

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 04/PRT/M/2017

**Tabel 4. 6**  
**Acuan Laju Beban BOD Kolam Anaerobik**

Acuan	Waktu Detensi (Hari)	Laju Beban BOD ( <i>Loading Rate</i> ) (gr/m <sup>2</sup> .hari)	Konversi Laju Beban BOD (kg/m <sup>3</sup> -day)	Kedalaman Kolam (m)	Aplikasi
Barners, Blissm, et al (1981)	8 – 40	25 sampai 40 (kedalaman kolam 3,75 m)	0,007 – 0,011	2,5 – 5,0	Terutama untuk limbah dengan konsentrasi sedang ( <i>medium-strength waste</i> )
Metcalf and Eddy (1979)	5 – 50	200 sampai 500 kg/ha-hari (kedalaman kolam 3,75 m)	0,005 – 0,015	2,5 – 5,0	Terutama untuk limbah dengan konsentrasi sedang ( <i>medium-strength waste</i> )
Eckenfelder (1980)	5 – 50	250 sampai 400 lbs BOD/acre-hari (11,5 ft)	0,008 – 0,130	2,4 – 4,6	Untuk semua jenis limbah
Corbitt (1989)	1 – 50	0,05 sampai 0,25 kg/m <sup>3</sup> -hari	0,05 – 0,25	2,4 – 6,1	Untuk limbah dengan beban yang bervariasi sesuai dengan karakteristik limbah

Sumber: Barners, Blissm, et al, 1981; Metcalf and Eddy, 1979; Eckenfelder, 1980; Corbitt, 1989.



**Tabel 4. 7**  
**Kriteria Desain Waktu Retensi dan Rasio Dimensi Kolam Anaerobik**

Parameter	Satuan	Nilai
Waktu Detensi	hari	$\geq 1$
Kedalaman	m	2 - 5
Rasio Panjang dan Lebar	-	(2-3) : 1
Rasio Talud	-	1 : 3

Sumber: Buku Panduan A IPLT, 2018

#### **Beberapa data untuk kolam anaerobik:**

1. Efisiensi penyisihan BOD = 50-85% (Tchobanoglous, 1993);
2. Efisiensi penyisihan TSS = 20 – 50% (Tchobanoglous, 1993)
3. Efisiensi penyisihan Fecal coliform = Log 0,5 sampai Log 1 (Mara, 2003)

#### **Kelebihan:**

1. Dapat membantu memperkecil dimensi kolam fakultatif
2. Dapat mengurangi penumpukan lumpur pada unit pengolahan
3. Biaya operasional murah
4. Mampu mengolah limbah dengan konsentrasi tinggi

#### **Kelemahan:**

1. Dapat menimbulkan bau yang dapat mengganggu
2. Proses degradasi berjalan lambat
3. Memerlukan lahan yang luas

#### **e. Kolam Aerasi**

Untuk kolam aerasi pada dasarnya adalah sistem kolam untuk pengolahan air limbah dimana oksigen dimasukkan dengan aerator-aerator mekanik dan proses fotosintesis (Rahayu, 1993). Penambahan oksigen merupakan salah satu usaha untuk pengambilan zat pencemar (Sugiharto,1987). Kolam aerasi lebih dalam daripada kolam stabilisasi, sehingga waktu penahanan yang dibutuhkan lebih pendek. Efisiensi pengolahan sebesar 60 hingga 90 persen dapat diperoleh dengan waktu tinggal selama 4 - 10 hari. Kolam aerasi sering dipergunakan untuk pengolahan limbah industri (*Tchobanoglous,1991*).



**Tabel 4. 8**  
**Kelebihan dan Kekurangan Kolam Aerasi**

No	Kelebihan	Kekurangan
1	Biaya pemeliharaan rendah	Membutuhkan lahan yang luas
2	Effluent yang dihasilkan baik	Membutuhkan energi yang besar
3	Biaya instalasi awal rendah	
4	Tidak menimbulkan bau	

Sumber: Analisis Tim Penyusun, 2020

Penyisihan lemak dan minyak dalam kolam aerobik memang cukup rendah hal ini disebabkan karena lemak tergolong pada benda organik yang tetap dan tidak mudah untuk diuraikan oleh bakteri. Lemak dan minyak paling sukar dibiodegradasi oleh bakteri karena tidak semua bakteri menghasilkan enzim lipase yang dapat menguraikan lemak/minyak. Dari ketiga komponen utama padatan volatil yaitu protein, karbohidrat dan lemak, reaksi hidrolisa penguraian protein dan karbohidrat relatif lebih cepat dibandingkan dengan penguraian lemak/minyak (Grady dan Um, 1980).

Kebutuhan oksigen untuk mengurai BOD, dibutuhkan sekitar 0,9 -1,3 kg O<sub>2</sub>/kg BOD hanya untuk menyisihkan BOD saja (Metcalf & Edy, 2003). Kebutuhan oksigen untuk nitrifikasi lebih tinggi dari pada hanya untuk menyisihkan BOD. Umumnya 1,5 kg O<sub>2</sub> diperlukan untuk menyisihkan 1 kg BOD, atau sekitar 5 Kg O<sub>2</sub> dibutuhkan untuk mengkonversi 1 kg ammonia menjadi nitrat (EPA). Sehingga jika direncanakan pada proses aerasi juga mengurai nitrogen, besaran O<sub>2</sub> yang dibutuhkan dapat dinaikkan.

#### f. Sedimentasi

Sedimentasi adalah suatu unit operasi untuk menghilangkan materi tersuspensi atau flok kimia secara gravitasi. Proses sedimentasi pada pengolahan air limbah umumnya untuk menghilangkan padatan tersuspensi sebelum dilakukan proses pengolahan selanjutnya. Pada sistem pengolahan air limbah, proses sedimentasi dilakukan pada awal dan juga sesudah proses biologis untuk mengendapkan flok yang terbentuk pada proses biologis. Dalam proses kombinasi aerobik dan anaerobik, sedimentasi dapat dilakukan pada awal dan akhir.



### g. Desinfeksi

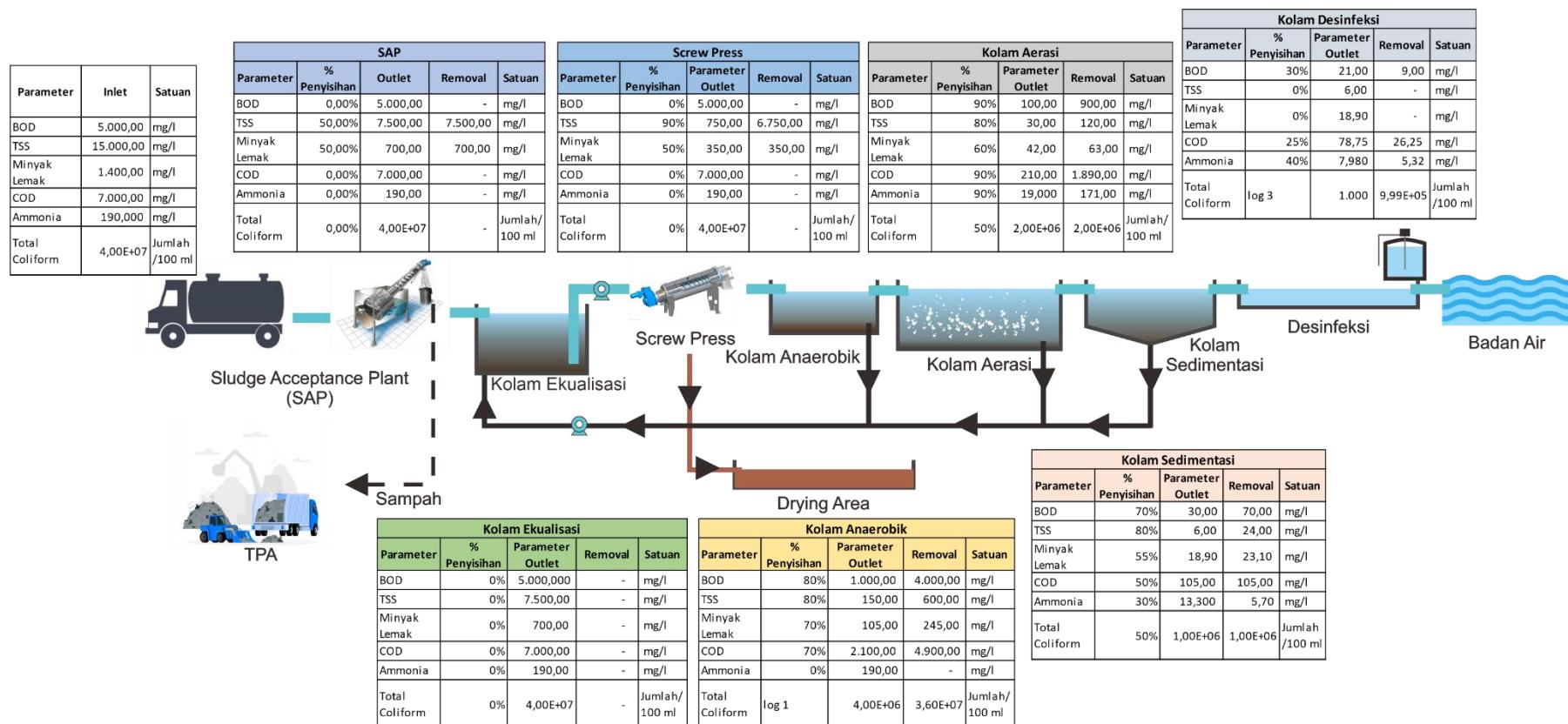
Untuk mendukung proses pengurangan bakteri patogen maka dilakukan tambahan desinfeksi. Proses desinfeksi yang dipilih adalah menggunakan klorinasi, yang ditempatkan pada setelah sedimentasi. Klorin merupakan oksidan kuat yang telah digunakan sebagai desinfektor pada air limbah dan air bersih hampir sekitar satu abad lamanya. Desinfeksi selanjutnya menggunakan klorin. Penggunaan klorin pada umumnya menggunakan Sodium Hypochlorite (NaOCl) yang berbentuk cair, Calcium Hypochlorite (Ca(OCl)<sub>2</sub>) yang berbentuk tablet atau bubuk, maupun dalam bentuk gas. Desinfeksi klorin berbentuk tablet menggunakan tabung klorinasi apung. Dipilih metode ini karena untuk memudahkan dalam operasional dan debit dalam sehari masih belum besar. Ukuran dispenser klorinasi mampu menampung ukuran tablet klorin dengan dimensi 1-3 inch, dengan tinggi sekitar 19 cm, lebar bagian atas 22 cm.

Dalam menentukan dosis klorin perlu mempertimbangkan kebutuhan klorin untuk air limbah, kehilangan klorin selama waktu kontak, dan sisa klorin untuk penyisihan bakteri patogen. Tipikal nilai untuk nilai kehilangan klorin selama waktu kontak adalah 2-4 mg/l untuk waktu kontak selama 1 jam. Untuk limbah yang telah melalui pengolahan sekunder dengan proses biologis membutuhkan dosis klorin berkisar antara 2-10 mg/l dengan rencana effluent total coliform sebesar 1.000 MPN/100 ml dengan waktu kontak selama 30 menit. Dosis yang lebih besar diperlukan jika menginginkan nilai coliform lebih kecil lagi, contoh untuk effluent total coliform sebesar 200 MPN/100 ml diperlukan klorin sebesar 5-20 mg/l.

Besaran penyisihan total coliform dalam disinfeksi dipengaruhi dosis klorin yang dibubuhkan. Dalam menentukan dosis klorin perlu mempertimbangkan kebutuhan klorin untuk air limbah, kehilangan klorin selama waktu kontak, dan sisa klorin untuk penyisihan bakteri patogen. Tipikal nilai untuk nilai kehilangan klorin selama waktu kontak adalah 2-4 mg/l untuk waktu kontak selama 1 jam. Untuk limbah yang telah melalui pengolahan sekunder dengan proses biologis membutuhkan dosis klorin berkisar antara 2-10 mg/l dengan rencana effluent total coliform sebesar 1.000 MPN/100 ml dengan waktu kontak selama 30 menit. Dosis yang lebih besar diperlukan jika menginginkan nilai coliform lebih kecil lagi, contoh untuk effluent total coliform sebesar 200 MPN/100 ml diperlukan klorin

sebesar 5-20 mg/l. Pada *Module 5: Disinfection and Chlorination, Penn State Harrisburg Environmental Training, 2016* penyisihan total coliform menggunakan kloron sesuai dosis bisa mencapai 99,99%.

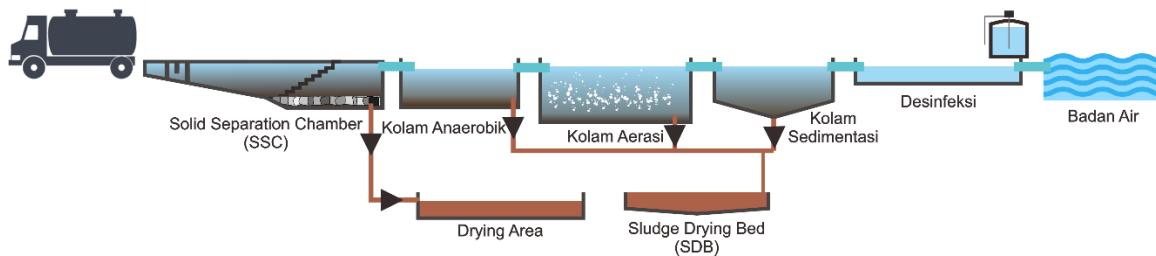




Gambar 4.5  
Mass Balance Alternatif 1

#### 4.3.2 Sistem Pengolahan Lumpur Tinja Alternatif 2

Pada alternatif pengolahan 2 menggunakan pengolahan sekunder berupa kolam aerasi. Pengolahan alternatif 2 adalah sebagai berikut:



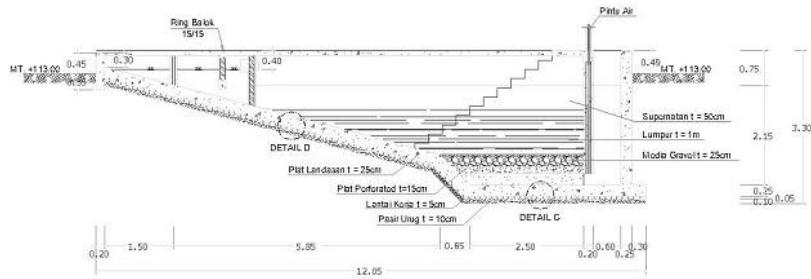
Penjelasan kolam anaerobik, kolam aerasi, kolam sedimentasi dan desinfeksi sama seperti pada alternatif 1.

##### a. SSC (Solid Separation Chamber) dan DA (Drying Area)

SC dan DA merupakan alternatif unit pemekatan. Prinsip kerjanya sangat sederhana karena hanya mengandalkan proses fisik untuk pemisahan padatan dari lumpur tinja. Setelah pemisahan, dilakukan penyinaran memanfaatkan sinar matahari sebagai desinfeksi serta angin untuk pengurangan kelembaban atau pengeringan.

Bak SSC mempunyai fungsi memisahkan air limbah (zat padat terlarut, *dissolved solids/TDS*) dari padatannya (zat padat tersuspensi/TSS), agar cairan yang masih mengandung bahan pencemar organik dapat diolah secara khusus dengan menggunakan sistem pengolahan air limbah.

Lumpur *tinja* yang dihamparkan secara merata di atas media SSC akan mengalami pemisahan, antara padatan di bagian bawah dan cairan di bagian atas. Di samping itu, sebagian cairan dapat terpisah dari lumpur tinja melalui proses perembasan media SSC sehingga kemudian dapat disalurkan bersama cairan yang telah dipisahkan di bagian atas lumpur tinja, untuk diolah bersama lebih lanjut. Sementara padatan yang telah mengalami penirisan akan dikeringkan lebih lanjut. Padatan yang terakumulasi pada lapisan *cake* SSC ini pada dasarnya sudah cukup kering, tetapi belum cukup kering untuk diaplikasikan untuk pembuangan lingkungan.



**Gambar 4. 6**  
**Potongan Detail Kolam SSC**

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Nomor 04/PRT/M/2017 tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik

### 1. Kriteria desain Solid Separation Chamber (SSC)

Perencanaan SSC idealnya dilakukan dengan menggunakan pendekatan empiris, artinya melalui percobaan dengan menggunakan kolom pengendapan. Kriteria desain SSC manurut Joni Hermana, 2008 adalah sebagai berikut:

1. Tebal lapisan pasir = 20 – 30 cm
2. Tebal lapisan kerikil =20 – 30 cm
3. Tinggi lumpur tinja di atas pasir = 30 – 50 cm
4. Waktu pengeringan = 5 – 12 hari
5. Ketebalan cake =10 – 30 cm
6. Lumpur tinja memiliki kadar air = 20%
7. Lumpur tinja memiliki kadar solid = 80%

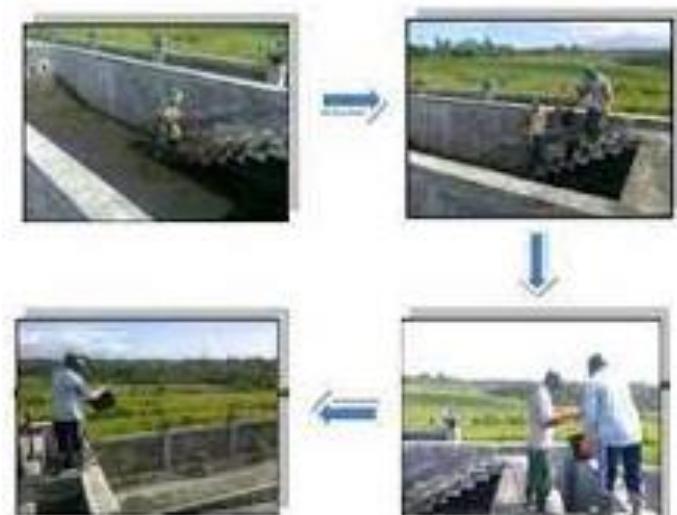


**Gambar 4. 7**  
**Skema Pengisian Lumpur Ninja Ke Kolam SSC**

Sumber: SOP IPLT Kabupaten Bangka, 2015

Perawatan pada *Solid Separation Chamber* adalah sebagai berikut:

1. Pada waktu pembongkaran kotoran yang menyumbat screen secepatnya diangkat dengan cangkul garpu yang disediakan dan selanjutnya dikumpulkan di bak penampung sampah yang disediakan.
2. Pasir, tanah, plastik dan lainnya yang mengendap di lantai miring bak, secara rutin harus dikeruk dengan sekop, cangkul dan dikumpulkan di bak penampung sampah.
3. Secara rutin 2 hari sekali sampah ini harus dibuang di TPA.



**Gambar 4. 8  
Skema Penggerukan Lumpur Di SSC**

Sumber: SOP IPLT Kabupaten Bangka, 2015

Drying Area merupakan proses pengeringan padatan lumpur yang sudah setengah kering dan sekaligus proses desinfeksi mikroorganisme yang terkandung dalam lumpur melalui sinar matahari (ultra violet). Proses pengeringan ini pada dasarnya dihitung berdasarkan koefisien laju kematian mikroorganisme, yang apabila dihitung berada pada kisaran.

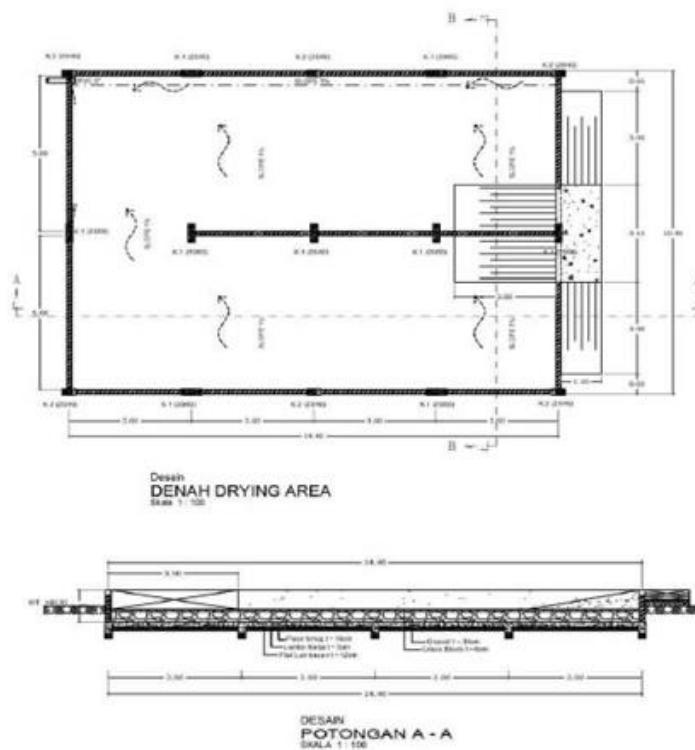
## 2. Kriteria desain *Drying Area (DA)*

Kriteria desain DA manurut Joni Hermana, 2008 adalah sebagai berikut:

**Tabel 4. 9  
Tabel Kriteria Desain Drying Area**

Paramater	Besaran	Satuan
Waktu pengeringan cake	7-15	hari
Waktu pengambilan cake matang	1	hari
Ketebalan Cake	10-30	cm
Tebal Lapisan Pasir	15-30	cm
Kadar air	20	%
Kadar Solid	80	%

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Nomor 04/PRT/M/2017 Tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik

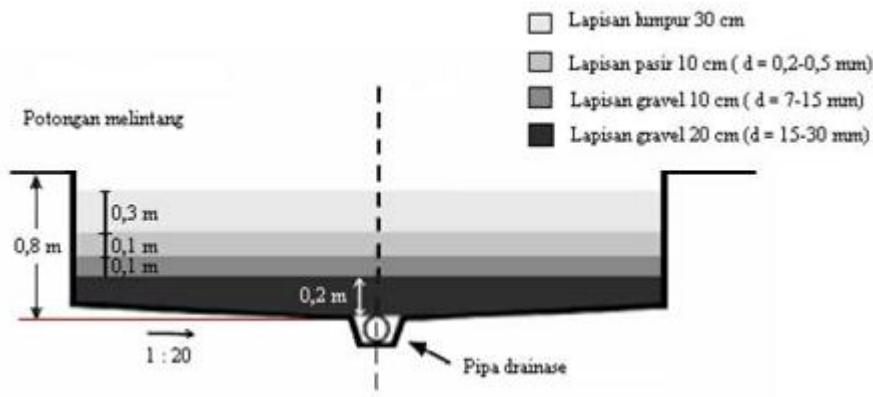


**Gambar 4.9  
Denah dan Potongan Memanjang Drying Area**

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Nomor 04/PRT/M/2017 Tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik

### b. Sludge Drying Bed

Salah satu metode paling sederhana dalam *dewatering* lumpur adalah *drying bed* atau bak pengering lumpur. Pengeluaran air lumpur dilakukan melalui media pengering secara gravitasi dan penguapan sinar matahari. Kecepatan pengurangan air pada bak pengering lumpur seperti ini bergantung pada penguapan (evaporasi) dan penyaringan (filtrasi). Faktor lain yang sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca seperti suhu, kelembaban, kecepatan angin, sinar matahari, hujan, ketebalan lapisan lumpur, kadar air, sifat lumpur yang masuk dan struktur kolam pengeringan. Kelebihan sistem ini adalah pengoperasian yang sangat sederhana dan mudah, biaya operasional relatif rendah dan hasil olahan lumpur bisa kering atau kandungan padatan yang tinggi. Kelemahan sistem ini adalah membutuhkan lahan yang luas dan sangat tergantung cuaca.



**Gambar 4. 10**  
**Potongan Bak Pengering Lumpur**

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Nomor 04/PRT/M/2017 Tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik

#### Kelebihan:

- Biaya investasi pembangunan unit bak pengering lumpur dan operasionalnya murah
- Tidak memerlukan penambahan biaya listrik untuk pengeringan lumpur, karena menggunakan sinar matahari.

#### Kelemahan:

- Memerlukan lahan yang luas mengingat lapisan lumpur yang disyaratkan tidak lebih tebal dari 20 cm untuk mempercepat proses pengeringan
- Membutuhkan waktu tinggal yang lama
- Berpotensi menjadi sarang bagi serangga
- Mengeluarkan bau

Beberapa data bak pengering lumpur adalah sebagai berikut: Peraturan Menteri PUPR No 04/PRT/M Tahun 2017);

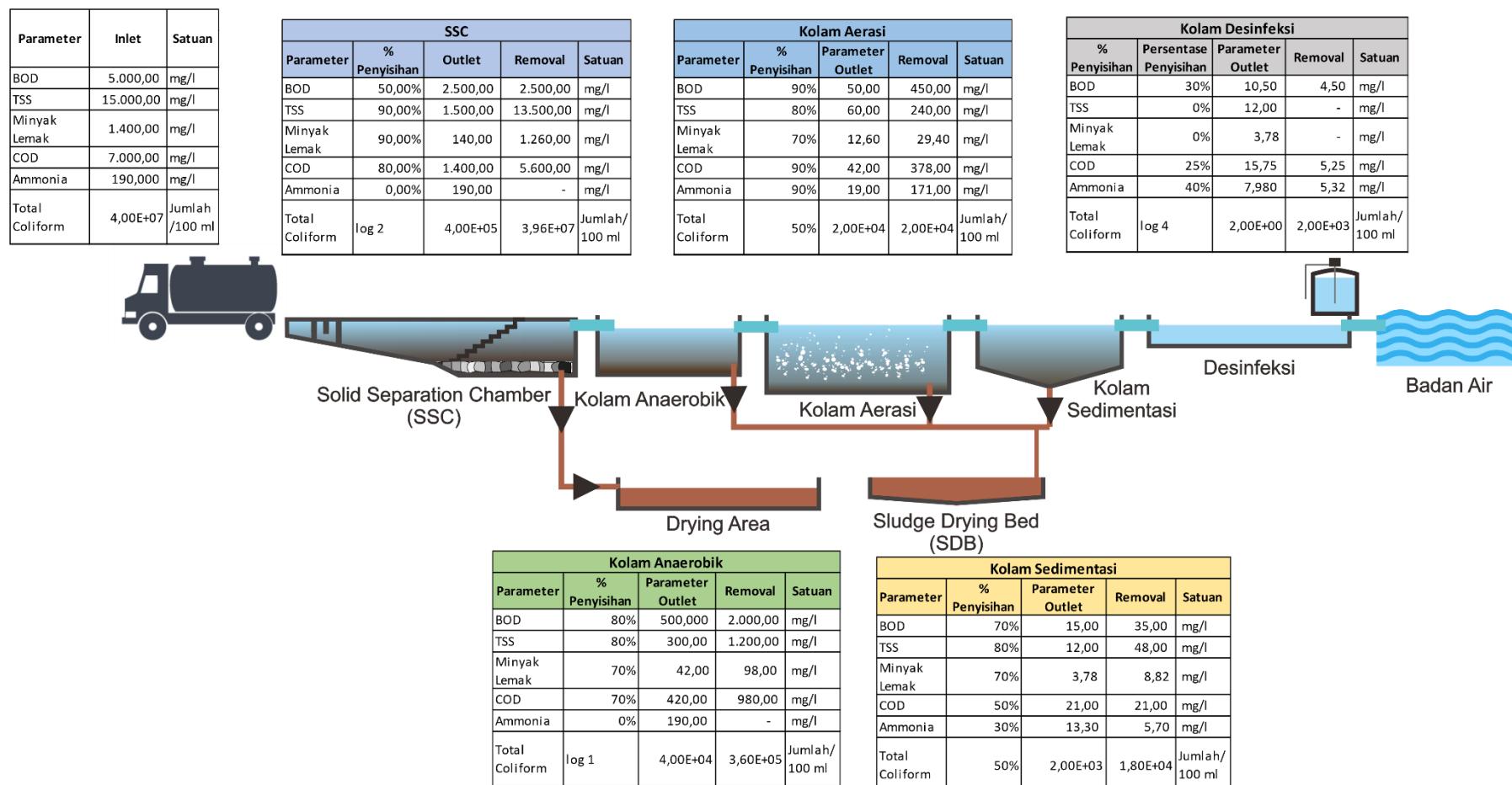
- Media pasir yang dipasang pada lapisan teratas mempunyai kriteria seperti berikut:
  - Ukuran efektif = 0,30-0,50 mm;
  - Koefisien keseragaman = 5;
  - Tebal pasir = 15 – 30 cm (Peraturan Menteri PUPR No 04/PRT/M Tahun 2017);
  - Kandungan kotoran = 1 % terhadap volume pasir.
- Media kerikil yang dipasang dalam dua lapis di bawah pasir dengan urutan dari atas sebagai berikut:

1. Diameter 3-6 mm dipasang 15 cm di atas dasar bak;
2. Diameter 20-40 mm dipasang setebal 15 cm di atas pipa penangkap di kanan-kiri pipa penangkap setebal diameternya 10-15 cm.
- c. Pipa peluap dengan diameter 100-150 mm dipasang pada dinding bak.
- d. Waktu pengeringan 7-15 hari (Permen PUPR No 4 Tahun 2017)
- e. Efisiensi penyisihan COD : 70 - 90% (Lawrence K. Wang et al.)
- f. Efisiensi penyisihan SS : 95% (Lawrence K. Wang et al.)
- g. Efisiensi penyisihan Fecal Coliform : 100% (bergantung waktu tinggal) (Lawrence K. Wang et al.)
- h. Efisiensi penyisihan TS : 70 % (Nazih Shammas, 2007)
- i. Area yang dibutuhkan : 0,05 m<sup>2</sup>.kapita (Lawrence K. Wang et al.)

**Tabel 4. 10**  
**Kriteria Desain Sludge Drying Bed**

No	Parameter	Keterangan
1	Ukuran bak (m <sup>2</sup> )	
	Lebar bak (m)	8
	Panjang bak (m)	30
2	Area yang dibutuhkan	
	SDB tanpa penutup atap	0,14 – 0,28 m <sup>2</sup> /kapita
	SDB dengan penutup atap	0,10 – 0,20 m <sup>2</sup> /kapita
3	Sludge loading rate	
	SDB tanpa penutup atap	100 – 300 Kg lumpur kering/m <sup>2</sup> .tahun
	SDB dengan penutup atap	150 – 400 Kg lumpur kering/m <sup>2</sup> .tahun
4	Sludge cake	20 – 40 % padatan
5	Kemiringan dasar	1 : 20
6	Kemiringan dasar pipa	1%

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 04/PRT/M/2017



**Gambar 4. 11**  
**Mass Balance Alternatif 2**

#### 4.3.3 Perbandingan Alternatif Sistem Pengolahan

Setelah dijabarkan masing-masing alternatif sistem pengolahan mengenai kelebihan kekurangan tiap unit, kebutuhan luas lahan, dan biaya pengelolaan kemudian dilakukan perbandingan antara alternatif satu dengan lainnya. Perbandingan setiap alternatif dapat dilihat pada Tabel 4. 11

**Tabel 4. 11**  
**Perbandingan Alternatif Pengolahan IPLT Regional**

No	Perbandingan	Alternatif 1 (SAP → Kolam Ekualisasi → Screw Press → Kolam Anaerobik → Kolam Aerasi → Kolam Sedimentasi → Disinfeksi)	Alternatif 2 (SSC → Kolam Anaerobik → Kolam Aerasi → Kolam Sedimentasi → Disinfeksi)
1	<b>Deskripsi Umum</b>		
1.1	Penjelasan Umum	<p>Lumpur tinja tidak dituang dalam kolam/bak, tapi disambungkan melalui pipa. Sehingga proses penerimaan tidak tercecer dan bersih. Lumpur tinja melewati stone trap/perangkap batu dan selanjutnya tersaring sampah dan pada SAP (Sludge Acceptance Process). Sampah hasil pemisahan akan terkumpul, dan dapat di tampung pada gerobak sorong atau karung goni. Sedangkan untuk minyak dan lemak, akan diambil dengan serok secara manual dan dikumpulkan pada karung goni. Lumpur tinja selanjutnya mengalir ke kolam ekualisasi, untuk menampung sementara sebelum menuju screw press. Screw press menjadi alat pemisah padatan dan cairan pada proses ini. Lumpur yang tertampung pada kolam ekualisasi selanjutnya dipompa dengan pompa submersible lumpur menuju screw press. Proses pemisahan padatan dan cairan pada screw press menggunakan polimer, yang sudah ada dalam satu rangkaian screw press. Cairan hasil pemisahan padatan dan cairan selanjutnya mengalir ke kolam anaerobik. Untuk padatan akan berbentuk seperti pasir basar, dan dapat dikeringkan kembali pada drying area.</p> <p>Sedangkan lumpur tinja yang berupa cairan akan dialirkan menuju unit kolam anaerobik. Pada unit kolam anaerobik menggunakan sistem pengolahan air limbah tersuspensi anaerobik dalam kolam. Selanjutnya air limbah akan menuju kolam aerasi, yang berfungsi untuk menguraikan dan menurunkan konsentrasi bahan organik dan mengurangi ammonia yang ada di dalam limbah. Pada kolam aerasi dilakukan suplai oksigen dari aerator/root blower dengan kontak menggunakan diffuser.</p> <p>Proses selanjutnya adalah pengendapan pada kolam sedimentasi, yang berfungsi mengendapkan flok-flok yang terbentuk dalam kolam aerasi. Lalu untuk mengurangi bakteri pathogen atau berbahaya maka ditambahkan unit desinfeksi dengan menggunakan pompa dosing. Terdapat penyimpanan klorin yang dilengkapi mixer sehingga klorin tidak mengendap. Setelah melewati proses desinfeksi, outlet IPLT sudah memenuhi baku mutu.</p>	<p>Lumpur tinja yang dibawa oleh truk tinja masuk ke IPLT dan dialirkan menuju bak penerima. Di dalam bak penerima disaring terlebih dahulu oleh barscreen dan minyak lemak akan tersangkut dalam bak tersebut. Sampah dan minyak lemak yang tertahan diambil manual menggunakan serok dan serok jaring. Setelah itu lumpur tinja masuk ke unit SSC, dimana dalam unit tersebut terjadi pemisahan padatan-cairan. Lumpur tinja dihamparkan diatas lapisan gravel dan pasir. Pada SSC terjadi proses filtrasi, disinfeksi, dan evaporasi. Proses filtrasi dimana cairan menembus pasir dan gravel yang selanjutnya menuju pengolahan selanjutnya. Proses disinfeksi dan evaporasi terjadi dari sinar matahari yang mengenai lumpur tinja yang dihamparkan. Lumpur tinja yang tertahan pada atas lapisan pasir dan gravel menjadi lebih pekat, dan membentuk seperti cake. Setelah 1 minggu stabilisasi, cake dikeringkan lebih lanjut pada drying bed. Sedangkan lumpur tinja yang berupa cairan akan dialirkan menuju unit kolam anaerobik. Pada unit kolam anaerobik menggunakan sistem pengolahan air limbah tersuspensi anaerobik dalam kolam. Selanjutnya air limbah akan menuju kolam aerasi, yang berfungsi untuk menguraikan dan menurunkan konsentrasi bahan organik dan mengurangi ammonia yang ada di dalam limbah. Pada kolam aerasi dilakukan suplai oksigen dari aerator/root blower dengan kontak menggunakan diffuser.</p> <p>Proses selanjutnya adalah pengendapan pada kolam sedimentasi, yang berfungsi mengendapkan flok-flok yang terbentuk dalam kolam aerasi. Lalu untuk mengurangi bakteri pathogen atau berbahaya maka ditambahkan unit desinfeksi dengan menggunakan pompa dosing. Terdapat penyimpanan klorin yang dilengkapi mixer sehingga klorin tidak mengendap. Setelah melewati proses desinfeksi, outlet IPLT sudah memenuhi baku mutu.</p>
1.2	Kelebihan	<u>Pemisahan Padatan Cairan</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pemisahan sampah, batu dan kerikil optimal</li> </ul>	<u>Pemisahan Padatan Cairan</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pembangunan sarana lebih mudah.</li> </ul>

No	Perbandingan	Alternatif 1 (SAP → Kolam Ekualisasi → Screw Press → Kolam Anaerobik → Kolam Aerasi → Kolam Sedimentasi → DIsinfeksi)	Alternatif 2 (SSC → Kolam Anaerobik → Kolam Aerasi → Kolam Sedimentasi → DIsinfeksi)
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Area penerimaan lumpur bersih dan tidak menimbulkan bau</li> <li>Penggunaan mekanis sehingga kebutuhan tenaga kerja lebih sedikit</li> <li>Proses pemisahan padatan dan cairan lebih cepat</li> <li>Padatan yang dihasilkan (dari screw press) lebih kering (Dry solid 10-20%) dan berbentuk seperti pasir basah.</li> <li>Memerlukan tenaga operator lebih sedikit jika dibandingkan dengan cara konvensional seperti SSC</li> <li>Memerlukan drying area lebih kecil dan waktu pengeringan lebih cepat.</li> </ul> <p><b>Pengolahan Limbah Cair</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mempunyai efisiensi penyisihan parameter yang cukup tinggi.</li> <li>Relatif toleran terhadap berbagai tingkat konsentrasi bahan pencemar.</li> <li>Memerlukan lahan yang lebih sedikit jika dibandingkan kolam stabilisasi (anaerobik-fakultatif-maturasi)</li> <li>•</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pengoperasian dan perawatan lebih mudah sehingga dapat dilakukan oleh tenaga lokal atau tidak memerlukan tenaga ahli.</li> <li>Padatan dari SSC berbentuk seperti cake dalam kondisi setengah kering dan cenderung menggumpal.</li> <li>Tidak memerlukan energi listrik dan penambahan katalis (polimer).</li> <li>Peralatan yang digunakan dalam operasional mudah ditemukan.</li> </ul> <p><b>Pengolahan Limbah Cair</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mempunyai efisiensi penyisihan parameter yang cukup tinggi.</li> <li>Relatif toleran terhadap berbagai tingkat konsentrasi bahan pencemar.</li> <li>Memerlukan lahan yang lebih sedikit jika dibandingkan kolam stabilisasi (anaerobik-fakultatif-maturasi)</li> <li>•</li> </ul>
1.3	Kekurangan	<p><b>Pemisahan Padatan Cairan</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Proses mekanikal sehingga memerlukan konsumsi listrik besar.</li> <li>Proses mekanikal sehingga memerlukan perawatan dari tenaga ahli.</li> <li>Diperlukan adanya unit cadangan atau bay pass dengan saringan/bar screen manual menuju kolam ekualisasi.</li> <li>Diperlukan kolam penampungan, seperti kolam ekualisasi.</li> <li>Diperlukan peralatan dengan konsumsi listrik lebih banyak (pompa lumpur dan mixer) pada kolam ekualisasi</li> <li>Memerlukan air bersih untuk membersihkan screw press pada akhir operasional</li> <li>•</li> </ul> <p><b>Pengolahan Limbah Cair</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Memerlukan biaya listrik dan perawatan untuk aerator</li> <li>Diperlukan operator yang berpengalaman untuk melakukan operasi dan pemeliharaan.</li> <li>•</li> </ul>	<p><b>Pemisahan Padatan Cairan</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Membutuhkan luas lahan yang besar</li> <li>Diperlukan jumlah tenaga kerja yang banyak.</li> <li>Proses pemisahan padatan cairan memerlukan waktu yang lama (contoh:14 hari)</li> <li>Hasil padatan dari SSC masih diperlukan pengeringan lanjutan di drying area sekitar 7 hari.</li> </ul> <p><b>Pengolahan Limbah Cair</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Memerlukan biaya listrik dan perawatan untuk aerator</li> <li>Diperlukan operator yang berpengalaman untuk melakukan operasi dan pemeliharaan.</li> <li>•</li> </ul>

No	Perbandingan	Alternatif 1 (SAP → Kolam Ekualisasi → Screw Press → Kolam Anaerobik → Kolam Aerasi → Kolam Sedimentasi → Dlsinfeksi)	Alternatif 2 (SSC → Kolam Anaerobik → Kolam Aerasi → Kolam Sedimentasi → Dlsinfeksi)
<b>2</b>	<b>Fasilitas Utama</b>		
2.1	Waktu tinggal	SAP = 1 hari Ekualisasi = 1 hari Anaerobik = 19,6 hari Aerasi = 6,25 hari Sedimentasi = 2,31 hari Desinfeksi Khlor = 0,005 jam Drying = 7 hari <b>Waktu TOTAL = 31,26 hari</b>	SSC = 14 hari Anaerobik = 18 hari Aerasi = 6,25 hari Sedimentasi = 2,58 hari Desinfeksi Khlor = 0,005 hari Drying area = 7 hari SDB = 14 hari <b>Waktu TOTAL = 47,83 hari</b>
<b>3</b>	<b>Kapabilitas Pengolahan</b>		
3.1	Kualitas efluen	Diasumsikan efluen IPLT adalah: BOD = 21,00 mg/l TSS = 6,00 mg/l Minyak Lemak = 4,73 mg/l COD = 78,75 mg/l Amonia = 7,98 mg/l Total Coliform = 1.000 MPN/100ml	Diasumsikan efluen IPLT adalah: BOD = 10,50 mg/l TSS = 12,00 mg/l Minyak Lemak = 3,78 mg/l COD = 15,75 mg/l Amonia = 7,98 mg/l Total Coliform = 100 MPN/100ml
<b>4</b>	<b>Kebutuhan Area</b>		
	Kebutuhan area dan ketersediaan lahan	Ketersediaan lahan = 5.525 m <sup>2</sup> Kebutuhan area = 431,00 m <sup>2</sup> % lahan terpakai = 7,8%	Ketersediaan lahan = 5.525 m <sup>2</sup> Kebutuhan area = 1.250,50 m <sup>2</sup> % lahan terpakai = 22,63%
<b>5</b>	<b>Aspek Operasional</b>		
	Operasi terhadap debit fluktuatif	Lumpur tinja yang telah disedot dan diterima oleh unit penerima berupa SAP. Jam operasional IPLT berkisar 9 jam sehari 08.00 – 12.00 dan 13.00-16.00) termasuk istirahat pada 12.00-13.00. Unit pengolahan sudah mempertimbangkan jam puncak produksi lumpur tinja.	Lumpur tinja yang telah disedot dan diterima oleh unit penerima manual pada awal SSC. Jam operasional IPLT berkisar 9 jam sehari 08.00 – 12.00 dan 13.00-16.00) termasuk istirahat pada 12.00-13.00. Unit pengolahan sudah mempertimbangkan jam puncak produksi lumpur tinja.
5.4	Operasional dan Pemeliharaan	<b>Unit penerima dan pemisah padatan cairan:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Operator mengarahkan sambungan dari truk tinja pada pipa penerima SAP.</li><li>• Menyiapkan karung untuk menampung sampah dari unit SAP</li></ul>	<b>Unit penerima dan pemisah padatan cairan:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Operator mengarahkan pembuangan dari truk tinja menuju area penerima pada awal SSC.</li></ul>

No	Perbandingan	Alternatif 1 (SAP → Kolam Ekualisasi → Screw Press → Kolam Anaerobik → Kolam Aerasi → Kolam Sedimentasi → DIsinfeksi)	Alternatif 2 (SSC → Kolam Anaerobik → Kolam Aerasi → Kolam Sedimentasi → DIsinfeksi)
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Membersihkan minyak yang tertahan pada bagian atas lapisan SAP, kemudian menampungnya pada karung</li> <li>Sampah dan minyak hasil dari SAP dibuang ke tempat sampah/kontainer yang tersedia.</li> <li>Operasional SAP dan pemantauan control panel untuk SAP.</li> <li>Pembersihan stone trap/perangkap batu dan kerikil, minimal 2 kali dalam sebulan.</li> <li>Pada akhir periode harian, membersihkan sampah dan minyak yang tertahan pada SAP.</li> <li>Menghidupkan manual atau otomatis pompa submersible lumpur dari kolam ekualisasi.</li> <li>Operasional dan pemantauan control panel untuk screw press.</li> <li>Mengangkut tampungan padatan hasil screw press menuju drying area.</li> <li>Lumpur yang sudah kering dapat ditampung pada gudang kompos dan diangkut menuju TPA.</li> <li>Menyiapkan polimer untuk katalis di screw press.</li> <li>Memantau dan kontrol dosing polimer mengalir ke screw press.</li> <li>Pada akhir periode harian, membilas screw press dengan air bersih.</li> <li>Memastikan mixer bekerja dengan baik.</li> <li>Servis dan perawatan untuk SAP, screw press, pompa dosing polimer, mixer.</li> <li>Pemantauan dan pencatatan debit memalui flow meter yang tersedia pada SAP dan screw press.</li> <li>Pada kondisi bay pass dari SAP, membersihkan sampah yang tertahan pada kolam ekualisasi.</li> </ul> <p><b>Unit pengolah cairan:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pembersihan sampah yang mengapung pada permukaan kolam ekualisasi, anaerobik, aerasi, sedimentasi, klorinasi dan biopod ponds.</li> <li>Memantau operasional aerator, memastikan gelembung sampai pada kolam aerasi.</li> <li>Memantau root blower/aerator berfungsi dengan baik dan memeriksa kontrol panel aerator.</li> <li>Menambahkan klorin cair pada tabung yang telah disediakan.</li> <li>Memeriksa dan memantau proses klorinasi dengan dosing klorin</li> <li>Memeriksa dan memantau mixer pada penampungan klorin cair beroperasional.</li> <li>Memeriksa aliran gravitasi dari kolam anaerobik menuju kolam aerasi, selanjutnya kolam sedimentasi ke kolam disinfeksi mengalir pada inlet dan outlet pada tiap kolam tersebut.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perlu dilakukan pembersihan sampah yang tertahan pada bar screen dengan garu dan serok jaring.</li> <li>Mengambil dan membersihkan minyak yang tertahan pada grease trap di awal SSC dengan serok dan sekop.</li> <li>Pengambilan cake/lapisan lumpur tinja yang tertahan diatas gravel dan pasir menuju drying area.</li> <li>Pengambilan dapat menggunakan sekop dan cangkul, diangkut dengan gerobak sorong.</li> <li>Penambahan kembali pasir yang terangkat pada pengambilan cake.</li> <li>Penghamparan cake pada drying area agar mengalami pengeringan dengan bantuan sinar matahari.</li> <li>Lumpur yang telah mengalami pengeringan di drying area selama 7 hari biasanya berbentuk gumpalan besar.</li> <li>Gumpalan lumpur yang telah kering, untuk homogenisasi lumpur dapat dicacah menggunakan pencacah tanah.</li> <li>Hasil pencacahan dapat ditampung pada gudang kompos, dan selanjutnya diaangkut menuju TPA.</li> </ul> <p><b>Unit pengolah cairan:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pembersihan sampah yang mengapung pada permukaan kolam ekualisasi, anaerobik, aerasi, sedimentasi, klorinasi dan biopod ponds.</li> <li>Memantau operasional aerator, memastikan gelembung sampai pada kolam aerasi.</li> <li>Memantau root blower/aerator berfungsi dengan baik dan memeriksa kontrol panel aerator.</li> <li>Menambahkan klorin cair pada tabung yang telah disediakan.</li> <li>Memeriksa dan memantau proses klorinasi dengan dosing klorin</li> <li>Memeriksa dan memantau mixer pada penampungan klorin cair beroperasional.</li> <li>Memeriksa aliran gravitasi dari kolam anaerobik menuju kolam aerasi, selanjutnya kolam sedimentasi ke kolam disinfeksi mengalir pada inlet dan outlet pada tiap kolam tersebut.</li> </ul>

No	Perbandingan	Alternatif 1 (SAP → Kolam Ekualisasi → Screw Press → Kolam Anaerobik → Kolam Aerasi → Kolam Sedimentasi → DIsinfeksi)	Alternatif 2 (SSC → Kolam Anaerobik → Kolam Aerasi → Kolam Sedimentasi → DIsinfeksi)
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Menambahkan klorin cair pada tabung yang telah disediakan.</li> <li>Memeriksa dan memantau proses klorinasi dengan dosing klorin</li> <li>Memeriksa dan memantau mixer pada penampungan klorin cair beropersonal.</li> <li>Memeriksa aliran gravitasi dari kolam anaerobik menuju kolam aerasi, selanjutnya kolam sedimentasi ke kolam disinfeksi mengalir pada inlet dan outlet pada tiap kolam tersebut.</li> <li>Perlu dilakukan penyedotan lumpur setiap 6 bulan sekali pada kolam anaerobik dan sedimentasi yang dialirkan menuju kolam ekualisasi.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perlu dilakukan penyedotan lumpur setiap 6 bulan sekali pada kolam anaerobik dan sedimentasi yang dialirkan menuju SDB.</li> <li>Lumpur yang telah kering selama 14 hari di SDB, selanjutnya dikupas dan dicacah seperti lumpur kering dari SSC.</li> </ul>
<b>6</b>	<b>Biaya OM (per bulan)</b>		
6.1	Biaya Tenaga Kerja	Rp. 25.700.000,00 (pembulatan)	Rp. 30.500.000,00 (pembulatan)
6.2	Biaya Peralatan Kerja	Rp. 95.700.000,00 (pembulatan)	Rp. 11.500.000,00 (pembulatan)
6.3	Biaya Operasional Bahan	Rp. 26.200.000,00 (pembulatan)	Rp. 17.500.000,00 (pembulatan)
6.4	Biaya APD Tenaga Kerja	Rp. 500.000,00 (pembulatan)	Rp. 900.000,00 (pembulatan)
6.5	Biaya bahan bakar	Rp. 1.750.000,00 (pembulatan)	Rp. 1000.000,00(pembulatan)
6.6	Biaya Listrik	Rp. 6.950.000,00 (pembulatan)	Rp. 2.500.000,00 (pembulatan)
6.7	Biaya Pemeliharaan Peralatan	Rp. 11.250.000,00 (pembulatan)	Rp. 2.300.000,00 (pembulatan)
6.8	Biaya Pemantauan Kualitas Lingkungan	Rp. 750.000,00 (pembulatan)	Rp. 750.000,00 (pembulatan)
<b>Total Biaya</b>		<b>Rp. 168.500.000 (pembulatan)</b>	<b>Rp. 66.500.000 (pembulatan)</b>

Sumber: Analisis Tim Penyusun, 2023

#### 4.4 Pemilihan Sistem Pengolahan Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT)

Faktor-faktor yang mempengaruhi terhadap pemilihan teknologi IPLT yang akan digunakan adalah ketersediaan lahan, kinerja pengolahan, biaya investasi, biaya operasional, kapasitas pengelola, kemudahan operasional dan besaran energi listrik yang digunakan. Faktor-faktor tersebut dapat dikatakan sebagai faktor kritis pemilihan teknologi IPLT. Dengan melihat bahwa IPLT Regional Kawasan Purbalingga dan Banjarnegara merupakan pertama kali, dan belum memiliki pengalaman terhadap pengelolaan IPLT. Sehingga faktor kemudahan operasional menjadi sangat penting dalam pertimbangan pemilihan teknologi. Maka dalam pemilihan teknologi dipertimbangkan teknologi pengolahan yang cukup mudah dalam operasional harinya.

Berdasarkan pertemuan pembahasan DED IPLT Regional Kawasan Purbalingga dan Banjarnegara Provinsi Jawa Tengah, dihasilkan kesepakatan bersama bahwa sistem pengolahan yang terpilih adalah alternatif sistem pengolahan 1. Sistem pengolahan alternatif 2 adalah adalah **SSC → Kolam Anaerobik → Kolam Aerasi → Sedimentasi→ Desinfeksi → Outlet**. Hal ini menimbang faktor kemudahan dan kemampuan operasional dan perawatan yang telah disanggupi oleh calon pelaksana operasional IPLT dan menimbang biaya investasi dan biaya operasional dan perawatan yang tidak terlalu tinggi dibandingkan dengan alternatif sistem pengolahan lainnya. Untuk meningkatkan keindahan pada area IPLT ditambahkan wetlands dan biopod ponds. Dari biopod ponds outlet dari IPLT dapat digunakan untuk kegiatan penyiraman taman yang ada di area IPLT, selain itu disiapakan pipa untuk overflow menuju Sungai Serayu.

# Bab 5

## Perhitungan Unit Dimensi IPLT

### 5.1 Perhitungan Unit Dimensi IPLT Regional dengan Debit 35 m<sup>3</sup>

Sesuai dengan desain awal perencanaan IPLT Regional yaitu untuk kapasitas 35 m<sup>3</sup>/hari, maka analisisnya dapat dilihat sebagai berikut:

#### a. SSC

##### Perhitungan Dimensi SSC

Q desain	= 35 m <sup>3</sup> /hari
Laju endapan lumpur	= 20%
Laju lumpur terendapkan	= 35 m <sup>3</sup> /hari x 20%
	= 7 m <sup>3</sup> /hari
Rencana pengisian	= 6 hari (6 hari kerja dalam seminggu)
Tinggi endapan (direncanakan)	= 0,3 m
Volume endapan total	= 7 m <sup>3</sup> /hari x 6 hari
	= 42 m <sup>3</sup>
Luas Bak SSC	= 42 m <sup>3</sup> / 0,3 m
	= 140 m <sup>2</sup>
Lebar Bak Rencana	= 3,0 m
Kebutuhan panjang bak	= 140 m <sup>2</sup> / 3,0 m
	= 15,60 m
Panjang Penerima + Screen	= 3 m
Panjang Bak penghubung	= 1 m
Total Panjang	= 15,60 m + 3 m + 1 m = 19,60 m

Proses Stabilisasi	= 12 hari
Proses Pengurasan	= 2 hari
Total Pengurasan + Stabilisasi	= 14 hari
Waktu pengisian 1 bak	= 6 hari
Kebutuhan Bak	= 14 hari / 6 hari = 2,99 unit $\approx$ 3 unit
Total Bak	= 3 unit, untuk kapasitas $35 \text{ m}^3/\text{hari}$ dalam 1 minggu/1 siklus

Sehingga untuk keperluan operasional secara bergantian, maka diperlukan 3 kali kapasitas 1 minggu, dan 1 kali lagi kapasitas 1 minggu untuk cadangan. Sehingga diperlukan 4 kali siklus/1 minggu. Dalam 1 siklus/1 minggu diperlukan 3 bak SSC, sehingga total kebutuhan kolam SSC adalah  $3 \times 4 = 12$  kolam.

#### Skema pengisian lumpur tinja per bak SSC

Hari ke-1 (lumpur yang terendapkan)	= $35 \text{ m}^3/\text{hari} \times 20\% = 7 \text{ m}^3/\text{hari}$ , tinggi endapan 0,05 m.
Hari ke-2 (lumpur yang terendapkan)	= $35 \text{ m}^3/\text{hari} \times 20\% = 7 \text{ m}^3/\text{hari}$ , tinggi endapan 0,10 m.
Hari ke-3 (lumpur yang terendapkan)	= $35 \text{ m}^3/\text{hari} \times 20\% = 7 \text{ m}^3/\text{hari}$ , tinggi endapan 0,15m.
Hari ke-4 (lumpur yang terendapkan)	= $35 \text{ m}^3/\text{hari} \times 20\% = 7 \text{ m}^3/\text{hari}$ , tinggi endapan 0,20 m.
Hari ke-5 (lumpur yang terendapkan)	= $35 \text{ m}^3/\text{hari} \times 20\% = 7 \text{ m}^3/\text{hari}$ , tinggi endapan 0,25 m.
Hari ke-6 (lumpur yang terendapkan)	= $35 \text{ m}^3/\text{hari} \times 20\% = 7 \text{ m}^3/\text{hari}$ , tinggi endapan 0,40 m.
<u>Total Lumpur yang terendapkan selama 6 hari</u>	<u>= <math>42 \text{ m}^3/\text{hari}</math> dengan tinggi 0,3 m</u>

### Hasil Perhitungan SSC

Jumlah Bak	= 12 unit
Volume lumpur per bak SSC	= $35 \text{ m}^3/\text{hari} \times 20\% \times 6 \text{ hari}$
	= $42 \text{ m}^3$
Ketinggian air/Supernatan	= 0,2 m
Ketinggian Lumpur	= 0,3 m
Tebal Gravel (15-30 mm)	= 0,2 m
Tebal Pasir	= 0,2 m
Free Board	= 0,3 m
Ketinggian beton perforasi	= 0,15 m
Ketinggian ruang kosong	= 0,3 m
<b>Kedalaman Total</b>	<b>= 1,65 m</b>
<b>Panjang Bak</b>	<b>= <math>15,6 \text{ m} + 3 \text{ m} + 1 \text{ m} = 19,6 \text{ m}</math></b>
<b>Lebar Bak</b>	<b>= 3,0 m</b>
<b>Debit air limbah setelah SSC</b>	<b>= <math>35 - 7 = 28 \text{ m}^3/\text{hari}</math></b>

### Parameter Inlet

BOD <sub>5</sub>	= 5.200 mg/L
TSS	= 18.000 mg/L
Minyak dan Lemak	= 1.400 mg/L
COD	= 12.700 mg/L
Amonia	= 190 mg/L
Total Coliform	= 40.000.000 MPN/100mL

### Presentase Penyisihan

BOD <sub>5</sub>	= 50% <sup>1)</sup>
TSS	= 90% <sup>1)</sup>
Minyak dan Lemak	= 85% <sup>2)</sup>
COD	= 80% <sup>3)</sup>
Amonia	= 0%
Total Coliform	= log 2

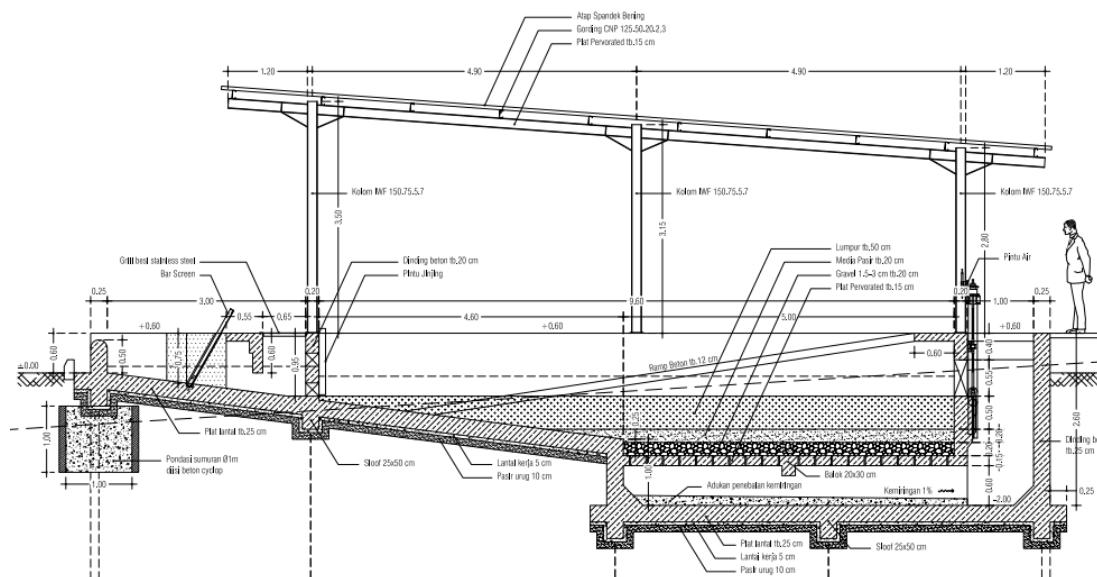
Keterangan:

1) Dwi Wulandari, 2018

2) Jurnal A Survey on the Removal Efficiency of Fat, Oil and Grease in Shiraz Municipal Wastewater Treatment Plant, 2014

3) Mara, 2003. Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries. USA: Earthscan  
**Parameter Outlet**

BOD <sub>5</sub>	= 2.600 mg/L
TSS	= 1.800 mg/L
Minyak dan Lemak	= 140 mg/L
COD	= 2.540 mg/L
Amonia	= 190 mg/L
Total Coliform	= 400.000 MPN/100mL



**Gambar 5. 1**  
**Potongan Detail SSC Rencana**  
Sumber: Analisis Tim Penyusun, 2023

### Drying Area

Pada bak *drying area* menampung lumpur dari SSC. Parameter yang masuk ke *Drying Area* adalah sebagai berikut:

1. TSS = 9.000,00 mg/l

Berdasarkan analisis dalam buku *Fecal Sludge Management* maka besaran TSS di pengendapan meningkat mencapai 60.000 mg/L, dari awal lumpur tinja masuk yaitu 15.000 mg/L.

2. Total coliform = 400.000 MPN/100 mL

Perencanaan *Drying Area* dilakukan dengan menggunakan kriteria desain berikut:

Waktu pengeringan cake = 7 – 15 hari (diambil 7 hari)

Waktu pengambilan cake = 1 hari

Ketebalan cake = 0,3 m

Kadar air (P) = 20 %

Kadar Solid (Pi) = 80 %

1 unit *Drying area* menampung cake dari 1 unit SSC, digunakan untuk 12 kolam SSC dengan bergantian. Penjelasan lebih lanjut dapat dilihat pada jadwal operasional SSC dan DA.

Volume Lumpur Kering dari 1 SSC = 42 m<sup>3</sup>/hari

Volume Solid (80%) = 33,60 m<sup>3</sup>

Volume Air (20%) = 8,40 m<sup>3</sup>

Kebutuhan luas per *drying area* = 33,60 m<sup>3</sup> : 0,30 m  
= 112 m<sup>2</sup>

Ketinggian free board = 0,3 m

Tebal Pasir = 0,1 m

Tebal gravel (d: 7-15mm) = 0,1 m

Tebal gravel (d: 15-30mm) = 0,2 m

Tebal lumpur rencana = 0,3 m

Kedalaman Total = 1 m

Maka dimensi 1 bak *drying area* eksisting

Lebar = 7,5 m

Panjang = 8 m

Luas = 60 m<sup>2</sup>

Jumlah unit = 2 unit

Luas Total = 120 m<sup>2</sup>

**Tabel 5.1**  
**Jadwal Penggunaan SSC dan Drying Area**

Unit	Kegiatan	Tanggal																																															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
SSC 1	Pengisian																																																
	Pengeringan																																																
	Penen Cake																																																
DA	Pengisian																																																
	Pengeringan																																																
	Penen Cake																																																
SSC 2	Pengisian																																																
	Pengeringan																																																
	Penen Cake																																																
DA	Pengisian																																																
	Pengeringan																																																
	Penen Cake																																																
SSC 3	Pengisian																																																
	Pengeringan																																																
	Penen Cake																																																
DA	Pengisian																																																
	Pengeringan																																																
	Penen Cake																																																
SSC 4	Pengisian																																																
	Pengeringan																																																
	Penen Cake																																																
DA	Pengisian																																																
	Pengeringan																																																
	Penen Cake																																																

## b. Kolam Anaerobik

Parameter yang masuk ke anaerobik adalah sebagai berikut (menggunakan asumsi efisiensi penyisihan rencana dari kriteria desain):

- Debit setelah SSC = 28 m<sup>3</sup>/hari
- BOD5 = 2.600 mg/L
- TSS = 1.800 mg/L
- Minyak dan Lemak = 140 mg/L
- COD = 2.540 mg/L
- Amonia = 190 mg/L
- Total Coliform = 400.000 MPN/100mL

Desain perencanaan di Kolam Anaerobik adalah sebagai berikut:

- BOD volumetrik = 100 - 350 mg/L hari
- Efisiensi Penyisihan TSS = 80% (Buku A IPLT)
- Efisiensi Penyisihan BOD = 80% (Fecal Sludge Management)
- Efisiensi Penyisihan COD = 70% (Heins, 1998)
- Efisiensi Penyisihan Minyak/Lemak= 70% (Mara, 2003, Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries. USA: Earthscan)

Karena menggunakan sistem pipa outlet yang tercelup maka prinsipnya seperti pada grease trap sehingga penyisihan untuk minyak/lemak pada bak pengendap di asumsikan sama dengan penyisihan minyak/lemak pada grease trap yaitu 70-90%

- Efisiensi Penyisihan Fecal Coliform= log 1 (Mara, 2003, Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries. USA: Earthscan)

Perhitungan volume kolam anaerobik adalah sebagai berikut :

- Beban BOD Influent = Debit Lumpur Tinja x BOD Influent  
= 28 m<sup>3</sup>/Hari x 2,600 mg/L = 72,80 kg/Hari
- Volume Kolam Minimum = Beban BOD Influent / Laju Beban BOD  
= 72,80 kg/Hari / 350 gr/m<sup>3</sup>.hari = 208,00 m<sup>3</sup>

Desain perencanaan adalah sebagai berikut

- Persentase *dry solid* = 10%
- Persentase digest lumpur = 10%

- Massa jenis lumpur =  $1.030 \text{ kg/m}^3$
- Waktu pengambilan lumpur 180 hari sekali atau 6 bulan sekali
- Akumulasi lumpur =  $Q \times C_{TSS} \times \text{Persentase penyisihan TSS}$   
 $= 28 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1.376,25 \text{ mg/l} \times 80\%$   
 $= 40,32 \text{ kg/hari}$

Akumulasi lumpur setelah pengendapan = Akumulasi lumpur  $\times (1-\% \text{ digest})$   
 $= 40,32 \text{ kg/hari} \times (1-10\%)$   
 $= 36,29 \text{ kg/hari}$

Volume lumpur setelah penguraian =  $\frac{\text{akumulasi\_lumpur\_pengendapan}}{\rho_{lumpur} \times \% \text{ solid}}$   
 $= \left( \frac{36,29 \text{ kg/hari}}{1030 \text{ kg/m}^3 \times 10\%} \right) = 0,35 \text{ m}^3/\text{hari}$

Volume lumpur =  $6 \text{ bulan} \times 30 \text{ hari} \times \text{debit lumpur}$   
 $= 180 \text{ hari} \times 0,35 \text{ m}^3/\text{hari} = 63,42 \text{ m}^3$

Volume total = volume kolam minimum + volume lumpur  
 $= 208 \text{ m}^3 + 63,42 \text{ m}^3$   
 $= 271,42 \text{ m}^3$

Direncanakan Volume Kolam =  $271,42 \text{ m}^3$

Direncanakan pararel 2 unit kolam

Direncanakan Kedalaman Kolam =  $3,5 \text{ m}$

Rasio Panjang : Lebar =  $2: 1$

Volume 1 Kolam = Volume Kolam Rencana/Jumlah Kolam  
 $= 271,42 \text{ m}^3 / 2 = 135,71 \text{ m}^2$

Luas Permukaan 1 Kolam = Volume Kolam Rencana/Kedalaman Kolam  
 $= 135,71 \text{ m}^3 / 3,5 \text{ m} = 38,77 \text{ m}^2$

Luas Permukaan Kolam = Panjang  $\times$  Lebar

Luas Permukaan Kolam =  $2 \text{ Lebar} \times \text{Lebar}$

Lebar =  $(\text{Luas Permukaan Kolam} / 2)^{0,5}$

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar} &= (38,77 / 2)^{0,5} \\
 \text{Lebar} &= 4,4 \text{ m} \approx 5 \text{ m} \\
 \text{Panjang} &= 2 \times L = 2 \times 5 = 10 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Direncanakan dimensi bak anaerobik yang terdiri dari 2 unit adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= 10 \text{ m} \\
 \text{Lebar} &= 5 \text{ m} \\
 \text{Kedalaman} &= 3,5 \text{ m} \\
 \text{Free board} &= 0,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

#### Cek Volum Bak Anaerobik

$$\begin{aligned}
 V &= 10 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \times 2 \text{ unit} \\
 &= 350 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

#### Cek Waktu tinggal di Bak Anaerobik

$$\begin{aligned}
 td &= 350 \text{ m}^3 / 28 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 12,5 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Menurut Barners, Blissm, et al (1981), waktu tinggal pada bak anaerob adalah 8 – 40 hari.

Sehingga waktu tinggal masih masuk dalam rentang kriteria.

$$\begin{aligned}
 \text{Ketinggian lumpur saat pemompaan} &= \frac{\text{Volume Lumpur (m}^3\text{)}}{\text{Luas}} \\
 &= \frac{63,42 \text{ m}^3}{(10 \times 5) \text{ m} \times 2} \\
 &= 0,63 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Rencana penyedotan lumpur yang terbentuk pada proses penguraian zat organik di bak anaerobik dilakukan dengan durasi setiap 6 bulan sekali dengan perkiraan ketinggian lumpur adalah 64 cm dari dasar bak anaerobik.

Menghitung efisiensi penyisihan parameter di anaerobik berdasarkan dimensi terpilih

- Perhitungan penyisihan BOD desain terpilih

Perhitungan konstanta penyisihan BOD

$$Ki = 0,25 (1,06)^{(T-20)}$$

$$= 0,25 (1,06)^8$$

$$= 0,3984$$

Perhitungan BOD pada efluen desain terpilih

BOD efluen dari bak pengendap (dengan nilai BOD inlet rencana = 5.104 mg/l)

$$Le = \frac{Li}{1 + K1\theta f}$$

$$Le = \frac{2.600 \text{ mg/l}}{1 + 0,398 \times 12,5 \text{ hari}}$$

$$Le = 434,73 \text{ mg/l}$$

Maka dapat dihitung BOD removalnya

$$BOD \text{ removal} = \frac{2.600 - 434,73}{2.600} \times 100\%$$

$$BOD \text{ removal} = 83,28 \%$$

BOD removal pada dimensi terpilih yaitu 83,28% lebih besar dari pada BOD penyisihan rencana menggunakan kriteria desain yaitu 80%. Efluent BOD sebesar 434,73 mg/l.

- TSS effluent rencana

$$= TSS \text{ in} - (TSS \text{ removal})$$

$$= 1.800 \text{ mg/l} - (80\% \times 1.800 \text{ mg/l})$$

$$= 360 \text{ mg/L}$$

- COD effluent rencana

$$= COD \text{ in} - (COD \text{ removal})$$

$$= 2.540 \text{ mg/l} - (70\% \times 2.540 \text{ mg/l})$$

$$= 762 \text{ mg/L}$$

Sedangkan jika dibandingkan dengan rasio BOD/COD yang biasanya berkisar 0,4-0,8 pada limbah domestik maka nilai COD setelah keluar dari kolam pengendap adalah Rasio BOD/COD = 0,6

$$\text{COD effluent} = 0,6 \times 434,73 \text{ mg/l}$$

$$\text{COD effluent} = 260,84 \text{ mg/l}$$

Dengan efisiensi penyisihan COD adalah 89,7 %

- Ammonia effluent rencana, karena hampir tidak terjadi penyisihan nitrogen maka dianggap penyisihan ammonia adalah 0%
  - = Ammonia in – (Ammonia removal)
  - =  $190 \text{ mg/l} - (0\% \times 190 \text{ mg/l})$
  - =  $190 \text{ mg/L}$
- *Fecal coliform* effluent rencana
  - =  $40.000 \text{ MPN}/100mL$
- Minyak dan Lemak effluent rencana
  - = Minyak lemak in – (Minyak lemak removal)
  - =  $210 \text{ mg/l} - (70\% \times 210 \text{ mg/l})$
  - =  $63 \text{ mg/L}$

Cek beban permukaan

$$\text{Beban permukaan} = \frac{Q}{A}$$

$$\text{Beban permukaan} = \frac{28 \text{ m}^3/\text{hari}}{100 \text{ m}^2}$$

$$\text{Beban permukaan} = 0,28 \text{ m/hari}$$

Cek BOD Volumetrik

$$td = \frac{\text{BOD influent}}{\text{BOD Volumetrik}}$$

$$\text{BOD Volumetrik} = \frac{\text{BOD influent}}{td}$$

$$\text{BOD Volumetrik} = \frac{2.600 \text{ mg/l}}{12,5 \text{ hari}}$$

$$\text{BOD Volumetrik} = 208 \text{ mg/l.hari}$$

Sehingga BOD Volumetrik adalah 208 mg/l.hari, lebih kecil dari pada perencanaan yaitu sebesar 350 mg/l.hari.

Debit yang menuju ke kolam aerasi adalah :

Perhitungan Debit Efluen ..(1)

$$Q_e = Q_i - 0,001 \times e \times A$$

Keterangan:

$Q_e$  = Debit efluen ( $m^3/hari$ )

$Q_i$  = Debit influen ( $m^3/hari$ )

$e$  = laju evaporasi (mm/tahun)

$A$  = Luas Area ( $m^2$ )

Dengan besaran parameter outlet sebagai berikut:

$BOD_5$  = 520 mg/L

TSS = 360 mg/L

Minyak dan Lemak = 42 mg/L

COD = 762 mg/L

Amonia = 190 mg/L

Total Coliform = 40.000 MPN/100mL

### c. Kolam Aerasi

Parameter yang masuk ke kolam aerasi adalah sebagai berikut:

$BOD_5$  = 520 mg/L

TSS = 360 mg/L

Minyak dan Lemak = 42 mg/L

COD = 762 mg/L

Amonia = 190 mg/L

Total Coliform = 40.000 MPN/100mL

Debit inlet = 28  $m^3/hari$

### Rencana Presentase Penyisihan

$BOD_5$  = 90% <sup>1)</sup>

TSS	= 80% <sup>2)</sup>
COD	= 90% <sup>3)</sup>
Minyak dan Lemak	= 70% <sup>4)</sup>
Amonia	= 90% <sup>5)</sup>
Total Coliform	= log 2 <sup>6)</sup>

Keterangan:

- 1) Tchobanoglous, 1991
- 2) Tchobanoglous, 1993
- 3) Heins, 1998
- 4) Jurnal A Survey on the Removal Efficiency of Fat, Oil and Grease in Shiraz Municipal Wastewater Treatment Plant, 2014
- 5) Mara, 2003, Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries. USA: Earthscan
- 6) Module 5: Disinfection and Chlorination, Penn State Harrisburg Environmental Training, 2016

Analisis perhitungan kinetika berikut menggunakan debit rencana sebesar 28 m<sup>3</sup>/hari dan menggunakan kebutuhan O<sub>2</sub> rencana sebesar 3,0 kg O<sub>2</sub>/kg BOD karena kebutuhan O<sub>2</sub> eksisting tidak diketahui.

Debit rencana	= 28 m <sup>3</sup> /hari
TSS in	= 360 mg/L
TSS out	= 72 mg/L (dengan efisiensi removal 80%)
BOD in	= 520 mg/L
BOD out	= 52 mg/L (dengan efisiensi removal 90%)
Y	= 0,65 g/g
Ks	= 100 g/m <sup>3</sup>
k	= 6 g/g.d
kd	= 0,07 g/g.d
K20	= 2,5 d <sup>-1</sup>
Suhu 1	= 27 °C
Suhu 2	= 22 °C
Θ	= 1,06
α	= 0,85
β	= 1

Kebutuhan O<sub>2</sub> aerator = 3,00 kg O<sub>2</sub>/kg BOD

Kedalaman Bak = 3,50 m

Td rencana = 5 hari

a. Menentukan luas permukaan lagoon

Volume =  $Q \times t_d$  rencana

=  $28 \text{ m}^3/\text{hari} \times 5 \text{ hari}$

=  $140 \text{ m}^3$

Luas Permukaan =  $V / D$

=  $140 \text{ m}^3 / 3,5 \text{ m} = 40 \text{ m}^2$

Rasio Panjang : Lebar = 2 : 1

Luas Permukaan Kolam =  $40 \text{ m}^2$

Luas Permukaan Kolam = Panjang x Lebar

Luas Permukaan Kolam = 2 Lebar x Lebar

Lebar =  $(\text{Luas Permukaan Kolam} / 2)^{0,5}$

Lebar =  $(40 / 2)^{0,5}$

Lebar =  $4,47 \text{ m} \approx 5 \text{ m}$

Panjang =  $2 \times L = 2 \times 5 = 10 \text{ m}$

Cek luas =  $50 \text{ m}^2$

Cek td = 6,25 hari

Direncanakan dimensi bak aerobik yang terdiri dari 1 unit adalah:

Panjang = 10 m

Lebar = 5 m

Kedalaman = 3,5 m

*Free board* = 0,5 m

### Perhitungan Lumpur :

Pengurangan BOD =  $90\% \times 520 \text{ mg/l}$

= 468 mg/l

Volume lumpur selama satu tahun adalah

=  $0,005 \text{ l/gr} \times (468 \text{ gr/m}^3 \times 28 \text{ m}^3) \times 30 \text{ hari} \times 12 \text{ bulan}$

=  $23,6 \text{ m}^3$

Jika disimpan selama satu tahun maka volume lumpur akan berkurang menjadi sekitar 82%, maka volume lumpur menjadi:

$$= 82\% \times 5,88 \text{ m}^3$$

$$= 19,3 \text{ m}^3$$

#### **Perhitungan aerator rencana :**

a. Kebutuhan O<sub>2</sub> rencana = 3,00 kg O<sub>2</sub>/kg BOD (dipilih agar lebih besar dari 1,5)

b. Debit = 28 m<sup>3</sup>/hari ≈ 4 m<sup>3</sup>/jam

BOD in = 520 mg/L ≈ 0,52 kg/m<sup>3</sup>

c. Beban BOD = BOD in x debit

$$= 0,52 \text{ kg/m}^3 \times 28 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 14,56 \text{ kg BOD/hari} \approx 0,6 \text{ kg BOD/jam}$$

d. Kebutuhan oksigen untuk BOD = Beban BOD x kebutuhan O<sub>2</sub>

$$= 0,6 \text{ kg BOD/jam} \times 3,00 \text{ kg O}_2/\text{kg BOD}$$

$$= 1,82 \text{ kg O}_2/\text{jam}$$

e. FTR = 1,2 kg O<sub>2</sub>/HP/jam

f. Power = Kebutuhan oksigen : FTR

$$= 1,82 \text{ kg O}_2/\text{jam} : 1,2 \text{ kg O}_2/\text{HP/jam}$$

$$= 1,5 \text{ HP} \approx 1,13 \text{ kW}$$

Air limbah yang diolah adalah dari lumpur tinja, yang memuliki karakteristik memiliki TSS tinggi. Untuk menghindari clogging pada disk diffuser maka digunakan jenis ecorator yang juga memiliki masa penggantian sampai 10 tahun. Sumber udara berasal dari root blower dengan dengan daya 2 HP, untuk kedalaman 3,5 m. Kebutuhan root blower dengan kapasitas 2HP terpasang 2 unit, untuk digunakan secara bergantian.

#### **d. Kolam Sedimentasi**

Bak pengendap awal berfungsi untuk mengendapkan partikel lumpur, pasir dan kotoran organik tersuspensi serta mengurai senyawa organik yang berbentuk padatan, *sludge digestion* (pengurai lumpur) dan penampung lumpur.

- Kualitas influen:

Debit ke Sedimentasi = 28 m<sup>3</sup>/hari

BOD in	= 52 mg/l
TSS in	= 72 mg/l
COD in	= 76,2 mg/l
Ammonia in	= 19 mg/l
Minyak/lemak in	= 12,60 mg/l
Total Coliform in	= 20.000 MPN/100 ml

- Penyisihan direncanakan

BOD	= 70% (Metcalf,1991)
TSS	= 80% (Qasim, 1985)
COD	= 50% (Manual Teknologi Tepat Guna Pengolahan Air Limbah, 2014)
Minyak/lemak	= 70% ( <i>Jurnal A Survey on the Removal Efficiency of Fat, Oil and Grease in Shiraz Municipal Wastewater Treatment Plant, 2014</i> )
Total Coliform	= 50% ( <i>Mara, 2003</i> )

Berdasarkan Buku Panduan B SPALDT, kriteria desain bak sedimentasi sebagai berikut:

**Tabel 5. 2**  
**Kriteria Desain Bak Sedimentasi**

No	Parameter	Simbol	Satuan	Besaran	Sumber	
1	Overflow rate	Qr	30 - 50	$m^3/m^2.hari$	Qasim, 1985	
	Debit rata-rata		70 - 130			
	Debit puncak					
2	Waktu Detensi	td	1-2	jam	Qasim, 1985	
			1,5 - 2,5		Metcalf & Eddy, 1991	
3	Beban Permukaan		124 - 496	$m^3/m^2.hari$	Metcalf & Eddy, 1991	
<b>Dimensi</b>						
4	Bentuk Kotak (rectangular)				Qasim, 1985	
	Panjang	p l h	10 - 100	m m m		
	Lebar		6 - 24			
	Kedalaman		2,5 - 5			
	P:L		1 - 7,5D			
	P:T		04 - 02 - 25			
5	Bentuk Lingkaran (circular)					
	Diameter	d	3 - 60	m		
6	Kedalaman	m	3 - 6	m	Metcalf & Eddy, 1991	
	Penyisihan SS		50 - 70	%		
7	Penyisihan BOD		25 - 40	%		
8	Kemiringan Dasar	S	1 - 2	%	Qasim, 1985	



Sumber: Buku Panduan B SPALDT, 2018

- Kualitas efluen:

BOD out	= 15,6 mg/l
TSS out	= 14,4 mg/l
COD out	= 36,8 mg/l
Amoniak out	= 13,3 mg/l
Minyak/Lemak out	= 3,78 mg/l
Total Coliform out	= 10.000 MPN/100 ml

- Waktu tinggal = 2 hari
- Debit Limbah = 28 m<sup>3</sup>/hari
- Hitung volume bak

$$\begin{aligned} V &= 2 \text{ hari} \times 28 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 55,86 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Hitung dimensi

Panjang	= 10,00 m
Lebar	= 3,00 m
Kedalaman	= 3 m

- Cek Volume Bak Sedimentasi

$$\begin{aligned} V &= 10 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 3 \text{ m} \\ &= 90 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Cek beban permukaan dan waktu tinggal

$$\begin{aligned} \text{Beban permukaan} &= \frac{Q}{A} = \frac{28 \text{ m}^3/\text{hari}}{(10 \text{ m} \times 3 \text{ m})} \\ &= 0,93 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu tinggal} &= \frac{\text{Volume}}{Q} = \frac{(90 \text{ m}^3)}{(28 \text{ m}^3/\text{hari})} \\ &= 3,22 \text{ hari} \end{aligned}$$

#### e. Desinfeksi dengan Khlor

Untuk mendukung proses pengurangan bakteri patogen maka dilakukan tambahan disinfeksi. Pembubuhan klorin menggunakan pompa dosing klorin yang sudah dilengkapi

dengan kontainer penampung. Dipilih metode ini karena untuk memudahkan dalam operasional dan debit dalam sehari masih belum besar.

Dalam menentukan dosis klorin perlu mempertimbangkan kebutuhan klorin untuk air limbah, kehilangan klorin selama waktu kontak, dan sisa klorin untuk penyisihan bakteri patogen. Tipikal nilai untuk nilai kehilangan klorin selama waktu kontak adalah 2-4 mg/l untuk waktu kontak selama 1 jam. Untuk limbah yang telah melalui pengolahan sekunder dengan proses biologis membutuhkan dosis klorin berkisar antara 2-10 mg/l dengan rencana effluent total coliform sebesar 200 MPN/100 ml dengan waktu kontak selama 30 menit. Dosis yang lebih besar diperlukan jika menginginkan nilai coliform lebih kecil lagi, contoh untuk effluent total coliform sebesar 200 MPN/100 ml diperlukan klorin sebesar 5-20 mg/l. Perhitungan jumlah klorin yang diperlukan adalah sebagai berikut:

- Total coliform sebelum disinfeksi ( $N_0$ ) = 10.000 MPN/100 ml
- Total coliform setelah disinfeksi ( $N$ ) = 200 MPN/100 ml
- Debit = 28 m<sup>3</sup>/hari
- Dosis klorin = 14 mg/l
- Kehilangan klorin saat kontak = 2,5 mg/l
- Waktu kontak rencana = 30 menit

Menentukan sisa klor adalah sebagai berikut:

$$\frac{N}{N_0} = \left( \frac{Crt}{b} \right)^{-n}$$

Dengan nilai b = 4,0

nilai n = 2,8

$$\frac{200}{10.000} = \left( \frac{Cr \times 30 \text{ menit}}{4} \right)^{-2,8}$$

Cr= 0,539mg/l

Sehingga kebutuhan klorin yang diperlukan yaitu

$$= 14 \text{ mg/l} + 2,5 \text{ mg/l} + 0,539 \text{ mg/l}$$

$$= 17,039 \text{ mg/l}$$

$$= 17,039 \text{ g/m}^3$$

Sehingga kebutuhan klorin setiap harinya adalah

$$= 17,039 \text{ g/m}^3 \times 28 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 475,89 \text{ g/hari} = 0,47 \text{ Kg/hari}$$

Jika dilakukan pembubuhan klorin berupa bubuk yaitu kalsium hipoklorit, dibutuhkan sebesar 0,47 kg/hari. Kaporit memiliki densitas sebesar  $860 \text{ kg/m}^3$  memiliki konsentrasi Cl sebesar 5% dan maka perlu untuk diketahui debit pembubuhan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Volume Kaporit} &= \frac{\text{Massa kaporit}}{\text{Densitas kaporit}} = \frac{0,47 \text{ kg/hari}}{860 \text{ kg/m}^3} \\ &= 0,0006148 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

$$\text{Volume Larutan} = \text{Volume kaporit} + \text{volume palarut}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume larutan} &= \frac{100}{5} \times 0,00061 = 0,01168 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 11,68 \text{ liter/hari}\end{aligned}$$

Selanjutnya dihitung debit yang diperlukan dan diatur dalam pompa dosing

$$\begin{aligned}\text{Debit pompa klorin} &= \frac{\text{Volume larutan}}{24 \text{ jam}} \\ &= \frac{11,68 \text{ liter/hari}}{24 \text{ jam}} \\ &= 0,487 \text{ liter/jam}\end{aligned}$$

Waktu yang direncanakan untuk kontak dengan klorin adalah 30 menit sehingga kebutuhan luasan kolam minimal adalah =

$$V = td \times Q$$

$$\begin{aligned}V &= \left(\frac{0,5}{6}\right) \times 28 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \\ &= 0,388 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Pada perencanaan dipilih dimensi sebagai berikut:

$$\text{Panjang} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 0,7 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Cek Volume} &= 3 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 0,7 \text{ m} \\ &= 0,6 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Cek td di kolam disinfeksi

$$td = \frac{V}{Q}$$

$$td = \frac{0,63 \text{ m}^3}{28 \text{ m}^3/\text{hari}}$$

= 0,54 jam

### **Penyisihan direncanakan**

BOD	= 30%
TSS	= 0%
COD	= 25%
Ammonia	= 40%
Total Coliform	= 99,99%

### **Parameter Outlet:**

BOD	= 10,92 mg/l
TSS	= 14,4 mg/l
COD	= 28,58 mg/l
Amoniak	= 7,98 mg/l
Minyak/Lemak	= 3,78 mg/l
Total Coliform	= 200 MPN/100 ml

Pembubuhan klorin menggunakan pompa dosing klorin yang sudah dilengkapi dengan kontainer penampung.

### **f. Sludge Drying Bed**

Sludge drying bed digunakan untuk mengeringkan lumpur dari pengurasan yang berasal kolam anaerobik dan sedimentasi. Jangka waktu pengambilan endapan lumpur pada tiap kolam tersebut berbeda-beda. Beberapa data bak pengering lumpur adalah sebagai berikut:

1. Media pasir yang dipasang pada lapisan teratas mempunyai kriteria seperti berikut:
  - Ukuran efektif = 0,30-0,50 mm;

- Koefisien keseragaman = 5;
  - Tebal pasir = 15 – 30 cm (Peraturan Menteri PUPR No 04/PRT/M Tahun 2017);
  - Kandungan kotoran = 1 % terhadap volume pasir.
2. Media kerikil yang dipasang dalam dua lapis di bawah pasir dengan urutan dari atas sebagai berikut:
- Diameter 3-6 mm dipasang 15 cm di atas dasar bak;
  - Diameter 20-40 mm dipasang setebal 15 cm di atas pipa penangkap di kanan-kiri pipa penangkap setebal diameternya 10-15 cm.
3. Pipa peluap dengan diameter 100-150 mm dipasang pada dinding bak.
4. Waktu pengeringan 7-15 hari (Permen PUPR No 4 Tahun 2017)
5. Efisiensi penyisihan COD : 70 – 90% (Lawrence K. Wang et al.)
6. Efisiensi penyisihan SS : 95% (Lawrence K. Wang et al.)
7. Efisiensi penyisihan Fecal Coliform : 100% (bergantung waktu tinggal)  
(Lawrence K. Wang et al.)
8. Efisiensi penyisihan TS : 70 % (Nazih Shammas, 2007)
9. Area yang dibutuhkan : 0,05 m<sup>2</sup>.kapita (Lawrence K. Wang et al.)

**Tabel 5. 3**  
**Kriteria Desain Sludge Drying Bed**

No	Parameter	Keterangan
1	Ukuran bak (m <sup>2</sup> )	
	Lebar bak (m)	8
	Panjang bak (m)	30
2	Area yang dibutuhkan	
	SDB tanpa penutup atap	0,14 – 0,28 m <sup>2</sup> /kapita
	SDB dengan penutup atap	0,10 – 0,20 m <sup>2</sup> /kapita
3	Sludge loading rate	
	SDB tanpa penutup atap	100 – 300 Kg lumpur kering/m <sup>2</sup> .tahun
	SDB dengan penutup atap	150 – 400 Kg lumpur kering/m <sup>2</sup> .tahun
4	Sludge cake	20 – 40 % padatan
5	Kemiringan dasar	1 : 20
6	Kemiringan dasar pipa	1%

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 04/PRT/M/2017

Kriteria perencanaan Sludge Drying Bed yaitu:

- Waktu Pengeringan Lumpur pada Drying Area = 7-15 hari
- Waktu pengambilan Lumpur Matang = 2 hari

- Ketebalan lumpur	= 0,1 – 0,3 m
- Kadar air (P)	= 20%
- Kadar Solid (Pi)	= 80%

## Data Perencanaan

### Lumpur yang dihasilkan :

- Vol. Lumpur dari Kolam Anaerobik	= 63,42 m <sup>3</sup>	(6 bulan)
- Vol lumpur dari Kolam Sedimentasi	= 1,4 m <sup>3</sup>	(1 tahun)

Volume lumpur terbesar berasal dari kolam anaerobic yang dilakukan pengurasan selama 6 bulan sekali, dan selanjutnya lumpur dari sedimentasi dapat diolah pada 1 SDB yang sama bergantian.

Total volum lumpur	= 63,42 m <sup>3</sup>
- Waktu pengambilan lumpur	= 1 hari
- Volume lumpur total	= 63,42 m <sup>3</sup>
- Volume Solid 80%	= 80% x 63,42 m <sup>3</sup>
	= 50,73 m <sup>3</sup>
- Volume Air 20%	= 63,42 m <sup>3</sup> – 50,73 m <sup>3</sup>
	= 12,68 m <sup>3</sup>
- Waktu Pengisian	= 1 hari
- Kebutuhan luas per bak drying bed	= 59,73 m <sup>3</sup> / 0,25 m
	= 202,93 m <sup>2</sup>
- Free board	= 0,3 m
- Kedalaman Total	= 0,6 m

### Hitung dimensi

Panjang	= 9 m
Lebar	= 5 m
Kedalaman	= 0,6 m
Jumlah	= 2 unit

## 5.2 Perhitungan Biaya Pengelolaan IPLT Regional Kawasan Purbalingga dan Banjarnegara

Biaya pengelolaan merupakan biaya yang dapat dijadikan acuan dalam rencana pembiayaan kegiatan yang berada di IPLT, antara lain kegiatan operasional, perawatan, perbaikan dan penggantian. Biaya pengeolaan untuk IPLT Regional Kawasan Purbalingga dan Banjanegara terdiri dari biaya tenaga harian, peralatan kerja pada IPLT, biaya bahan bakar, biaya operasional, biaya servis peralatan (pemeliharaan dan penggantian) dan biaya pemantauan kualitas lingkungan. Penjabaran untuk biaya pengelolaan di IPLT Regional Kawasan Purbalingga dan Banjanegara dapat dilihat pada penjabaran di bawah ini:

**Tabel 5. 4  
Kebutuhan Tenaga Kerja**

No.	Tenaga Kerja	Jumlah (orang)	Harga Satuan (Rp)	Biaya 1 bulan (Rp)
1	Kepala IPLT	1	3.916.339	3.916.339,38
2	Tenaga Operator	8	2.937.255	15.665.357,52
3	Teknisi	1	2.937.255	2.937.254,54
4	Tenaga Administrasi	2	1.958.170	3.916.339,38
5	Tenaga Keamanan dan Kebersihan	2	1.958.170	3.916.339,38
		<b>14</b>	<b>Jumlah = Rp.</b>	<b>30.351.630,20</b>

Sumber: Analisis Tim Penyusun, 2023

Analisis kebutuhan tenaga kerja untuk operasional IPLT Regional Kawasan Purbalingga dan Banjarnegara adalah 14 orang. Untuk gaji pegawai menggunakan acuan UMP Jawa Tengah tahun 2023 sebesar Rp. 1.958.170,-. Total biaya untuk tenaga kerja IPLT adalah (pembulatan) Rp. 30.352.000,-.

**Tabel 5.5**  
**Biaya Peralatan Kerja Pada IPLT**

No.	Peralatan	Jumlah Pemakaian	Harga Satuan (Rp)	Waktu Penggantian	Biaya 1 (satu) bulan (Rp)
		(buah)		(bulan)	
1	Sekop	8	150.000,00	12	100.000,00
2	Garu	8	150.000,00	12	100.000,00
3	Cangkul	8	150.000,00	12	100.000,00
4	Serok Jaring sampah	2	400.000,00	12	66.666,67
5	Motor roda 3	1	95.000.000,00	84	1.130.952,38
6	Gerobak sorong	6	650.000,00	60	65.000,00
8	Dosing klorin + mixer	2	100.000.000,00	84	2.380.952,38
9	Root blower/Aerator	2	49.500.000,00	120	825.000,00
10	Ecorator jr	50	4.500.000,00	120	1.875.000,00
11	Pompa portable lumpur + pipa spiral 100 m	1	70.000.000,00	84	833.333,33
12	Pressure Cleaner/Pembersih Bertekanan Tinggi	1	2.000.000,00	84	23.809,52
13	Genset 30 kVa	1	200.000.000,00	240	833.333,33
<b>Jumlah</b>				<b>Jumlah</b>	<b>8.334.047,62</b>

Sumber: Analisis Tim Penyusun, 2023

Peralatan kerja merupakan kebutuhan peralatan dalam mendukung kerja IPLT. Penggunaan untuk membersihkan sampah pada bar screen adalah garu dan serok jaring. Untuk keperluan memindahkan cake/lmpur setengah kering ke drying area adalah sekop, cangkul dan gerobak sorong. Untuk peralatan mekanikal dan pelengkapnya seperti root blower, ecorator, pompa lumpur portable, dosing klorin (station+mixer), pressure cleaner dan genset dihitung biaya peralatannya berdasarkan umur ekonomis tiap barang. Sehingga biaya untuk penggantian peralatan adalah (pembulatan) Rp. 8.335.000,-.

**Tabel 5.6**  
**Biaya Peralatan Pengomposan Lumpur Tinja**

No.	Peralatan	Jumlah Pemakaian	Harga Satuan (Rp)	Waktu Penggantian	Biaya 1 (satu) bulan (Rp)
		(buah)		(bulan)	
1	Sekop	4	150.000,00	12	50.000,00
2	Mesin Pencacah	1	55.000.000,00	84	654.761,90
<b>Jumlah</b>				<b>Jumlah = Rp.</b>	<b>704.761,90</b>

Sumber: Analisis Tim Penyusun, 2023

Lumpur kering yang kemudian dipanen dari drying area dan sludge drying bed memiliki ukuran yang besar dan cenderung keras. Sehingga menimbulkan kesulitan dalam pemanfaatan kembali lumpur kering. Untuk memudahkan pemanfaatan kembali maka dilakukan pencacahan bongkahan lumpur kering. Biaya pengantian peralatan untuk tambahan pencacahan lumpur kering adalah (pembulatan) Rp. 705.000,-.

**Tabel 5. 7**  
**Biaya Bahan Bakar**

No.	Jenis Pekerjaan	Jumlah (liter)	Harga	Periode (bulan)	Rp./ bulan
1	Operasional genset	132	6.800	1	897.600,00
2	Pompa Pengurasan Lumpur	50	6.800	1	340.000,00
	<b>Jumlah</b>			<b>Jumlah = Rp.</b>	<b>1.237.600,00</b>

Sumber: Analisis Tim Penyusun, 2023

Bahan bakar diperlukan untuk operasional genset dan pompa lumpur portable. Analisis untuk operasional genset adalah maksimal 4 kali mati lampu per bulan dengan durasi 2 jam, dan pemanasan genset 4 kali dalam 1 bulan. Sehingga diperlukan kebutuhan bahan bakar sebesar 132 liter/bulan. Selain itu untuk kebutuhan operasional pompa lumpur sekitar 50 liter/bulan. Sehingga untuk biaya bahan bakar sebesar (pembulatan) Rp. 1.238.000,-.

**Tabel 5. 8**  
**Biaya Bahan**

No.	Jenis Pekerjaan	Satuan	Jumlah	Harga	Biaya per tahun	Rp./ bulan
1	Khlorin	kg	14,28	80.000	13.705.796,97	1.142.149,75
2	Bakteri tambahan	liter	75,00	200.000	180.000.000,00	15.000.000,00
3	Penggantian Pasir	M <sup>3</sup>	6,70	200.000	16.080.000,00	1.340.000,00
	<b>Jumlah</b>				<b>Jumlah = Rp.</b>	<b>17.482.149,75</b>

Sumber: Analisis Tim Penyusun, 2023

Bahan tambahan yang digunakan dalam operasional IPLT adalah klorin bubuk, bakteri tambahan dan penggantian pasir pada SSC, drying area dan sludge drying bed. Untuk kebutuhan bahan tersebut adalah (pembuatan) Rp. 17.483.000,-.

**Tabel 5. 9**  
**Biaya APD**

No.	Peralatan	Jumlah Pemakaian	Harga Satuan (Rp)	Waktu Penggantian	Biaya 1 (satu) bulan (Rp)
		(buah)		(bulan)	
1	Pakaian kerja	9	300.000,00	12	225.000,00
2	Sarung tangan	9	30.000,00	1	270.000,00
3	Sepatu kerja	9	125.000,00	12	93.750,00
4	Masker	9	30.000,00	1	270.000,00
5	Topi	9	50.000,00	12	37.500,00
<b>Jumlah</b>					<b>896.250,00</b>

Sumber: Analisis Tim Penyusun, 2023

Alat pelindung diri (APD) yang direncanakan adalah pakaian kerja, sarung tangan, sepatu kerja, masker dan topi. Analisis biaya perbulan untuk biaya APD pekerja daalah Rp.896.500,-.

**Tabel 5. 10**  
**Biaya Listrik**

No.	Jenis Pekerjaan	Satuan	Jumlah	Harga	Biaya per tahun	Rp./ bulan
1	Root blower/aerator	watt	1.130,98	1.614	15.768.516,12	1.314.043,01
2	Dosing klorin + mixer	watt	200,00	1.614	2.788.473,60	232.372,80
3	Pencacah lumpur ninja	watt	750,00	1.614	1.307.097,00	108.924,75
4	Pressure Cleaner/Pembersih Bertekanan Tinggi	watt	300,00	1.614	1.045.677,60	87.139,80
5	Perkantoran	watt	1.300,00	1.614	7.552.116,00	629.343,00
<b>Jumlah</b>			<b>3.680,98</b>		<b>Jumlah = Rp.</b>	<b>2.371.823,36</b>

Sumber: Analisis Tim Penyusun, 2023

Biaya listrik dari operasional IPLT terdiri dari operasional aerator dan dosing klorins operasional pencacah lumpur dan pressure cleaner dan keperluan gedung kantor. Penggunaan root blower dan dosing klorin selama 24 jam, untuk pencacah lumpur maksimal 3 jam per hari, dan pressure cleaner maksimal 6 jam per hari. Total kebutuhan biaya listrik untuk IPLT Regional sekitar (pembulatan) Rp. 2.372.000,-

**Tabel 5. 11**  
**Biaya Servis Peralatan**

No	Peralatan	Kisaran Harga	Jumlah	Biaya per tahun	Rp./ bulan
1	Pompa portable lumpur	70.000.000,00	1	910.000,00	75.833,33
3	Pressure Cleaner/Pembersih Bertekanan Tinggi	2.000.000	1	26.000,00	2.166,67
4	Dosing klorin + mixer	100.000.000	2	2.600.000,00	216.666,67
5	Perawatan aerator	99.000.000	2	2.574.000,00	214.500,00

No	Peralatan	Kisaran Harga	Jumlah	Biaya per tahun	Rp./ bulan
6	Perawatan Genset	200.000.000	1	2.600.000,00	216.666,67
7	Perawatan mesin pencacah	55.000.000	1	715.000,00	59.583,33
	<b>Jumlah</b>		<b>Jumlah = Rp.</b>	<b>9.425.000,00</b>	<b>785.416,67</b>

Sumber: Analisis Tim Penyusun, 2023

Peralatan mekanikal perlu dilakukan perawatan dan perbaikan komponen untuk mendukung pengolahan lumpur tinja yang optimal. Dilakukan servis dan perawatan setiap bulan atau sesuai kebutuhan secara berkala. Analisis biaya untuk perawatan peralatan adalah Rp. 786.000,- per bulan.

**Tabel 5. 12**  
**Biaya Pemantauan Kualitas Lingkungan**

No.	Tenaga Kerja	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Biaya 1 bulan (Rp)
1	Pemantauan Kualitas Lingkungan (per 4 bulan)	3	3.000.000,00	750.000,00
	<b>Total</b>		<b>Jumlah = Rp.</b>	<b>750.000,00</b>

Sumber: Analisis Tim Penyusun, 2023

Pemantauan performa IPLT dilakukan minimal 4 bulan sekali dengan mengambil sampel dari inlet dan outlet. Parameter yang diperiksa adalah BOD, COD, TSS, minyak dan lemak, ammonia, pH, dan total coliform. Perkiraan untuk biaya pemantauan lingkungan per bulan adalah Rp. 750.000,-.

**Tabel 5. 13**  
**Rekapitulasi Biaya Pengelolaan Rencana IPLT Regional**

No	Jenis Kegiatan	Biaya Per Tahun	Biaya Per Bulan
1	Biaya Tenaga Kerja	364.219.562,34	30.351.630,20
2	Biaya Peralatan Kerja pada IPLT	100.008.571,43	8.334.047,62
3	Biaya Peralatan Kerja pengomposan lumpur tinja	8.457.142,86	704.761,90
4	Biaya Operasional Bahan IPLT	209.785.796,97	17.482.149,75
5	APD Tenaga Kerja	10.755.000,00	896.250,00
6	Biaya Bahan Bakar	14.851.200,00	1.237.600,00
7	Biaya listrik	28.461.880,32	2.371.823,36
8	Biaya Service Peralatan (Pemeliharaan dan penggantian)	9.425.000,00	785.416,67
9	Biaya Pemantauan Kualitas Lingkungan	9.000.000,00	750.000,00
	<b>Jumlah</b>	<b>754.964.153,92</b>	<b>62.913.679,49</b>
	<b>Biaya tak terduga</b>	<b>75.496.415,39</b>	<b>6.291.367,95</b>
	<b>Total</b>	<b>830.460.569,31</b>	<b>69.205.047,44</b>

Sumber: Analisis Tim Penyusun, 2023

Total kebutuhan biaya dari tenaga kerja, biaya peralatan kerja IPLT, biaya perlatan pengomposan lumpur tinja, biaya bahan, biaya APD pekerja, biaya bahan bakar, biaya listrik, biaya pemeliharaan dan penggantian peralatan serta biaya pemantauan lingkungan mencapai Rp. 69.205.000,- per bulan.

**Tabel 5. 14**  
**Biaya Pemeliharaan Rutin Setiap Periode IPLT Regional**

No	Jenis Biaya	Pengeluaran Rutin Setiap Periode							Total
		Bulanan	6 Bulan Sekali	1 Tahun Sekali	5 Tahun Sekali	7 Tahun Sekali	10 Tahun	20 Tahun Sekali	
<b>A</b>	<b>BIAYA OPERASIONAL</b>								
1	Pekerja (14 orang)	Rp 30.351.630							Rp 7.284.391.247
2	Biaya Bahan ( <i>Klorin, bakteri tambahan, pasir</i> )	Rp 16.142.150							Rp 3.874.115.939
3	Biaya Bahan Bakar (Penyedotan Lumpur dan genset)	R 1.237.600							Rp 297.024.000
4	Biaya Listrik	Rp 2.371.823							Rp 569.237.606
<b>TOTAL BIAYA OPERASIONAL</b>		<b>Rp 50.103.203</b>	<b>Rp -</b>	<b>Rp -</b>	<b>Rp -</b>	<b>Rp -</b>	<b>Rp -</b>	<b>Rp -</b>	<b>Rp 12.024.768.793</b>
<b>B</b>	<b>BIAYA PERALATAN IPLT</b>								
1	Penggantian Peralatan IPLT ( <i>Sekop, garu, cangkul, serak jaring</i> )			Rp 5.000.000				-	Rp 100.000.000
2	Penggantian Peralatan IPAL ( <i>gerobak sorong, klorinator apung</i> )				Rp 3.900.000			-	Rp 15.600.000
3	Penggantian Peralatan tenaga kerja ( <i>Pakaian kerja, sepatu kerja, dan topi</i> )			Rp 4.275.000				-	Rp 85.500.000
<b>TOTAL BIAYA PERALATAN</b>		<b>Rp -</b>	<b>Rp -</b>	<b>Rp 9.275.000</b>	<b>Rp 3.900.000</b>	<b>Rp -</b>	<b>Rp -</b>	<b>Rp -</b>	<b>Rp 201.100.000</b>
<b>C</b>	<b>BIAYA PEMELIHARAAN DAN PENGGANTIAN PERALATAN DI IPLT</b>								
1	Servis Aerator	Rp 214.500							Rp 51.480.000
2	Servis dosing klorin+mixer	Rp 216.667							Rp 52.000.000
3	Servis Pressure Cleaner/Pembersih Bertekanan Tinggi	Rp 2.167							Rp 520.000
4	Servis Pompa portable Lumpur	Rp 75.833	-	-	-			-	Rp 18.200.000
5	Servis Genset	Rp 216.667							Rp 52.000.000
6	Servis mesin pencacah	Rp 59.583							Rp 14.300.000
7	Penggantian Peralatan tenaga kerja ( <i>sarung tangan dan masker</i> )	Rp 540.000						-	Rp 129.600.000
8	Penggantian (Motor roda tiga, dosing klorin+mixer, pompa portablelumpur, pressure cleaner, mesin pencacah)					Rp 422.000.000			Rp 1.205.714.286

No	Jenis Biaya	Pengeluaran Rutin Setiap Periode							Total
		Bulanan	6 Bulan Sekali	1 Tahun Sekali	5 Tahun Sekali	7 Tahun Sekali	10 Tahun	20 Tahun Sekali	
	9 Penggantian Ecorator jr						Rp 225.000.000		Rp 450.000.000
	10 Penggantian aerator						Rp 99.000.000		Rp 198.000.000
	11 Penggantian Genset 30 kVa							Rp 200.000.000	Rp 200.000.000
	12 Pemantauan Kualitas Lingkungan per 6 bulan		Rp 4.500.000	-	-			-	Rp 180.000.000
<b>TOTAL BIAYA PEMELIHARAAN DAN PENGGANTIAN</b>		<b>Rp 1.325.417</b>	<b>Rp 4.500.000</b>	<b>Rp -</b>	<b>Rp -</b>	<b>Rp 422.000.000</b>	<b>Rp 324.000.000</b>	<b>Rp 200.000.000</b>	<b>Rp 2.551.814.286</b>
<b>JUMLAH BIAYA</b>		<b>Rp 51.428.620</b>	<b>Rp 4.500.000</b>	<b>Rp 9.275.000</b>	<b>Rp 3.900.000</b>	<b>Rp 422.000.000</b>	<b>Rp 324.000.000</b>	<b>Rp 200.000.000</b>	<b>Rp 14.777.683.078</b>

Sumber: Analisis Tim Penyusun, 2023

# Bab 6

## Perhitungan Struktur

### IPLT

#### 6.1 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari Design Note Struktur IPLT Regional Purbalingga – Banjarnegara dengan lokasi berada di Desa Karanggedang, Kec. Bukateja, Kab. Purbalingga, meliputi :

##### 1. Perencanaan Struktur IPLT

Perencanaan struktur plat dinding dan plat dasar bak-bak IPLT sehingga mampu dan aman mendukung semua gaya yang bekerja. Juga akan dihitung kontrol terhadap daya dukung tanah ijin, serta gaya *uplift* yang terjadi akibat adanya MAT (Muka Air Tanah).

##### 2. Stabilitas lereng

##### 3. Stabilitas Talud atau Dinding Penahan Tanah

##### 4. Jalan Operasional

##### 5. Drainase Kawasan

#### 6.2 Data Perencanaan

##### 6.2.1 Data material

1. Mutu Beton :  $f'_c$  21,7 MPa setara K-250

2. Mutu Baja : BJTP 24 – untuk lulangan  $< D13$

$F_y = 340$  MPa

: BJTD 39 – untuk tulangan D13 dan yang lebih besar

$F_y = 400$  MPa

### 6.2.2 Data tanah

Dari hasil penyelidikan tanah yang dilaksanakan di lokasi rencana IPLT yang berlokasi di Desa Karanggedang, di dapat data tanah sebagai berikut :

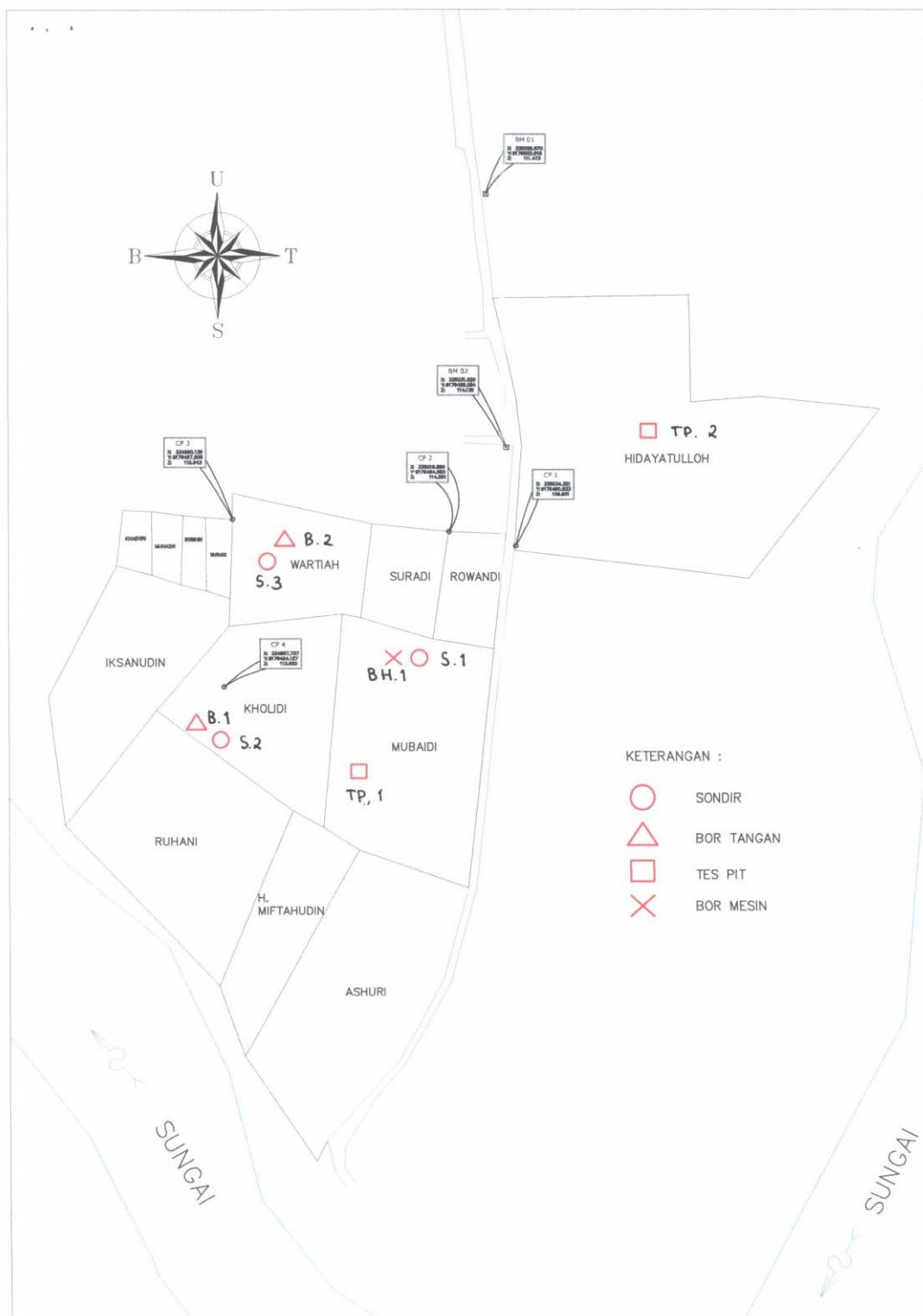
Dalam perencanaan konstruksi bangunan sipil, penyelidikan tanah menjadi tahapan awal dan bagian penting yang tidak dapat dipisahkan. Menurut Bowles (1982) penyelidikan tanah memberikan masukan penting dalam rencana konstruksi, terutama dalam perencanaan pondasi bangunan. Tujuan penyelidikan tanah dalam perencanaan pondasi adalah untuk mendapatkan data parameter yang diperlukan untuk analisis desain dan daya dukung pondasi.

*Soil investigation* atau penyelidikan tanah merupakan serangkaian kegiatan yang perlu dilakukan sebelum melaksanakan proyek konstruksi. *Soil investigation* berarti penyelidikan atas karakter tanah pada lokasi dimana suatu bangunan atau konstruksi akan dibangun. Dari hasil penyelidikan tanah itulah bisa ditentukan jenis penanganan teknis suatu proyek konstruksi. Dan dari hasil penyelidikan tanah dapat juga ditentukan perlakuan terhadap tanah agar daya dukung dapat mendukung konstruksi yang akan dibangun.

#### a) Lokasi Pekerjaan

Penyelidikan tanah (*soil investigation*) untuk pekerjaan lapangan dilakukan pada lokasi rencana IPLT Regional Purbalingga - Banjarnegara dengan rincian sebagai berikut :

1. Bor Mesin sebanyak 1 titik
2. Bor Tangan sebanyak 2 titik
3. Sondir Manual sebanyak 3 titik
4. Tes Pit sebanyak 2 titik



**Gambar 6. 1**  
**Peta Lokasi Titik Bor Mesin, Bor Tangan, Sondir dan Test Pit**

## b) Boring dan SPT

Pekerjaan *soil investigation* meliputi *Bor Mesin SPT*, bertujuan untuk:

- Mengetahui susunan lapisan tanah pendukung secara visual dan terperinci.
- Melakukan pengeboran dan SPT seluruh titik (interval tiga meter) dengan kedalaman masing-masing titik bor sampai dengan kedalaman 20 m.
- Melakukan pengukuran elevasi muka air tanah.
- Hasil tanah *boring/corebox* disimpan dan dijaga untuk selama minimal 1 bulan, untuk verifikasi bila suatu saat diperlukan.
- Mengamati dan melaksanakan pengukuran kedalaman muka air tanah (*Ground Water Level* disingkat *GWL*).

*Boring* dilindungi dengan *casing* agar tidak terjadi kelongsoran sehingga diperoleh hasil pengeboran yang baik dimana contoh tanah (*sample*) tidak terganggu oleh tanah longsoran. Untuk tanah lunak (*soft soil*) pengeboran harus dilakukan dengan casing berputar, *drilling rod*, dan ujung casing diberi mata bor. Bila ditemui tanah keras maka pemboran harus dilakukan dengan *diamond bit*. Untuk setiap titik boring dilakukan pengambilan 4 contoh tanah tak terganggu (*undisturbed sample*) dimana setelah pengambilan contoh tanah (*sample*), tabung contoh (*tube sample*) ditutup dengan parafin untuk mencegah penguapan pada contoh tanah tersebut, kemudian tabung diberi kode titik bor dan kedalaman pengujian. Contoh tanah ini dibawa ke laboratorium untuk bahan pengujian.

*Pengujian Standard Penetration Test (SPT)* (SNI 4153:2008) dilakukan setiap interval kedalaman pemboran 3 meter. Tabung SPT harus mempunyai ukuran OD 2 inch dan panjang 24-inch dengan tipe *split spoon sample*. Hammer yang dipakai mempunyai berat 140 lbs (63,5 kg) dan tinggi jatuh bebas hammer adalah 30 inch (75 cm). Tabung SPT ditekan ke dalam dasar lubang sedalam 15 cm, kemudian untuk setiap interval 15 cm dilakukan pemukulan dan perhitungan jumlah pukulan untuk memasukkan *split spoon sample* ke dalam tanah sedalam (3 x 15) cm. Jumlah pukulan tersebut merupakan angka N dari pelaksanaan SPT dimana nilai N yang diperhitungkan adalah jumlah pukulan pada 15 cm kedua dan 15 cm ketiga ( $2 \times 15 \text{ cm} = 30 \text{ cm}$ ).

Untuk pengambilan soil sampling undisturbed dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

- a. Setiap titik dilakukan pengambilan sampel undisturbed
- b. Undisturbed soil diambil 2 sampel pada setiap titik bor. Pengambilan sampel menggunakan thin wallet tube sampling. Metode pengambilan dan penyimpanan sampel mengacu pada ASTM D-1587.
- c. Mobilisasi semua soil sample dari site ke laboratorium mengacu pada ASTM D-4220.

Dari hasil pekerjaan penyelidikan tanah, maka pekerjaan berupa pengeboran akan dicatat dalam laporan hasil pengeboran atau biasa disebut boring log. Boring log umumnya berisi tentang informasi kedalaman lapisan tanah, elevasi muka air tanah, dan deskripsi tanah.

Hasil Penyelidikan Lapangan :

Untuk titik boring BH.1 kedalaman pengeboran yang dilakukan mencapai – 20,00 meter dari permukaan tanah setempat.

Pada kedalaman ± 0,00 meter sampai – 3,00 meter terdapat lapisan lempung, dengan konsistensi lunak, berwarna coklat, dengan nilai N-Seperti = 4.

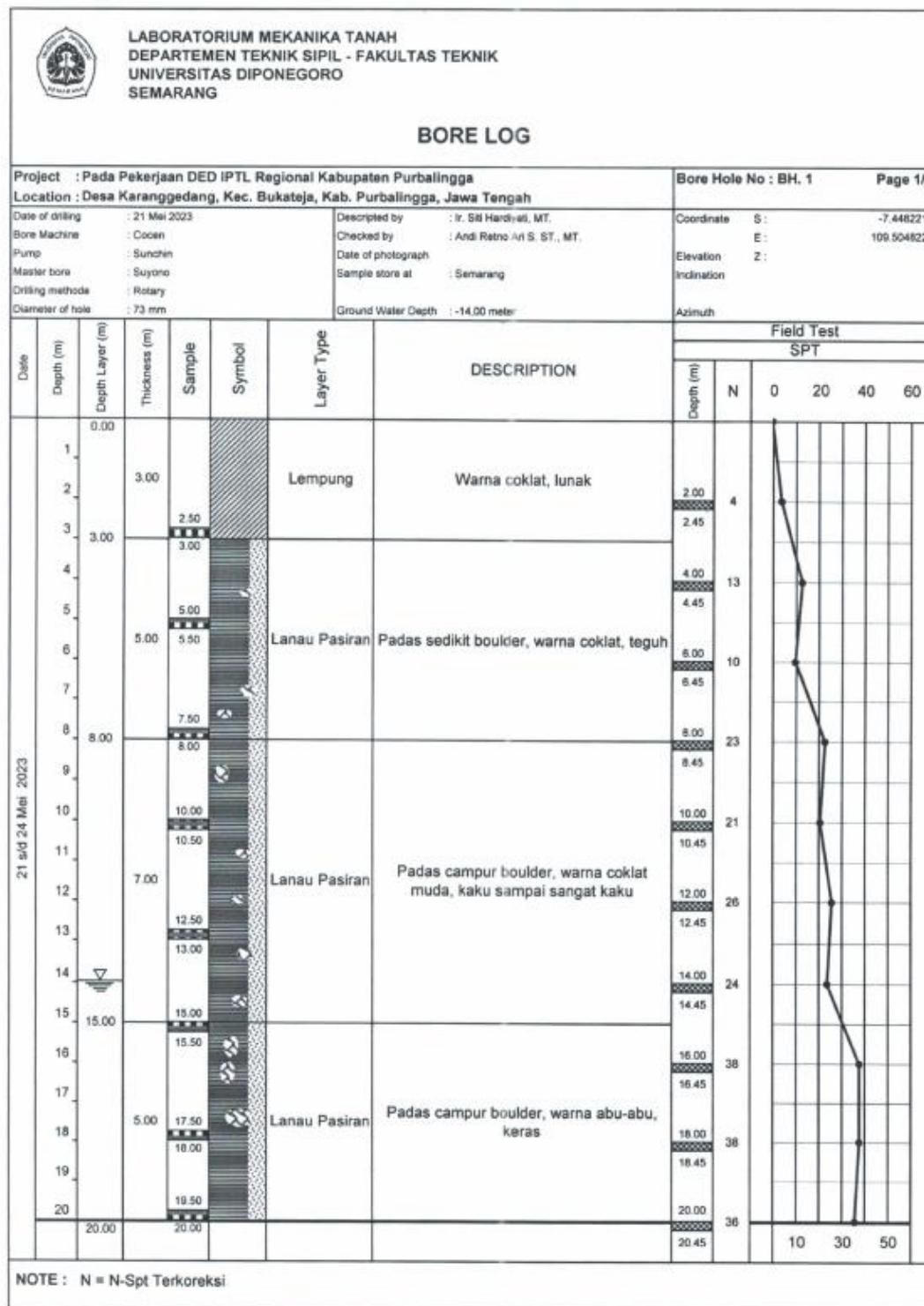
Pada kedalaman – 3,00 meter sampai – 8,00 meter terdapat lapisan lanau pasiran (padas) sedikit boulder, dengan konsistensi teguh, berwarna coklat, dengan nilai N-Spt = 10 sampai nilai N-Spt = 13.

Pada kedalaman – 8,00 meter sampai – 15,00 meter terdapat lapisan lanau pasiran (padas) campur boulder, dengan konsistensi kaku sampai sangat kaku, berwarna coklat muda, dengan nilai N-Spt = 21 sampai nilai N-Spt = 26.

Pada kedalaman – 15,00 meter sampai – 20,00 meter terdapat lapisan lanau pasiran (padas) campur boulder, dengan konsistensi keras, berwarna abu-abu, dengan nilai N-Spt = 36 sampai nilai N-Spt = 38.

Muka air tanah (MAT) pada titik bor BH.1 terdapat pada kedalaman – 14,00 meter dari permukaan tanah setempat.

**Hasil Penyelidikan Lapangan :**



**Gambar 6. 2  
Bore Log Titik Bor BH.1 (Bor Mesin)**

### c) Bor Tangan

Bor Tangan (Hand Bor) Metode pemboran ini adalah metode untuk mendapatkan keadaan bawah permukaan tanah dengan cara mengebor. Bor tangan dioperasikan dengan tenaga manusia yaitu dengan cara memutar mata bor tanah dengan menggunakan rod (pipa bor). Pengujian pengeboran bertujuan untuk :

1. Mengetahui susunan lapisan tanah pendukung secara visual dan terperinci.
2. Mengambil sampel tanah tak terganggu (undisturbed sample) untuk deskripsi dan klasifikasi tanah (visual soil classification).
3. Mengamati dan melaksanakan pengukuran kedalaman muka air tanah (Ground Water Level).

Sampel Tanah Undisturbed soil sample (sampel tanah tak terganggu) diambil dari lubang bor dengan menggunakan tube soil sampler (tabung sampel tanah). Tanah yang telah diambil, kemudian disekat pada kedua ujungnya menggunakan paraffin (agar kedap) sebelum dibawa ke laboratorium. Sampel tersebut kemudian diberi label berisi nama pekerjaan, lokasi, dan kedalaman pengambilan sampel. Pengambilan sampel tanah tak terganggu hanya dapat dilakukan pada tanah berjenis lempung atau lanau. Karena tanah jenis ini memiliki kohesi (daya lekat) sehingga mampu melekat pada dinding tabung sampel.

Dari hasil pekerjaan penyelidikan tanah, maka pekerjaan berupa pengeboran akan dicatat dalam laporan hasil pengeboran atau biasa disebut *boring log*. *Boring log* umumnya berisi tentang informasi kedalaman lapisan tanah, elevasi muka air tanah, dan deskripsi tanah.

Pada pekerjaan boring manual, alat yang dipergunakan adalah bor tangan (Hand Bore) type Iwan Auger dengan diameter 6 inchi. Jumlah titik bor yang dilaksanakan ada 2 (dua) yaitu titik bor B.1 dan titik bor B.2 yang letaknya ditentukan oleh pihak pemberi kerja.

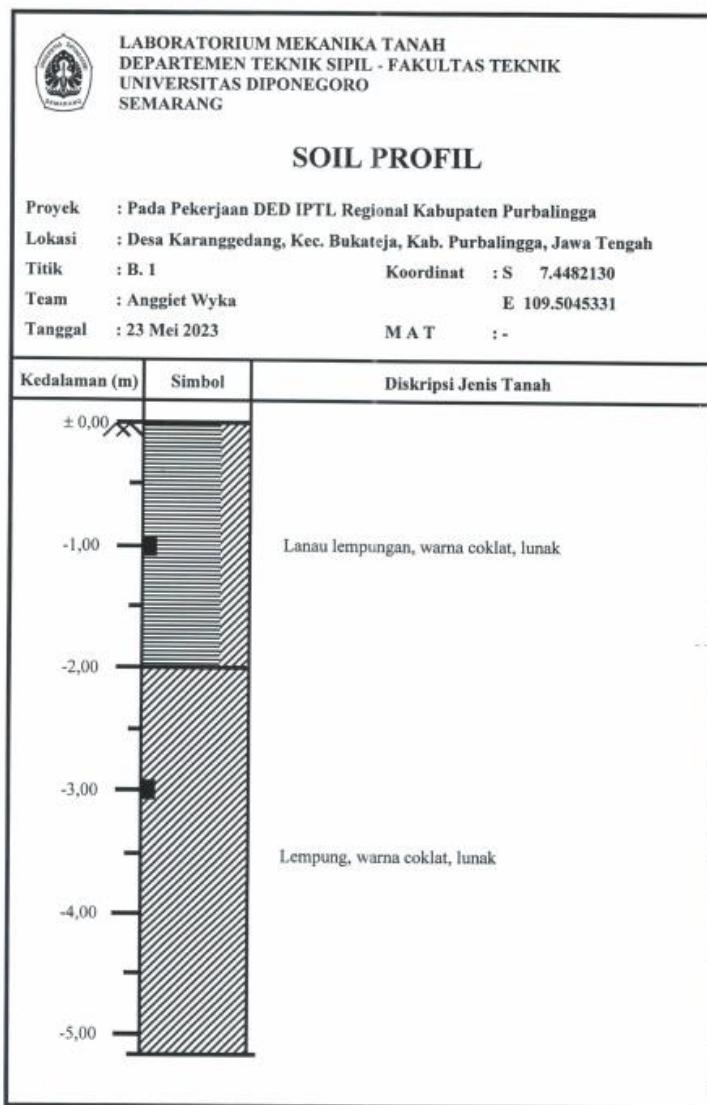
#### **Titik boring B.1**

Untuk titik boring B.1 kedalaman pengeboran yang dapat dilaksanakan adalah sampai kedalaman – 5,00 meter dari permukaan tanah setempat.

Pada kedalaman ± 0,00 meter sampai – 2,00 meter terdapat lapisan tanah berupa lanau kelempungan, dengan konsistensi lunak, berwarna coklat.

Pada kedalaman – 2,00 meter sampai – 5,00 meter terdapat lapisan tanah berupa lempung, dengan konsistensi lunak.

Muka air tanah (MAT) pada titik bor B.1 sampai kedalaman – 5,00 meter dari permukaan tanah setempat belum ditemukan.



**Gambar 6. 3**  
**Bore Log Titik Bor B.1 (Bor Tangan)**

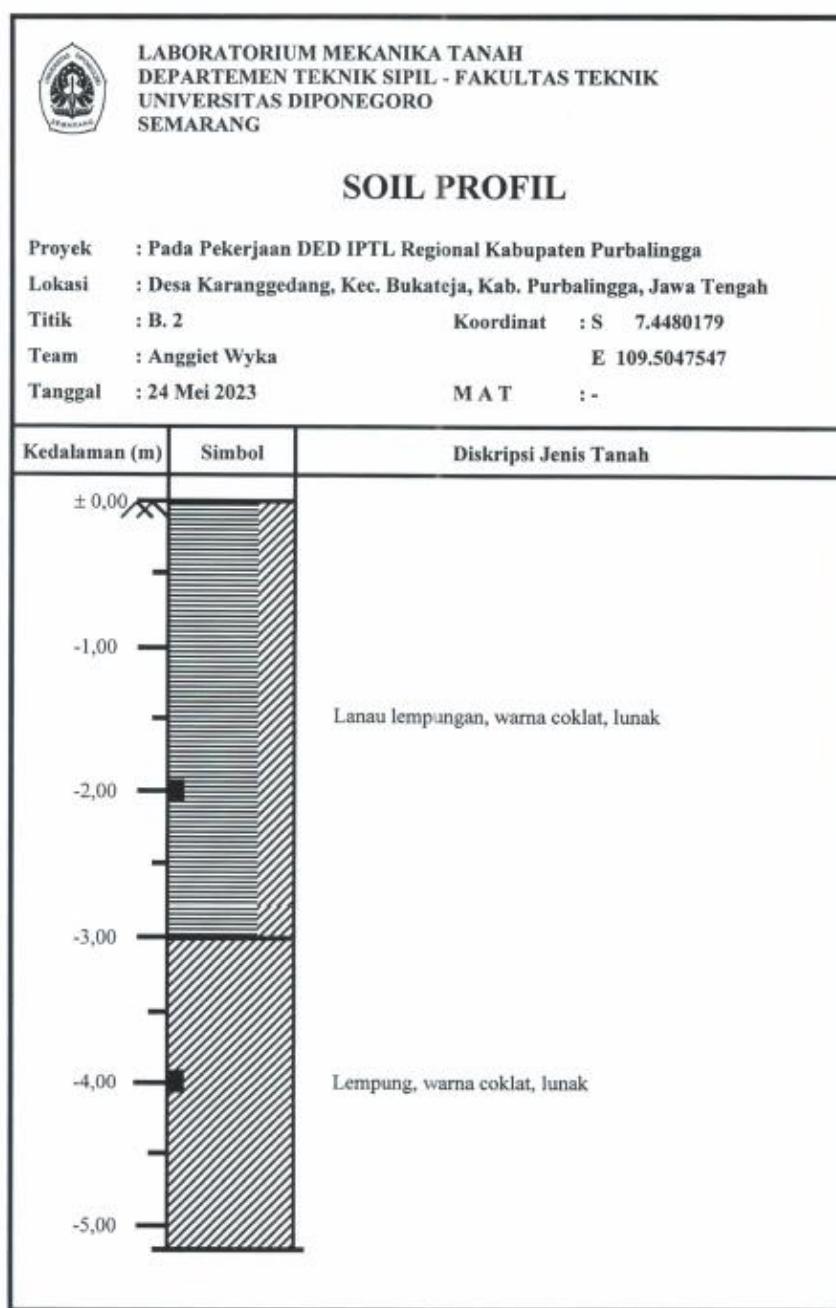
### Titik boring B.2

Untuk titik boring B.2 kedalaman pengeboran yang dapat dilaksanakan adalah sampai kedalaman – 5,00 meter dari permukaan tanah setempat.

Pada kedalaman  $\pm 0,00$  meter sampai – 3,00 meter terdapat lapisan tanah berupa lanau kelempungan, dengan konsistensi lunak, berwarna coklat.

Pada kedalaman – 3,00 meter sampai – 5,00 meter terdapat lapisan tanah berupa lempung, dengan konsistensi lunak.

Muka air tanah (MAT) pada titik bor B.2 sampai kedalaman – 5,00 meter dari permukaan tanah setempat belum ditemukan.



**Gambar 6. 4  
Bore Log Titik Bor B.2 (Bor Tangan)**

d) *Cone Penetration Test / Sondir*

*Cone Penetration Test* atau disebut juga Pengujian sondir dilakukan untuk mengetahui perlawanan/tahanan penetrasi konus/ujung (*end resistance/cone resistant*) dari lapisan tanah dasar yang dinyatakan dalam  $\text{kg}/\text{cm}^2$ , dan hambatan lekat (*skin friction*) yang dinyatakan dalam  $\text{kg}/\text{cm}$ .

Alat Sondir yang digunakan dalam pegujian ini adalah alat sondir *type Dutch Cone Penetrometer* dengan kapasitas 2,50 ton yang mempunyai konus seluas  $10 \text{ cm}^2$ , sudut lancip kerucut  $60^\circ$  untuk mengukur perlawanan ujung. Pelaksanaan sondir dimulai dengan melakukan pengangkeran/pengikatan alat sondir agar peralatan pada saat pelaksanaan pengujian tidak goyang dengan posisi alat sondir tegak. Pekerjaan pengujian sondir dilaksanakan setelah pipa batang sondir disambung ke konus dan pengujian baru dapat dimulai pelaksanaannya setelah posisi alat sondir tegak lurus dan gastrol olie diisi sampai penuh serta gelembung-gelembung udara dari hidrolik dikeluarkan.

Untuk mendapatkan data tahanan/perlawanan ujung/konus (*end resistance/cone resistant*), konus ditekan ke dalam tanah dengan tenaga mekanis dengan cara memutar stang dari peralatan sondir. Pembacaan manometer sondir dilakukan setiap interval 20 cm, sedangkan kecepatan pengujian penetrasi sondir dilakukan dengan kecepatan maksimum 1 cm/detik. Pada pembacaan tahanan/perlawanan ujung/konus sebesar  $0\text{-}45 \text{ kg}/\text{cm}^2$  dipergunakan manometer skala  $60 \text{ kg}/\text{cm}^2$  dan pembacaan, sedangkan pembacaan lebih besar  $45 \text{ kg}/\text{cm}^2$  digunakan manometer skala  $250 \text{ kg}/\text{cm}^2$ . Setiap kedalaman 1 meter penyondiran dilakukan penyambungan pipa/batang sondir. Penyelidikan dihentikan apabila konus telah mencapai lapisan tanah sangat padat ( $\text{CR}>150 \text{ kg}/\text{cm}^2$ ), atau telah mencapai kedalaman 20 m, atau alat sondir telah miring.

Hasil Penyelidikan Lapangan :

**Titik Sondir S.1**

Untuk titik sondir S.1 kedalaman yang dapat dilaksanakan sampai kedalaman – 8,60 meter dari permukaan tanah setempat dengan nilai tahanan conus (Cone Resistance)  $qc = 147,0 \text{ kg}/\text{cm}^2$  dan total tahanan pelekatan geser (total friction)  $JHP=224,0 \text{ kg}/\text{cm}$ .

Pada kedalaman dari – 0,20 meter sampai dengan – 1,80 meter terdapat lapisan tanah dengan kosistensi lunak, dengan nilai tahanan conus (Cone Resistance)  $qc = 4,0 \text{ kg/cm}^2$  sampai  $qc = 7,0 \text{ kg/cm}^2$

Pada kedalaman dari – 2,00 meter sampai dengan – 7,00 meter terdapat lapisan tanah dengan kosistensi teguh sampai kaku, dengan nilai tahanan conus (Cone Resistance)  $qc = 10,0 \text{ kg/cm}^2$  sampai  $qc = 30,0 \text{ kg/cm}^2$

Pada kedalaman dari – 7,20 meter sampai dengan – 8,60 meter terdapat lapisan tanah dengan kosistensi sangat kaku sampai keras, dengan nilai tahanan conus (Cone Resistance)  $qc = 50,0 \text{ kg/cm}^2$  sampai  $qc = 147,0 \text{ kg/cm}^2$

**Tabel 6. 1**  
**Hasil Penyelidikan Sondir Titik S.1**

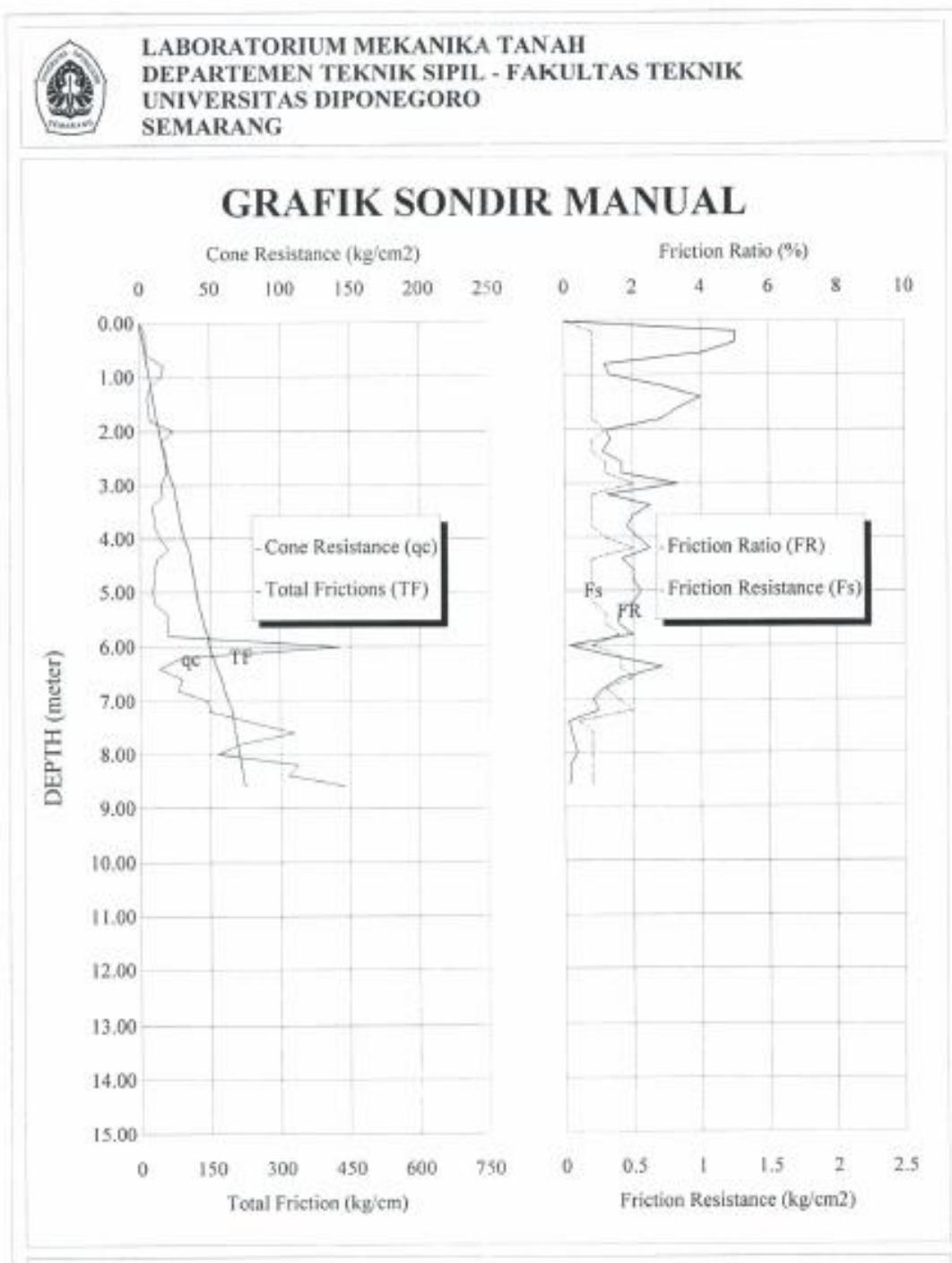


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL - FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG

**HASIL SONDIR MANUAL**

Proyek : Pada Pekerjaan DED IPTL Regional Kabupaten Purbalingga	Tgl. / Bln : 23 Mei 2023
Lokasi : Desa Karanggedeag, Kec. Bukateja, Kab. Purbalingga, Jawa Tengah	Team : Anggiet Wyka
Titik : S. 1	Koordinat : S -7.4482210 E 109.5048228

DEPTH (M)	qc kg/cm <sup>2</sup>	qc + f kg/cm <sup>2</sup>	Fs kg/cm <sup>2</sup>	TF kg/cm	FR (Fs/qc)%	DEPTH (M)	qc kg/cm <sup>2</sup>	qc + f kg/cm <sup>2</sup>	Fs kg/cm <sup>2</sup>	TF kg/cm	FR (Fs/qc)%
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.60	110.00	112.00	0.20	204.00	0.18
0.20	4.00	6.00	0.20	4.00	5.00	7.80	73.00	75.00	0.20	208.00	0.27
0.40	4.00	6.00	0.20	8.00	5.00	8.00	55.00	57.00	0.20	212.00	0.36
0.60	5.00	7.00	0.20	12.00	4.00	8.20	113.00	115.00	0.20	216.00	0.18
0.80	17.00	19.00	0.20	16.00	1.18	8.40	106.00	108.00	0.20	220.00	0.19
1.00	15.00	17.00	0.20	20.00	1.33	8.60	147.00	149.00	0.20	224.00	0.14
1.20	7.00	9.00	0.20	24.00	2.86	8.80					
1.40	5.00	7.00	0.20	28.00	4.00	9.00	Catatan :				
1.60	6.00	8.00	0.20	32.00	3.33	9.20	Angkur Terangkat, Tekanan Pipa >200 Kg/Cm				
1.80	7.00	9.00	0.20	36.00	2.86	9.40					
2.00	24.00	27.00	0.30	42.00	1.25	9.60					
2.20	15.00	17.00	0.20	46.00	1.33	9.80					
2.40	18.00	20.00	0.20	50.00	1.11	10.00					
2.60	18.00	21.00	0.30	56.00	1.67	10.20					
2.80	18.00	21.00	0.30	62.00	1.67	10.40					
3.00	15.00	20.00	0.50	72.00	3.33	10.60					
3.20	16.00	18.00	0.20	76.00	1.25	10.80					
3.40	8.00	10.00	0.20	80.00	2.50	11.00					
3.60	10.00	12.00	0.20	84.00	2.00	11.20					
3.80	11.00	13.00	0.20	88.00	1.82	11.40					
4.00	14.00	17.00	0.30	94.00	2.14	11.60					
4.20	20.00	25.00	0.50	104.00	2.50	11.80					
4.40	12.00	14.00	0.20	108.00	1.67	12.00					
4.60	10.00	12.00	0.20	112.00	2.00	12.20					
4.80	10.00	12.00	0.20	116.00	2.00	12.40					
5.00	9.00	11.00	0.20	120.00	2.22	12.60					
5.20	10.00	12.00	0.20	124.00	2.00	12.80					
5.40	19.00	22.00	0.30	130.00	1.58	13.00					
5.60	19.00	22.00	0.30	136.00	1.58	13.20					
5.80	20.00	24.00	0.40	144.00	2.00	13.40					
6.00	143.00	145.00	0.20	148.00	0.14	13.60					
6.20	29.00	33.00	0.40	156.00	1.38	13.80					
6.40	14.00	18.00	0.40	164.00	2.86	14.00					
6.60	30.00	35.00	0.50	174.00	1.67	14.20					
6.80	27.00	30.00	0.30	180.00	1.11	14.40					
7.00	48.00	52.00	0.40	188.00	0.83	14.60					
7.20	50.00	55.00	0.50	198.00	1.00	14.80					
7.40	80.00	81.00	0.10	200.00	0.13	15.00					



**Gambar 6. 5**  
**Grafik Sondir Titik S.1**

#### **Titik Sondir S.2**

Untuk titik sondir S.2 kedalaman yang dapat dilaksanakan sampai kedalaman – 9,60 meter dari permukaan tanah setempat dengan nilai tahanan conus (Cone Resistance)  $qc = 250,0 \text{ kg/cm}^2$  dan total tahanan pelekatan/geser (total friction) JHP=226,0 kg/cm.

Pada kedalaman dari – 0,20 meter sampai dengan – 5,00 meter terdapat lapisan tanah dengan konsistensi lunak sampai teguh, dengan nilai tahanan conus (Cone Resistance)  $qc = 5,0 \text{ kg/cm}^2$  sampai  $qc = 15,0 \text{ kg/cm}^2$

Pada kedalaman dari – 5,00 meter sampai dengan – 7,20 meter terdapat lapisan tanah dengan konsistensi kaku sampai kaku, dengan nilai tahanan conus (Cone Resistance)  $qc = 25,0 \text{ kg/cm}^2$  sampai  $qc = 72,0 \text{ kg/cm}^2$

Pada kedalaman dari – 7,20 meter sampai dengan – 9,00 meter terdapat lapisan tanah dengan konsistensi sangat kaku sampai keras, dengan nilai tahanan conus (Cone Resistance)  $qc = 57,0 \text{ kg/cm}^2$  sampai  $qc = 250,0 \text{ kg/cm}^2$

**Tabel 6. 2**  
**Hasil Penyelidikan Sondir Titik S.2**



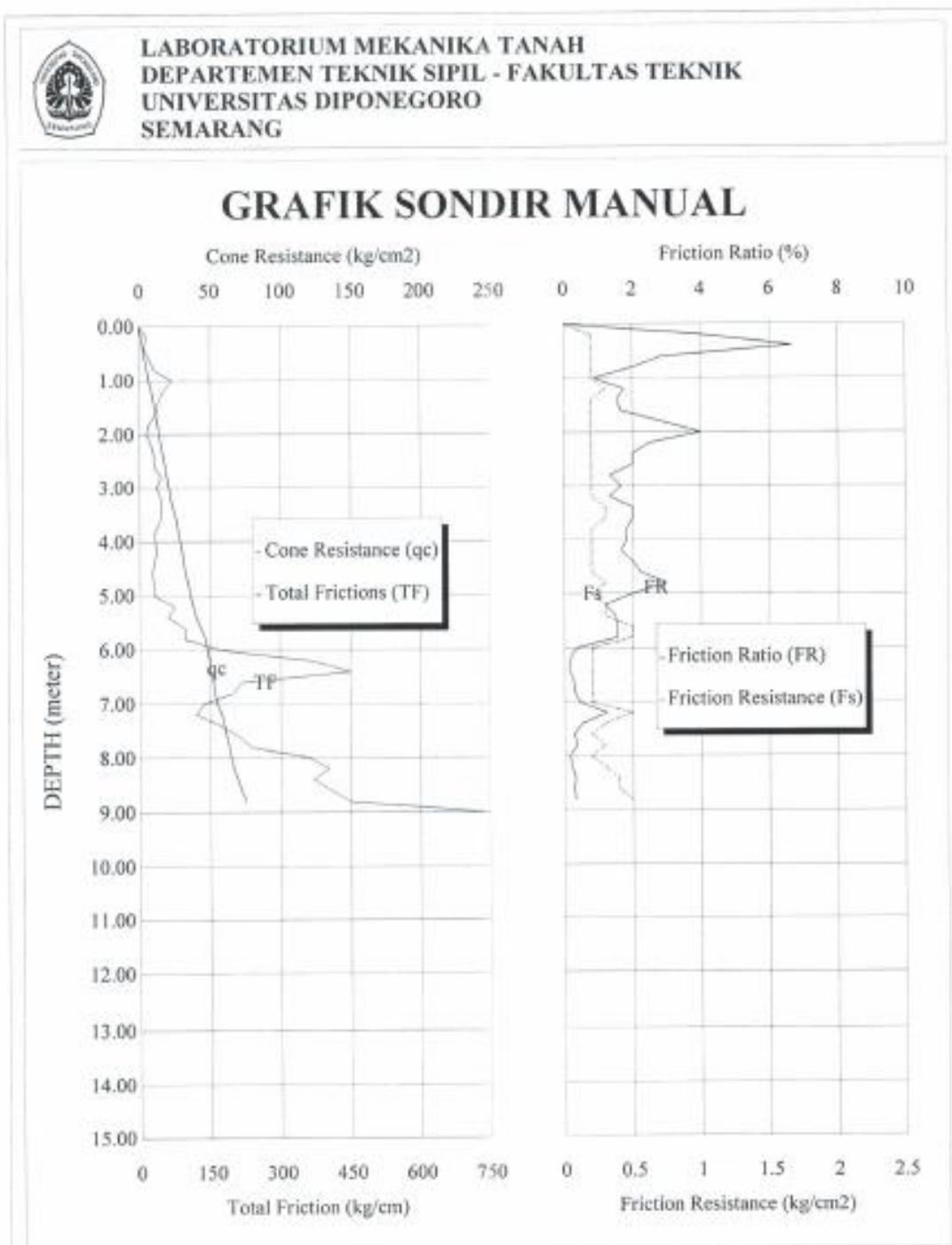
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
DEPARTEMEN TEKNIK SIFIL + FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG

### HASIL SONDIR MANUAL

Proyek : Pada Pekerjaan DED IPTL Regional Kabupaten Purbalingga  
 Lokasi : Desa Karanggedang, Kec. Bakuteja, Kab. Purbalingga, Jawa Tengah  
 Titik : 8. 2

Tgl. / Bln : 23 Mei 2023  
 Team : Anggiet Wyka  
 Koordinat : S -7.4482130  
 E 109.5045331

DEPTH (M)	qc kg/cm <sup>2</sup>	qc + f kg/cm <sup>2</sup>	Fs kg/cm <sup>2</sup>	TF kg/cm	FR (Fs/qc)%	DEPTH (M)	qc kg/cm <sup>2</sup>	qc + f kg/cm <sup>2</sup>	Fs kg/cm <sup>2</sup>	TF kg/cm	FR (Fs/qc)%
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.60	70.00	72.00	0.20	184.00	0.29
0.20	8.00	7.99	0.20	4.00	4.00	7.80	79.00	82.00	0.30	190.00	0.38
0.40	3.00	5.00	0.20	8.00	6.67	8.00	120.00	122.00	0.20	194.00	0.17
0.60	7.00	9.00	0.20	12.00	2.86	8.20	135.00	138.00	0.30	200.00	0.22
0.80	10.00	12.00	0.20	16.00	2.00	8.40	123.00	127.00	0.40	208.00	0.33
1.00	23.00	25.00	0.20	20.00	0.87	8.60	136.00	140.00	0.40	216.00	0.29
1.20	17.00	20.00	0.30	26.00	1.76	8.80	150.00	155.00	0.50	226.00	0.33
1.40	13.00	15.00	0.20	30.00	1.54	9.00	250.00				
1.60	12.00	14.00	0.20	34.00	1.67	9.20					
1.80	7.00	9.00	0.20	38.00	2.86	9.40					
2.00	5.00	7.00	0.20	42.00	4.00	9.60					
2.20	8.00	10.00	0.20	46.00	2.50	9.80					
2.40	10.00	12.00	0.20	50.00	2.00	10.00					
2.60	10.00	12.00	0.20	54.00	2.00	10.20					
2.80	15.00	17.00	0.20	58.00	1.33	10.40					
3.00	12.00	14.00	0.20	62.00	1.67	10.60					
3.20	15.00	17.00	0.20	66.00	1.33	10.80					
3.40	15.00	18.00	0.30	72.00	2.00	11.00					
3.60	15.00	18.00	0.30	78.00	2.00	11.20					
3.80	11.00	13.00	0.20	82.00	1.82	11.40					
4.00	11.00	13.00	0.20	86.00	1.82	11.60					
4.20	12.00	14.00	0.20	90.00	1.67	11.80					
4.40	10.00	12.00	0.20	94.00	2.00	12.00					
4.60	9.00	11.00	0.20	98.00	2.22	12.20					
4.80	10.00	13.00	0.30	104.00	3.00	12.40					
5.00	10.00	12.00	0.20	108.00	2.00	12.60					
5.20	25.00	28.00	0.30	114.00	1.20	12.80					
5.40	20.00	23.00	0.30	120.00	1.50	13.00					
5.60	32.00	37.00	0.50	130.00	1.56	13.20					
5.80	32.00	37.00	0.50	140.00	1.56	13.40					
6.00	58.00	60.00	0.20	144.00	0.34	13.60					
6.20	122.00	124.00	0.20	148.00	0.16	13.80					
6.40	150.00	152.00	0.20	152.00	0.13	14.00					
6.60	72.00	74.00	0.20	156.00	0.28	14.20					
6.80	66.00	68.00	0.20	160.00	0.30	14.40					
7.00	45.00	47.00	0.20	164.00	0.44	14.60					
7.20	40.00	45.00	0.50	174.00	1.25	14.80					
7.40	57.00	60.00	0.30	180.00	0.53	15.00					



**Gambar 6. 6**  
**Grafik Sondir Titik S.2**

### **Titik Sondir S.3**

Untuk titik sondir S.3 kedalaman yang dapat dilaksanakan sampai kedalaman – 10,20 meter dari permukaan tanah setempat dengan nilai tahanan conus (Cone Resistance)  $qc = 250,0 \text{ kg/cm}^2$  dan total tahanan pelekat/geser (total friction)  $JHP=230,0 \text{ kg/cm}$ .

Pada kedalaman dari – 0,40 meter sampai dengan – 3,40 meter terdapat lapisan tanah dengan konsistensi teguh sampai kaku, dengan nilai tahanan conus (Cone Resistance)  $qc = 13,0 \text{ kg/cm}^2$  sampai  $qc = 25,0 \text{ kg/cm}^2$

Pada kedalaman dari – 3,60 meter sampai dengan – 6,40 meter terdapat lapisan tanah dengan konsistensi lunak sampai teguh, dengan nilai tahanan conus (Cone Resistance)  $qc = 7,0 \text{ kg/cm}^2$  sampai  $qc = 15,0 \text{ kg/cm}^2$

Pada kedalaman dari – 6,60 meter sampai dengan – 8,00 meter terdapat lapisan tanah dengan konsistensi lunak sampai kaku, dengan nilai tahanan conus (Cone Resistance)  $qc = 8,0 \text{ kg/cm}^2$  sampai  $qc = 23,0 \text{ kg/cm}^2$

Pada kedalaman dari – 8,20 meter sampai dengan – 10,20 meter terdapat lapisan tanah dengan konsistensi sangat kaku sampai keras, dengan nilai tahanan conus (Cone Resistance)  $qc = 38,0 \text{ kg/cm}^2$  sampai  $qc = 250,0 \text{ kg/cm}^2$

**Tabel 6. 3**  
**Hasil Penyelidikan Sondir Titik S.3**

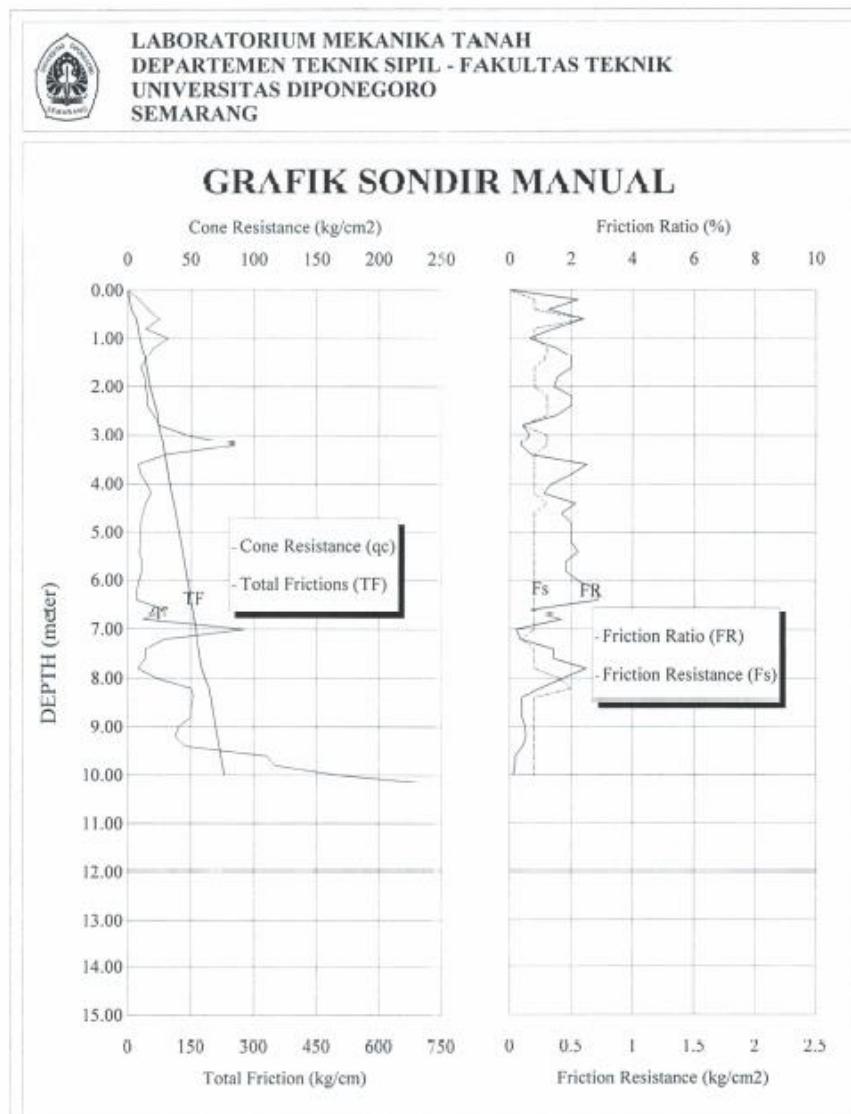


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL - FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG

### HASIL SONDIR MANUAL

Proyek : Pada Pekerjaan DED IPTL Regional Kabupaten Purbalingga	Tgl / Bln : 23 Mei 2023
Lokasi : Desa Karanggedang, Kec. Bukateja, Kab. Purbalingga, Jawa Tengah	Team : Anggiet Wyka
Titik : S. 3	Koordinat : S -7.4480179 E 109.5047547

DEPTH (M)	qc kg/cm <sup>2</sup>	qc + f kg/cm <sup>2</sup>	Fs kg/cm <sup>2</sup>	TF kg/cm	FR (Fs/qc)%	DEPTH (M)	qc kg/cm <sup>2</sup>	qc + f kg/cm <sup>2</sup>	Fs kg/cm <sup>2</sup>	TF kg/cm	FR (Fs/qc)%
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.60	14.00	16.00	0.20	172.00	1.43
0.20	9.00	11.00	0.20	4.00	2.22	7.80	8.00	10.00	0.20	176.00	2.50
0.40	16.00	18.00	0.20	8.00	1.25	8.00	23.00	27.00	0.40	184.00	1.74
0.60	25.00	31.00	0.60	20.00	2.40	8.20	50.00	55.00	0.50	194.00	1.00
0.80	14.00	16.00	0.20	24.00	1.43	8.40	52.00	54.00	0.20	198.00	0.38
1.00	32.00	34.00	0.20	28.00	0.63	8.60	50.00	52.00	0.20	202.00	0.40
1.20	20.00	23.00	0.30	34.00	1.50	8.80	50.00	52.00	0.20	206.00	0.40
1.40	15.00	18.00	0.30	40.00	2.00	9.00	40.00	42.00	0.20	210.00	0.50
1.60	10.00	12.00	0.20	44.00	2.00	9.20	38.00	40.00	0.20	214.00	0.53
1.80	13.00	15.00	0.20	48.00	1.54	9.40	46.00	48.00	0.20	218.00	0.43
2.00	14.00	16.00	0.20	52.00	1.43	9.60	110.00	112.00	0.20	222.00	0.18
2.20	15.00	18.00	0.30	58.00	2.00	9.80	117.00	119.00	0.20	226.00	0.17
2.40	15.00	18.00	0.30	64.00	2.00	10.00	168.00	170.00	0.20	230.00	0.12
2.60	20.00	23.00	0.30	70.00	1.50	10.20	250.00				
2.80	25.00	26.00	0.10	72.00	0.40	10.40					
3.00	47.00	50.00	0.30	78.00	0.64	10.60					
3.20	85.00	88.00	0.30	84.00	0.35	10.80					
3.40	30.00	32.00	0.20	88.00	0.67	11.00					
3.60	8.00	10.00	0.20	92.00	2.50	11.20					
3.80	10.00	12.00	0.20	96.00	2.00	11.40					
4.00	15.00	17.00	0.20	100.00	1.33	11.60					
4.20	18.00	20.00	0.20	104.00	1.11	11.80					
4.40	14.00	17.00	0.30	110.00	2.14	12.00					
4.60	12.00	14.00	0.20	114.00	1.67	12.20					
4.80	10.00	12.00	0.20	118.00	2.00	12.40					
5.00	10.00	12.00	0.20	122.00	2.00	12.60					
5.20	10.00	12.00	0.20	126.00	2.00	12.80					
5.40	9.00	11.00	0.20	130.00	2.22	13.00					
5.60	11.00	13.00	0.20	134.00	1.82	13.20					
5.80	11.00	13.00	0.20	138.00	1.82	13.40					
6.00	9.00	11.00	0.20	142.00	2.22	13.60					
6.20	7.00	9.00	0.20	146.00	2.86	13.80					
6.40	7.00	9.00	0.20	150.00	2.86	14.00					
6.60	30.00	32.00	0.20	154.00	0.67	14.20					
6.80	12.00	14.00	0.20	158.00	1.67	14.40					
7.00	93.00	95.00	0.20	162.00	0.22	14.60					
7.20	29.00	30.00	0.10	164.00	0.34	14.80					
7.40	14.00	16.00	0.20	168.00	1.43	15.00					



**Gambar 6. 7**  
**Grafik Sondir Titik S.3**

e) Test PIT (Sumur Uji)

Sumur-sumur uji adalah lubang-lubang hasil pengalian dengan kedalam ditentukan berdasarkan penyelidikan, secara tipikal sekitar 2 - 3 meter dengan alat mekanik atau tangan dengan tujuan untuk mengetahui jenis dan tebal lapisan tanah dengan lebih jelas. Sumur uji dapat digunakan untuk mendapatkan sampel tanah terganggu (disturbed sample) yang diambil dengan rapi dan teliti untuk pengujian di laboratorium.

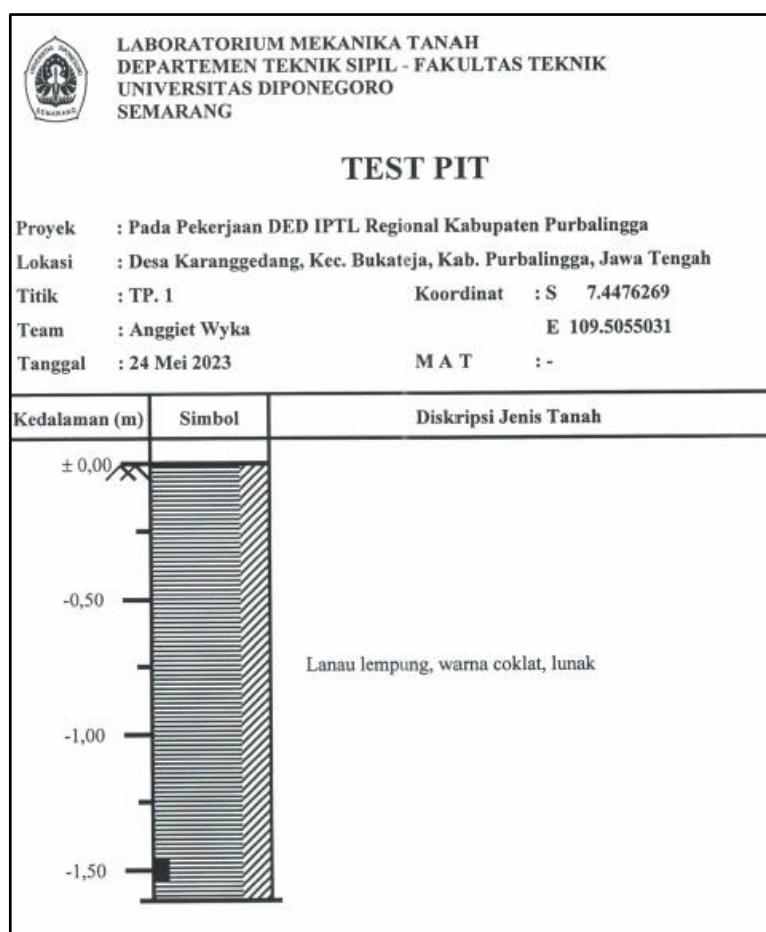
Pada pekerjaan test pit (sumur uji), metode test pit yang dilaksanakan adalah dengan cara membuat lubang dan menggali tanah secara manual dengan diameter lubang  $\pm 1,50$  meter. Kedalaman test pit dilaksanakan sampai tanah asli dari permukaan tanah setempat dan dilakukan deskripsi tanah secara visual jenis tanah. Jumlah titik test pit yang dilaksanakan ada 2 (dua) yaitu titik TP.1 dan TP.2 yang dimana letaknya bisa dilihat di Gambar lokasi.

#### Test Pit TP.1

Untuk titik test pit TP.1 kedalaman yang dapat dilaksanakan adalah sampai kedalaman  $-1,50$  meter dari permukaan tanah setempat.

Pada kedalaman  $\pm 0,00$  meter sampai  $-1,50$  meter terdapat lapisan tanah berupa lanau kelempungan, dengan konsistensi lunak, berwarna coklat.

Muka air tanah (MAT) pada titik test pit TP.1 sampai kedalaman  $-1,50$  meter dari permukaan tanah setempat belum ditemukan.



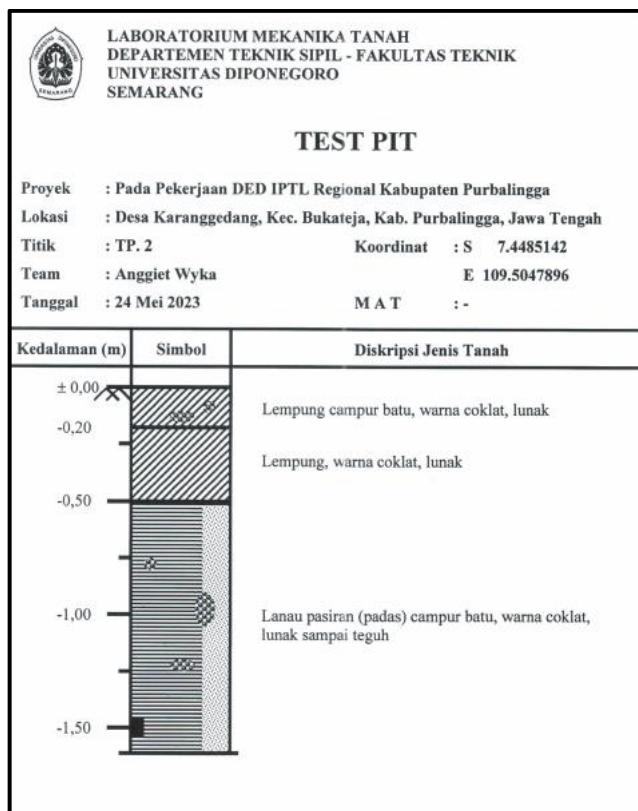
**Gambar 6. 8**  
**Bore Log Titik Test Pit TP.1**

### Test Pit TP.2

Untuk titik test pit TP.2 kedalaman yang dapat dilaksanakan adalah sampai kedalaman – 1,50 meter dari permukaan tanah setempat.

Pada kedalaman ± 0,00 meter sampai – 1,50 meter terdapat lapisan tanah berupa lanau kelempungan, dengan konsistensi lunak, berwarna coklat.

Muka air tanah (MAT) pada titik test pit TP.2 sampai kedalaman – 1,50 meter dari permukaan tanah setempat belum ditemukan.



**Gambar 6. 9  
Bore Log Titik Test Pit TP.1**

### f) Pengujian Laboratorium

Pengujian laboratorium yang diadakan berupa pengujian sifat fisik (*index properties*) dan sifat teknik (*engineering properties*).

#### 1. Sifat fisik (*index properties*):

- Pengujian kadar air tanah (*moisture water content test*)
- Pengujian berat jenis (*specific gravity test*)

- Pengujian batas konsistensi atterberg (atterberg limit test)
  - Pengujian analisis saringan (sieve analysis test)
2. Sifat teknik (*engineering properties*)
  3. CBR Laboratorium

**Tabel 6. 4**  
**Rangkuman Hasil Analisa Laboratorium**

Parameter	Titik BH.1			
	(-2,50 s/d - 3,00)	(-5,00 s/d - 5,50)	(-7,50 s/d - 8,00)	(-10,00 s/d - 10,50)
Berat jenis tanah ( $\gamma_{dry}$ ) gr/cm <sup>3</sup>	0,9954	1,0435	1,0594	1,1989
Berat jenis tanah ( $\gamma_{wet}$ ) gr/cm <sup>3</sup>	1,6069	1,6192	1,6283	1,6508
Water content (w) %	61,43	55,18	53,71	37,68
specific gravity test (Gs)	2,6611	2,6707	2,6752	2,6753
Muka Air Tanah	Tidak ada		Tidak ada	
Sudut geser (ø)	12,00°	16,00°	18,00°	23,00°
Kohesi (c) kg/cm <sup>2</sup>	0,17	0,20	0,31	0,35
Permeabilitas, cm/dtk	0,000001749	0,00001417	0,00001478	0,00002113

**Tabel 6. 5 (Lanjutan)**  
**Rangkuman Hasil Analisa Laboratorium**

Parameter	Titik BH.1			
	(-12,50 s/d - 13,00)	(-15,00 s/d - 15,50)	(-17,50 s/d - 18,00)	(-19,50 s/d - 20,00)
Berat jenis tanah ( $\gamma_{dry}$ ) gr/cm <sup>3</sup>	1,2670	1,2788	1,2876	1,3041
Berat jenis tanah ( $\gamma_{wet}$ ) gr/cm <sup>3</sup>	1,6660	1,6749	1,6642	1,6679
Water content (w) %	31,49	30,97	29,25	27,89
specific gravity test (Gs)	2,6854	2,6858	2,6862	2,6847
Muka Air Tanah	Tidak ada	- 14,00	- 14,00	- 14,00
Sudut geser (ø)	25,00°	26,00°	26,00°	27,00°
Kohesi (c) kg/cm <sup>2</sup>	0,42	0,49	0,52	0,61
Permeabilitas, cm/dtk	0,00001192	0,00002561	0,00003056	0,00004437

**Tabel 6. 6 (Lanjutan)**  
**Rangkuman Hasil Analisa Laboratorium**

Parameter	Titik B.1		Titik B.2	
	(-1,00 s/d - 1,50)	(-3,00 s/d - 3,50)	(-2,00 s/d - 2,50)	(-4,00 s/d - 4,50)
Berat jenis tanah ( $\gamma_{dry}$ ) gr/cm <sup>3</sup>	0,9984	1,0142	0,9981	1,0164
Berat jenis tanah ( $\gamma_{wet}$ ) gr/cm <sup>3</sup>	1,6261	1,6254	1,6169	1,6190
Water content (w) %	62,87	60,27	62,00	59,29
specific gravity test (Gs)	2,6410	2,6480	2,6322	2,6385
Muka Air Tanah	Tidak ada		Tidak ada	
Sudut geser (ø)	12,00°	14,00°	12,00°	13,00°
Kohesi (c) kg/cm <sup>2</sup>	0,14	0,16	0,16	0,19
Permeabilitas, cm/dtk	0,0000007195	0,0000006633	0,000001042	0,000000695

**Tabel 6. 7 (Lanjutan)**  
**Rangkuman Hasil Analisa Laboratorium**

Parameter	Tes Pit (TP)	
	TP.1	TP.2
Kepadatan standard	W optimum (%)	30,60
	95% $\gamma$ Dmaks (gr/cm <sup>3</sup> )	1,2245
	100% $\gamma$ Dmaks (gr/cm <sup>3</sup> )	1,3100
CBR Unsoaked	95% $\gamma$ Dmaks (%)	28,40
	100% $\gamma$ Dmaks (%)	33,20
CBR Soaked	95% $\gamma$ Dmaks (%)	7,90
	100% $\gamma$ Dmaks (%)	10,30
Atteberg Limit	LL (%)	55,40
	PL (%)	29,59
	PI (%)	25,81
Swelling Potensial (%)	0,48	0,62

### 6.3 Rekapitulasi Daya Dukung Ijin

Daya Dukung Pondasi Berdasarkan data CPT (Cone Penetrometer Test) Perhitungan daya dukung pondasi menerus berdasarkan data CPT dilakukan menggunakan nilai CR (Cone Resistant) yang diperoleh pada pengujian CPT. Nilai CR selengkapnya dapat dilihat sebagai berikut.

Rekapitulasi Perhitungan daya dukung pondasi menerus berdasarkan data CPT adalah sebagai berikut :

#### 6.3.1 Perhitungan Daya Dukung Ijin Pondasi Dangkal

##### a. Berdasarkan Data Sondir

**Tabel 6. 8**  
**Rangkuman Daya Dukung Ijin Pondasi Dangkal Berdasarkan Hasil Sondir**

Kedalaman (m)	Sondir S.1		Sondir S.2		Sondir S.3	
	qc.rt (kg/ cm <sup>2</sup> )	qc.all (kg/ cm <sup>2</sup> )	qc.rt (kg/ cm <sup>2</sup> )	qc.all (kg/ cm <sup>2</sup> )	qc.rt (kg/ cm <sup>2</sup> )	qc.all (kg/ cm <sup>2</sup> )
-1,00	9,40	0,81	13,40	1,15	19,80	1,51
-2,00	12,20	1,07	8,40	0,74	13,40	1,17
-3,00	15,00	1,26	13,40	1,19	25,60	1,79
-4,00	12,40	1,12	11,80	1,07	13,00	1,17
-5,00	10,80	1,01	13,80	1,26	10,20	

Sumber : Laporan Hasil Penyelidikan Tanah pada Pekerjaan DED IPLT Regional Kab. Purbalingga tahun 2023 oleh Laboratorium Mektan Dept. Sipil Undip

### b. Berdasarkan Data Boring

**Tabel 6. 9****Rangkuman Daya Dukung Ijin Pondasi Dangkal Berdasarkan Hasil Boring**

Kode Sample	Kedalaman (m)	Daya dukung qsafe ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )			Daya dukung qsafe ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
		Square	Round	Continous	
BH.1	-2,50	1,0221	1,0130	0,8734	
	-5,00	1,3898	1,3774	1,1947	
B.1	-1,00	0,7599	0,7507	0,6391	
	-3,00	1,1705	1,1582	1,0170	
B.1	-2,00	0,8403	0,8312	0,7009	
	-4,00	1,2762	1,2656	1,1005	
N-Seperti BH.1	-2,00				0,3798
	-4,00				1,3825
	-6,00				1,3340

Sumber : Laporan Hasil Penyelidikan Tanah pada Pekerjaan DED IPLT Regional Kab. Purbalingga tahun 2023 oleh Laboratorium Mektan Dept. Sipil Undip

### 6.3.2 Perhitungan Daya Dukung Ijin Pondasi Mini Pile

**Tabel 6. 10****Rangkuman Daya Dukung Ijin Pondasi Mini Pile Berdasarkan Hasil Sondir**

Titik Sondir	Kedalaman (m)	Daya dukung ijin tiang pancang mini Qall (ton)		
		Ukuran 20x20 cm <sup>2</sup>	Ukuran 25x25 cm <sup>2</sup>	Ukuran 30x30 cm <sup>2</sup>
S.1	-6,00	5,57	6,71	10,86
	-9,00	23,52	27,84	50,28
S.2	-6,00	9,57	11,39	19,86
	-9,00	24,85	29,40	53,28
S.3	-6,00	3,57	4,36	6,36
	-9,00	8,53	10,25	16,80
	-10,00	23,52	27,84	50,28

Sumber : Laporan Hasil Penyelidikan Tanah pada Pekerjaan DED IPLT Regional Kab. Purbalingga tahun 2023 oleh Laboratorium Mektan Dept. Sipil Undip

**Tabel 6. 11****Rangkuman Daya Dukung Ijin Pondasi Mini Pile Berdasarkan Hasil Boring**

Titik Boring	Kedalaman (m)	Daya dukung ijin tiang pancang mini Qall (ton)		
		Ukuran 20x20 cm <sup>2</sup>	Ukuran 25x25 cm <sup>2</sup>	Ukuran 30x30 cm <sup>2</sup>
BH.1	-8,00	12,09	17,58	24,05
	-10,00	15,25	27,31	28,27
	-12,00	20,80	28,79	37,89
	-14,00	24,87	33,66	43,47
	-16,00	34,06	46,64	60,86

Sumber : Laporan Hasil Penyelidikan Tanah pada Pekerjaan DED IPLT Regional Kab. Purbalingga tahun 2023 oleh Laboratorium Mektan Dept. Sipil Undip

### 6.3.3 Perhitungan Daya Dukung Ijin Pondasi Tiang Pancang

**Tabel 6. 12****Rangkuman Daya Dukung Ijin Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan Hasil Sondir/Boring**

Titik Sondir/Boring	Kedalaman (m)	Daya dukung ijin tiang pancang mini Qall (ton)		
		Ukuran Ø 40 cm	Ukuran Ø 45 cm	Ukuran Ø 50 cm
S.1	-9,00	66,23	63,84	101,76
S.2	-9,00	68,33	65,83	105,03
S.3	-9,00	40,44	21,55	32,45
	-10,00	68,33	65,83	105,03
BH.1	-8,00	40,44	49,83	60,18
	-10,00	46,11	55,83	66,43
	-12,00	60,08	72,49	85,98
	-14,00	66,42	79,24	93,07
	-16,00	89,34	107,11	126,33
	-18,00	102,78	122,41	143,54

Sumber : Laporan Hasil Penyelidikan Tanah pada Pekerjaan DED IPLT Regional Kab. Purbalingga tahun 2023 oleh Laboratorium Mektan Dept. Sipil Undip

**6.3.4 Rekomendasi Tanah Galian****Tabel 6. 13****Hasil Analisa Galian dan Timbunan Berdasarkan Hasil Laboratorium sample Tes PIT**

Test Pit	Compaction		CBR (%)
	$\gamma d_{max}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$W_{opt}$ (%)	
Titik TP.1	1,2455	30,60	7,90
Titik TP.2	1,2673	28,40	8,50

Sumber : Laporan Hasil Penyelidikan Tanah pada Pekerjaan DED IPLT Regional Kab. Purbalingga tahun 2023 oleh Laboratorium Mektan Dept. Sipil Undip

Berikut parameter yang didapat dari hasil pengujian kepadatan tanah (Compaction) dan pengujian CBR Laboratorium. Menurut Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 revisi 3 mengenai pekerjaan tanah divisi timbunan bahwa persyaratan tanah untuk subgrade harus mencapai nilai CBR minimum 6%, maka jika dilihat dari hasil pengujian cbr laboratorium maka tanah hasil tes PIT dapat digunakan sebagai bahan timbunan sesuai yang disyaratkan.

Berdasarkan dari hasil analisis pada pengujian CBR Laboratorium didapatkan bahwa tanah hasil pengujian Tes Pit di kedua titik pengujian di lapangan dapat digunakan sebagai bahan timbunan pada subgrade dikarenakan telah sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 revisi 3 pada pekerjaan tanah divisi timbunan dimana nilai CBR > 6% (nilai CBR minimum untuk subgrade), sehingga tanah hasil galian dapat digunakan untuk timbunan.

## 6.4 Dimensi IPLT

Dimensi masing-masing bak akan diuraikan dibawah ini, semua ukuran yang dicantumkan adalah ukuran bersih.

### a. Bak SSC

- Panjang : 20,00 m
- Lebar : 18,00 m
- Tinggi air leachet : 2,50 m
- Jumlah Bak : 2,00 unit

### b. Bak Anaerob

- Panjang : 10,00 m
- Lebar : 10,00 m
- Tinggi air leachet : 3,50 m
- Jumlah Bak : 2,00 unit

### c. Bak Aerobik

- Panjang : 10,00 m
- Lebar : 5,00 m
- Tinggi air leachet : 3,50 m
- Jumlah Bak : 1,00 unit

### d. Bak Sedimentasi

- Panjang : 8,00 m
- Lebar : 3,00 m
- Tinggi air leachet : 3,00 m
- Jumlah Bak : 1,00 unit

### e. Bak Wetland

- Panjang : 13,80 m
- Lebar : 5,20 m
- Tinggi air limbah : 0,70 m
- Jumlah Bak : 1,00 unit

### f. Bak Desinfeksi

- Panjang : 4,30 m

- Lebar : 1,15 m
- Tinggi air limbah : 0,70 m
- Jumlah Bak : 1,00 unit

g. Bak Biopod

- Panjang : 4,00 m
- Lebar : 3,25 m
- Tinggi air limbah : 0,75 m
- Jumlah Bak : 1,00 unit

h. Bak Drying Area

- Panjang : 18,75 m
- Lebar : 6,80 m
- Tinggi air limbah : 0,90 m
- Jumlah Bak : 1,00 unit

i. Bak SDB

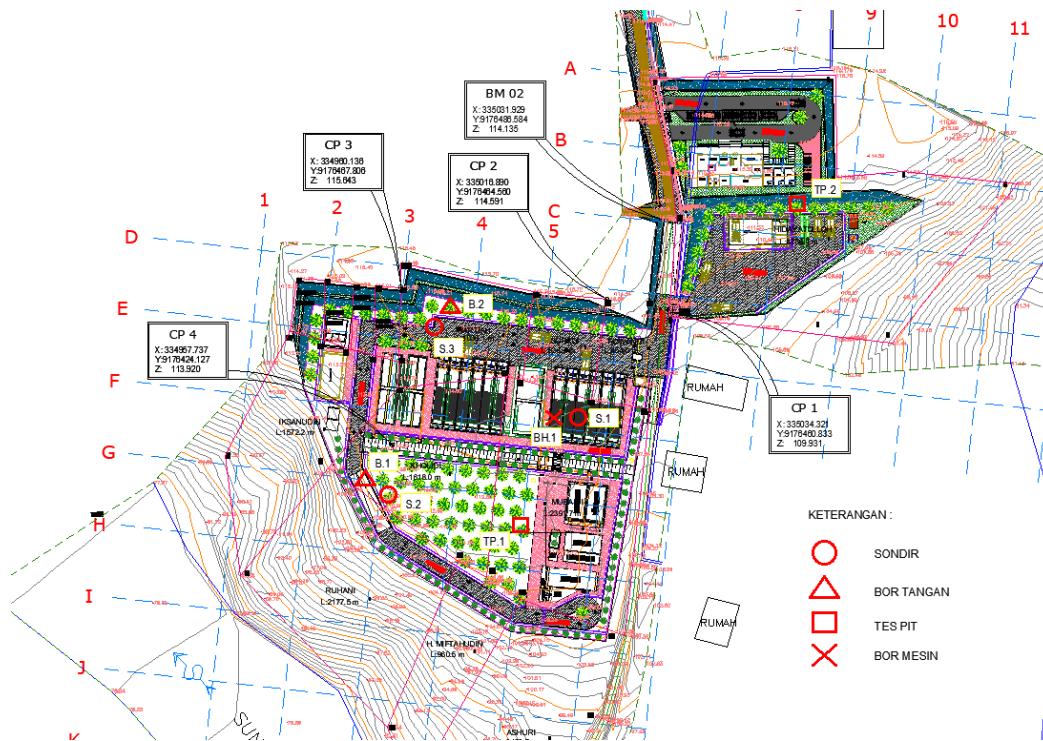
- Panjang : 19,10 m
- Lebar : 4,70 m
- Tinggi air limbah : 0,95 m
- Jumlah Bak : 2,00 unit

Untuk perhitungan struktur dan penulangan setiap bak akan dihitung.

## 6.5 Analisis dan Perencanaan Struktur IPLT Regional Purbalingga

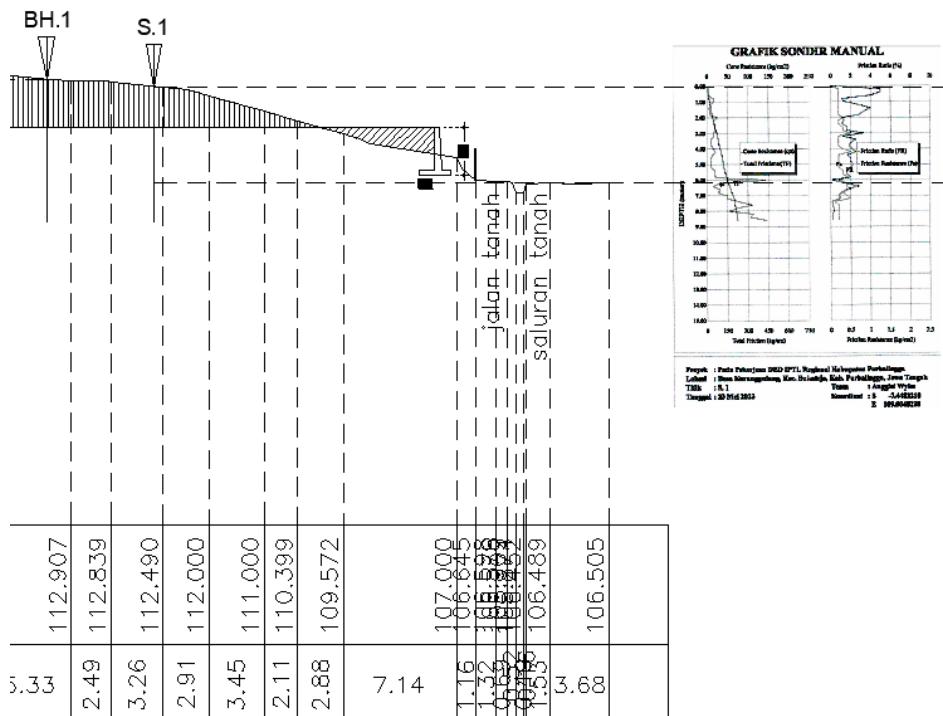
Sebagai dasar untuk analisis dan perencanaan struktur IPLT Regional adalah Laporan Hasil Penyelidikan Tanah pada lokasi rencana bangunan IPLT yang dilaksanakan *Laboratorium Mektan Depertemen Sipil Universitas Diponegoro tahun 2023*. Pada waktu yang sama Konsultan Pelaksana juga melaksanakan Pengukuran Topografi pada lokasi yang sama. Dari Grafik sondir dan data Bore Log dioverlap dengan potongan lahan dari hasil pengukuran topografi, sehingga didapat gambaran posisi lapisan struktur tanah pada lokasi rencana.

Adapun hasil overlap grafik sondir, bore log dan potongan topografi dapat di lihat pada gambar-gambar dibawah ini.

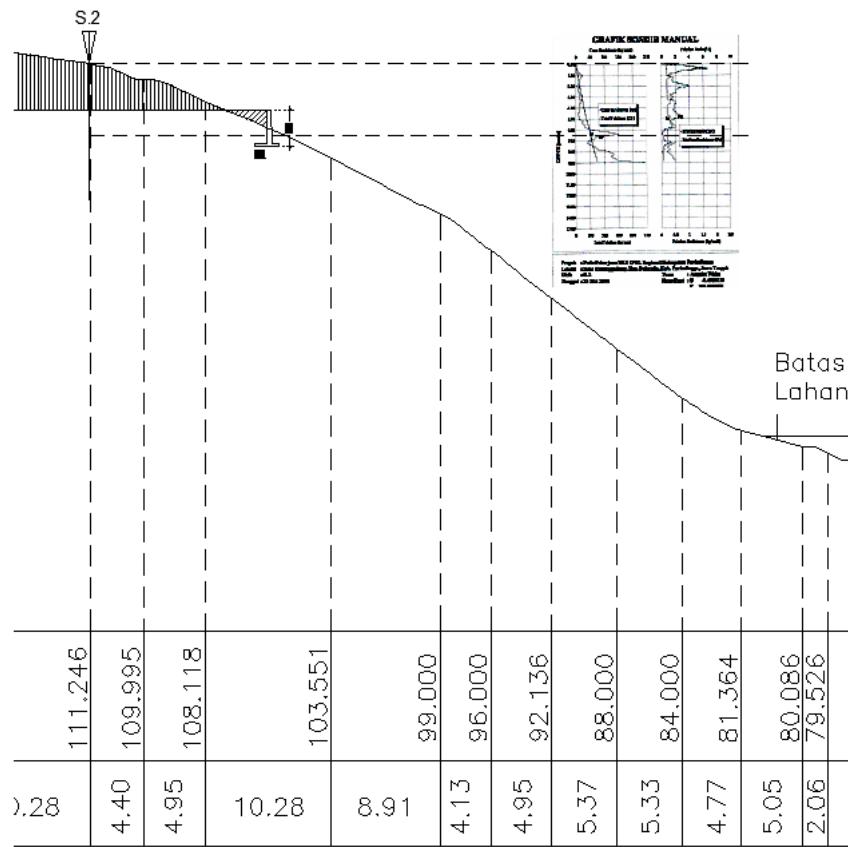


Gambar 6. 10

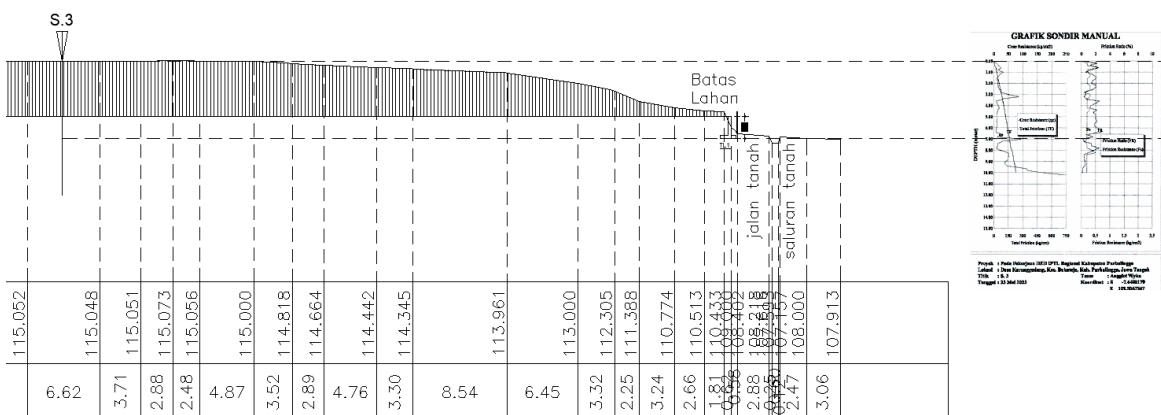
Peta Lokasi Titik Bor Mesin, Bor Tangan, Sondir dan Test Pit pada Site Rencana



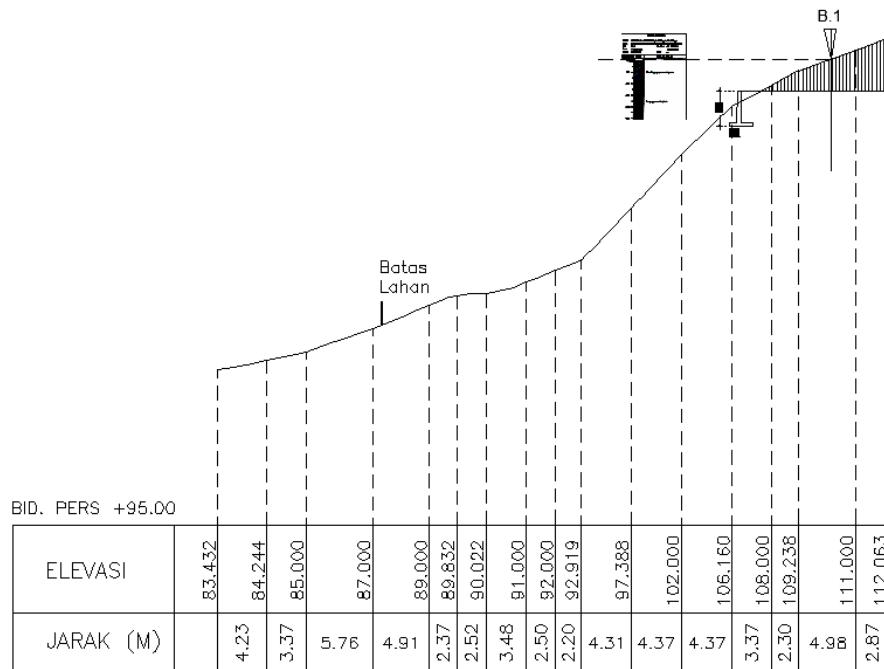
Gambar 6. 11  
Plot Grafik Sondir S.1 pada Potongan Melintang F



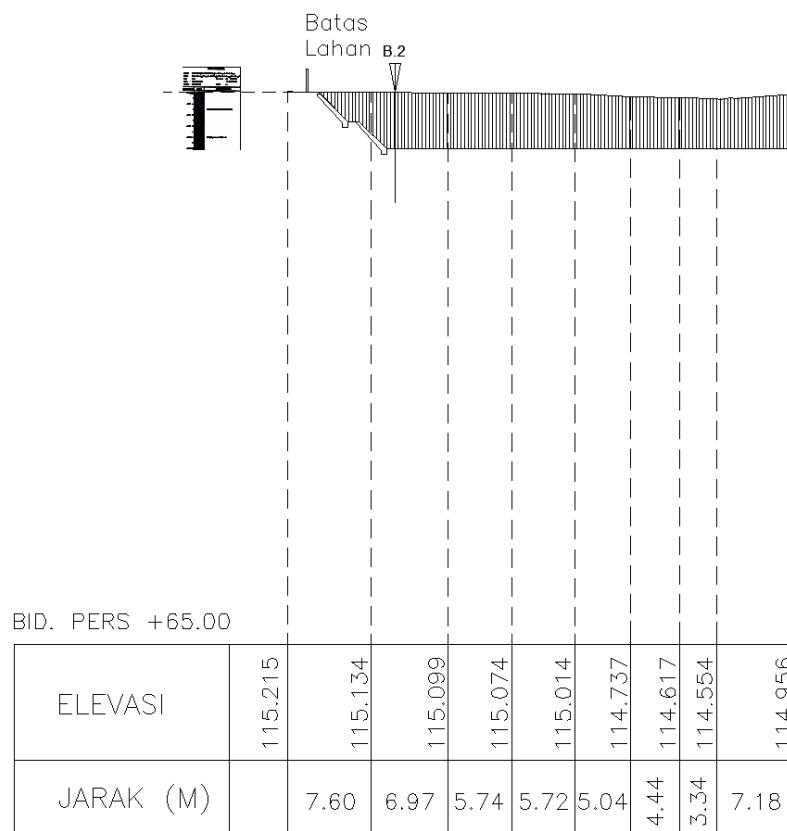
**Gambar 6. 12**  
**Plot Grafik Sondir S.2 pada Potongan Melintang 3**



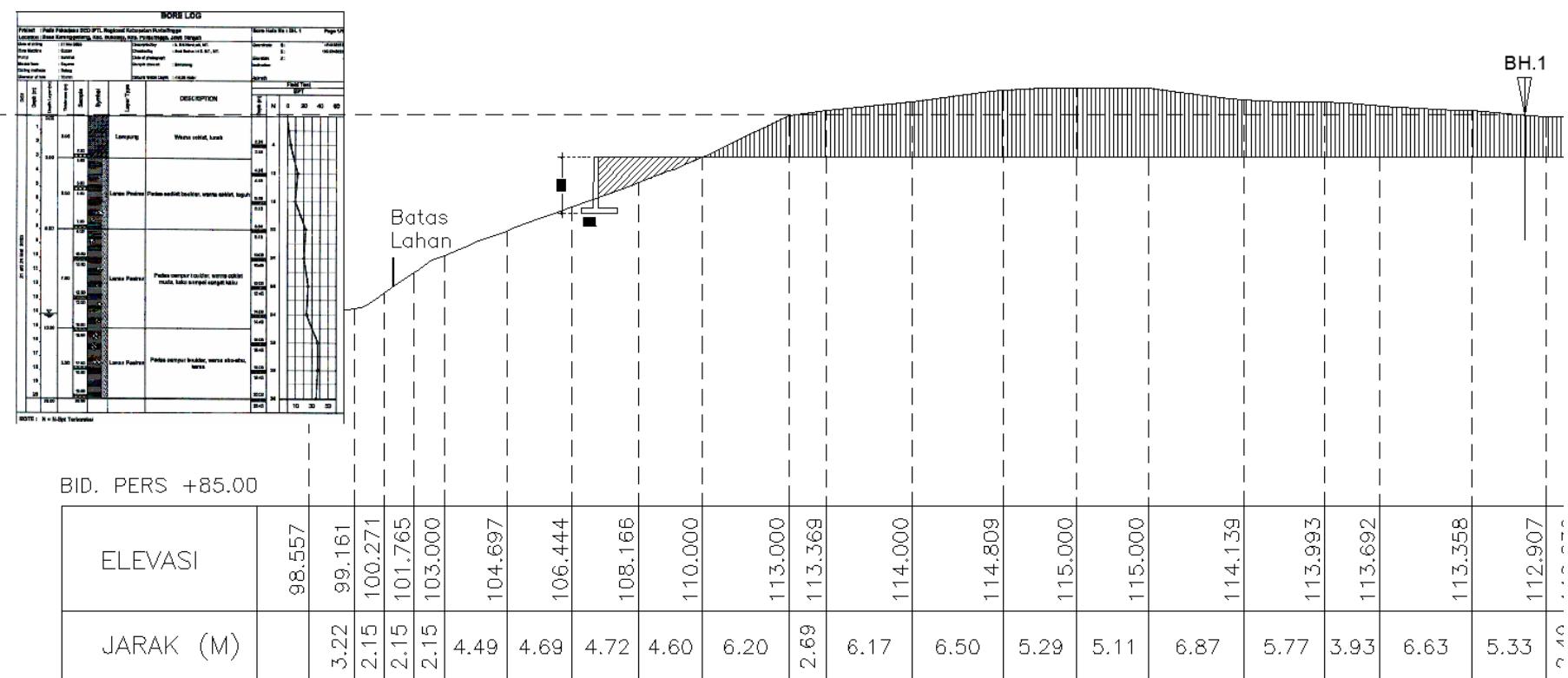
**Gambar 6. 13**  
**Plot Grafik Sondir S.3 pada Potongan Melintang E**



**Gambar 6. 14**  
**Plot Grafik Bore Log B.1 pada Potongan Melintang G**



**Gambar 6. 15**  
**Plot Grafik Bore Log B.2 pada Potongan Melintang 4**



**Gambar 6. 16**  
**Plot Grafik Bore Log BH.1 pada Potongan Melintang F**

### 6.5.1 Cek Terhadap Daya Dukung Tanah

#### a. Bak SSC

Data-data Bak SSC :

- Data ukuran lantai bak SSC : 20,00 x 18,00 m : 425,25 m<sup>2</sup>
- Kedalaman bak Pengumpul dari MTR : - 2,25
- kalau dikonversi ke kedalaman ttk sondir S.1 : - 4,60
- Data-data hasil Penyelidikan Tanah (sondir titik S.1) :

$q_{all}$  pada kedalaman - 4,60 m (hasil sondir) : 11,70 ton/m<sup>2</sup>

Pembebatan :

- Penutup atap	=	21,20	x	18,60	x	12,00	=	4.731,84	kg		
- Struktur dan rangka atap	=						=	6.303,91	kg		
- Dinding keliling dan sekat	=			104,49	x	2.400,00	=	250.770,00	kg		
- Sloof	=			18,05	x	2.400,00	=	43.312,50	kg		
- Balok, kolom, plat layan, dll	=			39,15	x	2.400,00	=	93.968,64	kg		
- Bar screen, grill dan asoserie lain	=						=	4.000,00	kg		
- Lantai kerja	=	21,00	x	20,25	x	0,05	x	2.300,00	=	47.855,81	kg
- Lantai dasar	=	21,00	x	20,25	x	0,25	x	2.400,00	=	255.150,00	kg
- Lantai dasar miring	=	10,00	x	8,00	x	0,06	x	2.300,00	=	24.840,00	kg
- Berat gravel	=	10,00	x	18,00	x	0,30	x	1.650,00	=	89.100,00	kg
- Berat pasir beton	=	11,00	x	18,00	x	0,30	x	1.400,00	=	83.160,00	kg
- Berat sedimen	=	13,00	x	18,00	x	0,60	x	1.300,00	=	189.540,00	kg
- Air limbah	=	13,00	x	18,00	x	1,20	x	1.100,00	=	308.880,00	kg
							Beban mati (DL)	=	1.401.612,70	kg	

Beban hidup (LL) = 19,00 x 25,25 x 200,00 = 71.820,00 kg

$$\begin{aligned}
 Q_{TOTAL} &= 1,2DL + 1,6LL \\
 &= (1,2 \times 1.401.612,70) + (1,6 \times 71.820,00) \\
 &= 1.796.847,25 \text{ kg} \\
 &= 1.796,847 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Beban bangunan bak SSC ( $q_{max}$ ) = 1.796,847 : 425,25 = **4,23** ton/m<sup>2</sup>

$q_{all}$  = **10,70** ton/m<sup>2</sup>

**Kesimpulan** = Tekanan tanah yang terjadi akibat bangunan ( $q_{max}$ ) <  $q_{all}$  → Aman

### b. Bak Anaerob

Data-data Bak Anaerob :

- Data ukuran lantai bak Anaerob  $10,00 \times 10,00 \text{ m} : 100,00 \text{ m}^2$
  - Kedalaman bak Anaerob dari MTR : - 4,35
  - Kalau dikonversi ke kedalaman ttk sondir S.1 : - 6,60
  - Data-data hasil Penyelidikan Tanah (sondir titik S.1) :
- $q_{all}$  pada kedalaman - 6,60 m (hasil sondir) :  $13,90 \text{ ton/m}^2$

Pembebatan :

- Lantai kerja	=	11,10	$\times$	11,40	$\times$	0,05	$\times$	2.300,00	=	14.552,10	kg
- Lantai dasar	=	11,10	$\times$	11,40	$\times$	0,25	$\times$	2.400,00	=	75.924,00	kg
- Sloof	=					8,06	$\times$	2.400,00	=	19.350,00	kg
- Dinding Counterpad	=					13,40	$\times$	2.400,00	=	31.290,00	kg
- Dinding keliling	=					77,57	$\times$	2.400,00	=	186.172,80	kg
- Lantai miring	=					12,24	$\times$	2.300,00	=	28.152,00	kg
- Air limbah	=	10,00	$\times$	10,00	$\times$	3,50	$\times$	1.100,00	=	385.000,00	kg
									Beban mati (DL) =	740.440,90	kg

$$\text{Beban hidup (LL)} = 10,00 \times 10,00 \times 200,00 = 20.000,00 \text{ kg}$$

$$Q_{total} = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

$$= (1,2 \times 740.440,90) + (1,6 \times 20.000,00)$$

$$= 920.529,08 \text{ kg}$$

$$= 920,529 \text{ ton}$$

$$\text{Beban bangunan bak Anaerob } (q_{max}) = 920,529 : 126,54 = 7,27 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{all} = 13,90 \text{ ton/m}^2$$

**Kesimpulan** =

**Tekanan tanah yang terjadi akibat bangunan** ( $q_{max}$ )  $< q_{all} \rightarrow \text{Aman}$

### c. Bak Aerasi dan Sedimentasi

Data-data Bak Aerasi dan Sedimentasi :

- Data ukuran lantai bak Bak Aerasi dan Sedimentasi  $10,00 \times 8,00 \text{ m} : 180,00 \text{ m}^2$
- Kedalaman bak Bak Aerasi dan Sedimentasi dari MTR : - 4,15
- kalau dikonversi ke kedalaman ttk sondir S.1 : - 6,40
- Data-data hasil Penyelidikan Tanah (sondir titik S.1) :

$q_{all}$  pada kedalaman - 6,40 m (hasil sondir) : 13,90 ton/m<sup>2</sup>

#### Pembebatan

- Lantai kerja	=	11,10	x	9,40	x	0,05	x	2.300,00	=	11.999,10	kg	
- Lantai dasar	=	11,10	x	9,40	x	0,25	x	2.400,00	=	62.604,00	kg	
- Sloof	=				4,21	x	2.400,00	=	10.110,00	kg		
- Dinding Counterpad	=				11,02	x	2.400,00	=	26.458,80	kg		
- Dinding keliling	=				63,72	x	2.400,00	=	152.935,20	kg		
- Dinding miring	=				21,24	x	2.400,00	=	50.976,00	kg		
Air Limbah bak Aerobik	bak	=	10,00	x	5,00	x	3,50	x	1.100,00	=	137.500,00	kg
Air Limbah bak Sedimen	bak	=	10,00	x	3,00	x	3,00	x	1.100,00	=	82.500,00	kg
									Beban mati (DL)	=	535.083,10	kg

Beban hidup (LL) =  $10,00 \times 8,00 \times 200,00$  = 16.000,00 kg

$$Q_{total} = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

$$= (1,2 \times 535.083,10) + (1,6 \times 16.000,00)$$

$$= 667.699,72 \text{ kg}$$

$$= 667,700 \text{ ton}$$

Beban bangunan bak Aerasi ( $q_{max}$ ) =  $667,700 : 104,34 = 6,40$  ton/m<sup>2</sup>

$q_{all}$  = 13,90 ton/m<sup>2</sup>

**Kesimpulan** =

**Tekanan tanah yang terjadi akibat bangunan ( $q_{max}$ ) <  $q_{all}$  → Aman**

#### d. Bak Wetland

Data-data Bak Wetland :

- Data ukuran lantai bak Wetland  $13,80 \times 5,20 \text{ m} : 71,76 \text{ m}^2$
- Kedalaman bak Aerobik dari MTR : - 1,90
- kalau dikonversi ke kedalaman ttg sondir S.1 : - 4,15
- Data-data hasil Penyelidikan Tanah (sondir titik S.1) :

$q_{all}$  pada kedalaman - 4,15 m (hasil sondir) : 11,20 ton/m<sup>2</sup>

#### Pembebatan

- Lantai kerja	=	14,80	x	5,55	x	0,05	x	2.300,00	=	9.446,10	kg
----------------	---	-------	---	------	---	------	---	----------	---	----------	----

- Lantai dasar	=	14,80	x	5,55	x	0,20	x	2.400,00	=	39.427,20	kg
- Sloof	=					2,76	x	2.400,00	=	6.631,20	kg
- Dinding keliling dan sekat	=					18,70	x	2.400,00	=	44.887,20	kg
- Gravel	=	12,80	x	5,20	x	0,75	x	1.600,00	=	79.872,00	kg
- Air limbah	=	13,80	x	5,20	x	0,75	x	1.100,00	=	59.202,00	kg
								Beban mati (DL)	=	239.465,70	kg

$$\text{Beban hidup (LL)} = 13,80 \times 5,20 \times 200,00 = 13.312,00 \text{ kg}$$

$$Q_{\text{total}} = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

$$= (1,2 \times 239.465,70) + (1,6 \times 13.312,00)$$

$$= 308.658,70 \text{ kg}$$

$$= 308,659 \text{ ton}$$

$$\text{Beban bangunan bak Aerasi (q}_{\max}\text{)} = 308,659 : 82,14 = \mathbf{3,76} \text{ ton/m}^2$$

$$q_{\text{all}} = \mathbf{11,20} \text{ ton/m}^2$$

**Kesimpulan =**

**Tekanan tanah yang terjadi akibat bangunan (q}\_{\max}\text{)} < q\_{\text{all}} \rightarrow \text{Aman}**

#### e. Bak Desinfektan

Data-data Bak Desinfektan :

- Data ukuran lantai bak Desinfektan  $4,00 \times 1,15 \text{ m} : 4,60 \text{ m}^2$
- Kedalaman bak Desinfektan dari MTR : - 1,90
- kalau dikonversi ke kedalaman ttk sondir S.1 : - 4,15
- Data-data hasil Penyelidikan Tanah (sondir titik S.1) :

$$q_{\text{all}} \text{ pada kedalaman } - 4,15 \text{ m (hasil sondir)} : 11,20 \text{ ton/m}^2$$

Pembebatan

- Lantai kerja	=	4,85	x	1,50	x	0,05	x	2.300,00	=	836,63	kg
- Lantai dasar	=	4,85	x	1,50	x	0,20	x	2.400,00	=	3.492,00	kg
- Sloof	=					0,83	x	2.400,00	=	1.989,36	kg
- Dinding keliling	=					6,91	x	2.400,00	=	16.588,80	kg
- Dinding sekat	=					0,72	x	2.400,00	=	1.728,00	kg

$$\begin{aligned}
 - \text{ Air Limbah} &= 4,00 \times 1,15 \times 0,75 \times 1.100,00 = 3.542,00 \text{ kg} \\
 &\quad \text{Beban mati (DL)} = 28.176,79 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\text{Beban hidup (LL)} = 4,00 \times 1,15 \times 200,00 = 920,00 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{total}} &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= (1,2 \times 28.176,79) + (1,6 \times 920,00) \\
 &= 35.284,14 \text{ kg} \\
 &= 35.284 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\text{Beban bangunan bak Aerasi (q}_{\max}\text{)} = 35.284 : 7,28 = \mathbf{4,85 \text{ ton/m}^2}$$

$$q_{\text{all}} = \mathbf{11,20 \text{ ton/m}^2}$$

**Kesimpulan** =

**Tekanan tanah yang terjadi akibat bangunan ( $q_{\max}$ ) <  $q_{\text{all}}$  → Aman**

#### f. Bak Biopod/Kolam Kontrol

Data-data Bak Biopod :

- Data ukuran lantai bak Biopod  $4,00 \times 3,25 \text{ m} : 13,00 \text{ m}^2$
  - Kedalaman bak Biopod dari MTR : - 1,90
  - kalau dikonversi ke kedalaman ttk sondir S.1 : - 4,15
  - Data-data hasil Penyelidikan Tanah (sondir titik S.1) :
- $q_{\text{all}}$  pada kedalaman - 4,15 m (hasil sondir) :  $11,20 \text{ ton/m}^2$

#### Pembebatan

$$\begin{aligned}
 - \text{ Lantai kerja} &= 24,75 \times 0,05 \times 2.300,00 = 2.846,25 \text{ kg} \\
 - \text{ Lantai dasar} &= 24,75 \times 0,20 \times 2.400,00 = 11.880,00 \text{ kg} \\
 - \text{ Sloof} &= 0,69 \times 2.400,00 = 1.657,80 \text{ kg} \\
 - \text{ Dinding keliling} &= 4,24 \times 2.400,00 = 10.180,80 \text{ kg} \\
 - \text{ Air Limbah} &= 21,30 \times 0,75 \times 1.100,00 = 17.572,50 \text{ kg} \\
 &\quad \text{Beban mati (DL)} = 44.137,35 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\text{Beban hidup (LL)} = 21,30 \times 200,00 = 4.260,00 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{total}} &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= (1,2 \times 44.137,35) + (1,6 \times 4.260,00) \\
 &= 59.780,82 \text{ kg} \\
 &= 59,781 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\text{Beban bangunan bak Biopod } (q_{\max}) = 59,781 : 24,75 = \mathbf{2,42 \text{ ton/m}^2}$$

$$q_{\text{all}} = \mathbf{11,20 \text{ ton/m}^2}$$

**Kesimpulan =**

**Tekanan tanah yang terjadi akibat bangunan ( $q_{\max}$ ) <  $q_{\text{all}}$  → Aman**

#### g. Bak Drying Area

Data-data Bak Drying Area :

- Data ukuran lantai bak Drying Area  $18,75 \times 6,80 \text{ m} : 127,50 \text{ m}^2$
- Kedalaman bak Drying Area dari MTR : - 0,80
- kalau dikonversi ke kedalaman ttk sondir S.1 : - 3,05
- Data-data hasil Penyelidikan Tanah (sondir titik S1) :

$$q_{\text{all}} \text{ pada kedalaman } - 3,05 \text{ m (hasil sondir)} : 12,60 \text{ ton/m}^2$$

Pembebatan

- Penutup atap	=	21,00	x	9,60	x		x	12	=	2.419,20	kg
- Struktur dan Rangka atap	=								=	4.173,01	kg
- Lantai kerja	=	19,20	x	7,40	x	0,05	x	2.300	=	16.339,20	kg
- Dinding	=					11,70	x	2.400	=	28.080,80	kg
- Sloof	=					5,59	x	2.400	=	13.413,60	kg
- Kolok, Balok, tangga dll						12,40	x	2.400	=	29.754,00	kg
- Plat lantai dasar	=	19,20	x	7,40	x	0,20	x	2.400	=	68.198,40	kg
- Lantai miring	=					9,08	x	2.400	=	20.775,90	kg
- Gravel	=	17,70	x	6,80	x	0,50	x	1.650	=	99.297,00	kg
- Pasir beton	=	17,70	x	6,80	x	0,10	x	1.400	=	16.850,40	kg
- Lumpur	=	17,70	x	6,80	x	0,30	x	1.600	=	57.772,80	kg
- Air limbah	=	18,30	x	6,80	x	0,90	x	1.100	=	123.195,60	kg
									Beban Mati (DL) =	480.269,11	kg
- Beban hidup (LL)	=	18,30	x	6,80	x			200	=	24.888,00	kg

$$Q_{\text{total}} = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

$$= (1,2 \times 480.269,11) + (1,6 \times 24.888,00)$$

$$= 616.143,73 \text{ kg}$$

$$= 616,144 \text{ ton}$$

$$\text{Beban bangunan bak Drying Area } (q_{\max}) = 616,144 : 142,08 = \mathbf{4,34 \text{ ton/m}^2}$$

$$q_{\text{all}} = \mathbf{12,60 \text{ ton/m}^2}$$

**Kesimpulan = Tekanan tanah yang terjadi akibat bangunan <  $q_{all}$  → Aman**

#### h. Bak SDB

Data-data Bak SDB :

- Data ukuran lantai bak SDB 19,10 x 4,70 m : 89,77 m<sup>2</sup>
  - Kedalaman bak SDB dari MTR : - 0,80
  - kalau dikonversi ke kedalaman ttk sondir S.3 : - 4,50
  - Data-data hasil Penyelidikan Tanah (sondir titik S.3) :
- $q_{all}$  pada kedalaman - 4,50 m (hasil sondir) : 11,05 ton/m<sup>2</sup>

Pembebatan

- Penutup atap	=	21,00	x	7,25	x	12,00	=	1.827,00	kg
- Struktur dan Rangka atap	=						=	5.652,33	kg
- Lantai kerja	=	19,70	x	5,30	x	0,05	x	2.300	= 12.007,15 kg
- Dinding	=					26,85	x	2.400	= 64.433,52 kg
- Sloof	=					5,10	x	2.400	= 12.244,80 kg
- Kolom, Balok, tangga dll	=					8,17	x	2.400	= 19.603,20 kg
- Lantai miring	=					17,67	x	2.400	= 40.634,56 kg
- Plat lantai dasar	=	19,70	x	5,30	x	0,20	x	2.400	= 50.116,80 kg
- Gravel	=	16,80	x	4,70	x	0,60	x	1.650	= 84.684,60 kg
- Berat lumpur	=	16,80	x	4,70	x	0,30	x	1.600	= 37.900,80 kg
- Air limbah	=	18,60	x	4,70	x	0,60	x	1.200	= 91.353,90 kg
							Beban Mati (DL)	= 420.458,66	kg
- Beban hidup (LL)	=	18,60	x	4,70	x		200	= 17.484,00	kg

$$\begin{aligned}
 Q_{total} &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= (1,2 \times 420.458,66) + (1,6 \times 17.484,00) = \\
 &= 532.524,79 \text{ kg} \\
 &= 532,525 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Beban bangunan bak SDB ( $q_{max}$ ) = 532,525 : 104,41 = **5,10 ton/m<sup>2</sup>**

$q_{all}$  = **11,05 ton/m<sup>2</sup>**

**Kesimpulan = Tekanan tanah yang terjadi akibat bangunan <  $q_{all}$  → Aman**

## 6.5.2 Perencanaan Penulangan

### A. Bak SSC

#### 1. Penulangan Plat Dasar

##### a. Pembebanan

###### 1. Data-data

$$\text{- Tebal Lantai Dasar Beton} = 0,25 \text{ m}$$

###### 2. Pembebanan pada plat meliputi :

###### a. Beban mati (DL)

$$\begin{aligned} \text{- Berat plat dasar beton} &= 0,25 \times 2.400,00 = 600,00 \text{ kg/m}^2 \\ \text{- Berat plat porforated beton} &= 0,12 \times 2.400,00 = 288,00 \text{ kg/m}^2 \\ \text{- Berat atap} &= 1,00 \times 350,00 = 350,00 \text{ kg/m}^2 \\ \text{- Berat Gravel} &= 0,20 \times 1.350,00 = 270,00 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Berat pasir beton} &= 0,20 \times 1.400,00 = 280,00 \text{ kg/m}^2 \\ \text{- Berat supernatan} &= 1,00 \times 1.100,00 = 1.100,00 \text{ kg/m}^2 \\ \text{- Berat sedimen} &= 1,25 \times 1.600,00 = 2.000,00 \text{ kg/m}^2 \\ \text{- Berat finishing beton} &= 0,03 \times 2.400,00 = \underline{\underline{72,00}} \text{ kg/m}^2 \\ &\qquad\qquad\qquad \text{DL} = 4.960,00 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

###### b) Beban Hidup (LL)

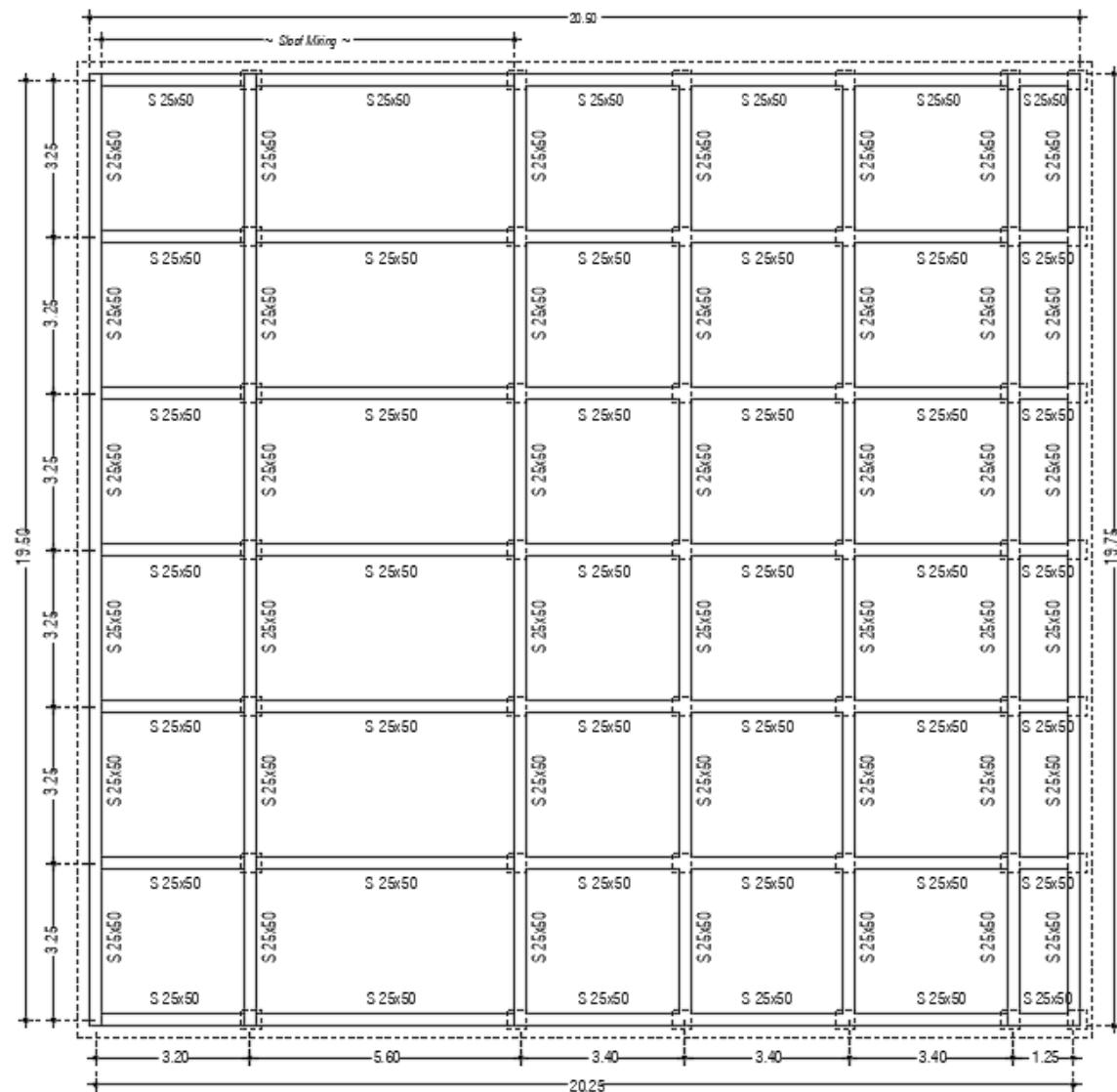
$$\text{- beban Hidup} = \text{LL} = 200,00 \text{ kg/m}^2$$

###### c). Beban Ultimate (Q ult.)

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= 1,2 \times DL + 1,6 \times LL \\ &= 1,2 \times 4.960,00 + 1,6 \times 200,00 \\ &= 6.272,00 \text{ kg/m}^2 \\ &= 62.720,00 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

##### b. Perhitungan dimensi tulangan

Dibawah plat lantai dasar diletakkan sloof sebagai balok pengaku, sehingga perhitungan momen plat dianggap jepit pada 4 sisi. Dimensi dari sloof pengaku adalah 25/50 cm.



**Gambar 6. 17**  
**Denah Sloof Bak SSC**

### 1. Rencana Pelat Lantai Dasar

Direncanakan :

Data perencanaan plat :

Panjang Pelat Beton	=	3,45	m
Lebar Pelat Beton	=	3,25	m
Mutu beton (f'c)	=	21,70	Mpa
Mutu baja (fy)	=	400,00	Mpa
Tebal plat	=	25	cm
Selimut beton	=	50	mm
Diameter tulangan yang akan digunakan	=	13	mm

Diasumsikan bahwa semua perlakuan pelat adalah terjepit penuh

#### 1. Perhitungan momen yang bekerja pada pelat

Untuk perhitungan digunakan tabel 13.3.1 dan tabel 13.3.2 Peraturan Beton Indonesia 1971

$$\begin{aligned} Lx &= 325 \quad - (25/2) \quad + \quad 25/2 \quad ) \\ &= 300 \quad \text{cm} \\ Ly &= 345 \quad - (25/2) \quad + \quad 25/2 \quad ) \\ &= 320 \quad \text{cm} \\ Ly/Lx &= 1,07 \quad \approx \quad 1,1 \end{aligned}$$

- Perhitungan momen pelat

$$\begin{aligned} M_{lx} &= 0,001 \times 62.720,00 \times 9 \times 25 \\ &= 14.112,00 \quad \text{Nm} \\ &= 14.112.000,00 \quad \text{Nmm} \\ M_{ly} &= 0,001 \times 62.720,00 \times 9 \times 11 \\ &= 6.209,28 \quad \text{Nm} \\ &= 6.209.280,00 \quad \text{Nmm} \\ M_{tx} &= -0,001 \times 62.720,00 \times 9 \times 59 \\ &= -33.304,32 \quad \text{Nm} \\ &= -33.304.320,00 \quad \text{Nmm} \\ M_{ty} &= -0,001 \times 62.720,00 \times 9 \times 54 \\ &= -30.481,92 \quad \text{Nm} \\ &= -30.481.920,00 \quad \text{Nmm} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas , nilai momen terbesar adalah momen tumpuan arah x (Mtx), maka untuk selanjutnya perhitungan dimensi penulangan memakai momen Mtx.

#### Tulangan tumpuan arah X

Momen nominal (Mtx) = 33.304.320,00 Nmm

$$h = 250 \text{ mm}$$

$$d = 250 \text{ mm} - 50 - \frac{13}{2}$$

$$= 193,50 \text{ mm}$$

$$b (\text{per 1 meter}) = 1.000 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{balance}} = \left[ \frac{0,85x f'cx \beta_1}{f_y} \right] \times \left[ \frac{600}{600+f_y} \right]$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,008 x (fc - 30)$$

$$= 0,085 - 0,008 \times (21,7 - 30) = 0,916$$

$$\text{pakai } \beta_1 = 0,85$$

$$\rho_{\text{balance}} = \left[ \frac{0,85x f'cx \beta_1}{f_y} \right] \times \left[ \frac{600}{600+f_y} \right]$$

$$= \left[ \frac{0,85 \times 21,7 \times 0,85}{400} \right] \times \left[ \frac{600}{600+400} \right]$$

$$= 0,0235$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\rho_{\max} = \rho_{\text{balance}} \times 0,75$$

$$= 0,0235 \times 0,75 = 0,0176$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'c} = \frac{400}{0,85 \times 21,7} = 21,866$$

$$R_n = \frac{Mu}{\emptyset \times b \times d^2} = \frac{33.304.320,00}{0,8 \times 1.000 \times 193,5^2} = 1,112 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left[ 1 - \sqrt{\frac{1 - (2 \times R_n \times m)}{f_y}} \right]$$

$$= \frac{1}{21,866} \times \left[ 1 - \sqrt{\frac{1 - (2 \times 1,112 \times 21,866)}{400}} \right]$$

$$= 0,000287 < \rho_{\min}$$

$$\text{Digunakan } \rho_{\min} = 0,0035$$

$$As = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0035 \times 1.000 \times 193,5$$

$$= 677,25 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipasang D 13-175} = 758,00 \text{ mm}^2 > As$$

**Resume :**

- **Penulangan lantai dasar, direncanakan penulangan D13 - 175 (tulangan double).**
- **Dilengkapi dinding miring pada pertemuan dinding bagian bawah dan lantai dengan tulangan D13-175**

- ***Penulangan sloof : tulangan atas 3D16, tulangan bawah 3D16, tulangan tengah 2D13 dan beugel dia.8-150***

## 2. Penulangan Dinding

### a. Data-data bangunan

- Tinggi dinding masuk ke tanah MTR ( h ) = 2,75 m
- Tinggi dasar dinding terhadap tanah asli = 5,75 m
- Tebal dinding (ba) = 0,25 m
- $\alpha$  = sudut kemiringan tanah di atas dinding) = 0

### b. Data Tanah dan lainnya (Data tanah dari BH.1 dengan kedalaman - 5,50 - 5,50)

- berat volume tanah (  $\gamma$  ) = 1,619 T/m<sup>3</sup>
- Sudut geser (  $\phi$  ) = 16,00 $^{\circ}$
- Elevasi MAT = -14,00
- Beban merata tambahan di atas tanah ( q ) = 1,00 T/m<sup>2</sup>

### c. Koefisien Tekanan Tanah ( Teori Rankine )

- Koefisien Tekanan Tanah aktif (  $K_a$  )

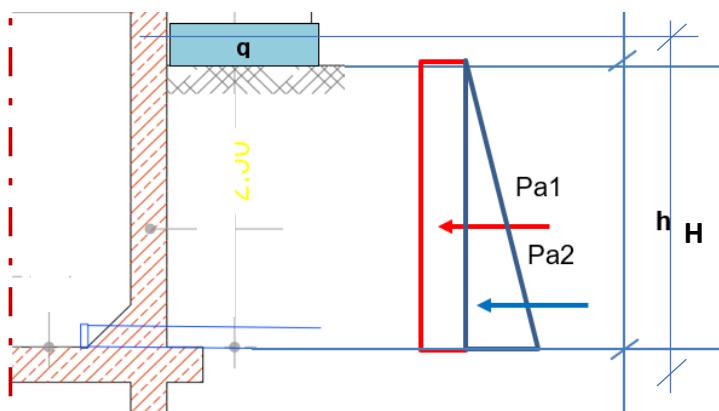
$$\begin{aligned}
 (K_a) &= \frac{\tan^2(45^\circ - \phi)}{2} \\
 &= \frac{\tan^2(45^\circ - 16,00^\circ)}{2} \\
 &= \tan^2(37,00^\circ)
 \end{aligned}$$

(  $K_a$  ) = 0,568

- Akibat beban merata tambahan (  $P_{a1}$  )

$$\begin{aligned}
 hs &= \frac{q}{\gamma} = \frac{1,000 \text{ T/m}^2}{1,619 \text{ T/m}^3} \\
 &= 0,62 \text{ m}
 \end{aligned}$$

d. Diagram gaya



e. Gaya yang bekerja

- Tekanan akibat  $q =$

$$\begin{aligned} Pa_1 &= ka \cdot y \cdot hs \cdot h \\ &= 0,568 \times 1,619 \times 0,62 \times 2,75 \\ &= 1,562 \text{ T} \end{aligned}$$

- Tekanan akibat tanah ( $Pa_2$ )

$$\begin{aligned} Pa_2 &= 1/2 \cdot ka \cdot y \cdot h^2 \\ &= 0,5 \times 0,568 \times 1,619 \times (2,75)^2 \\ &= 3,478 \text{ T} \end{aligned}$$

f. Momen yang terjadi pada Dinding Bawah

- $Ma_1 = 1/2 Pa_1 \cdot h$

$$= 2,248 \text{ T.m}$$

- $Ma_2 = 1/3 Pa_2 \cdot h$

$$= 3,188 \text{ T.m}$$

- $M_{tot} = Ma_1 + Ma_2$

$$Mu = 5.335 \text{ T.m}$$

$$= 5.335,26 \text{ kg.m}$$

$$= 53.352,65 \text{ N.m}$$

g. Perhitungan dimensi tulangan

Data perencanaan plat :

- Tinggi plat beton = 275 cm
- Lebar plat beton = 340 cm
- Mutu beton ( $fc$ ) = 21,7 Mpa

- Mutu baja tulangan ( $f_y$ ) = 400 Mpa
- Tebal plat direncanakan = 20 cm
- Selimut beton = 30 mm
- Diameter tulangan yang akan digunakan = 13 mm

a) Tulangan utama

$$\text{Momen nominal (Mu)} = 53.352,65 \text{ Nmm}$$

$$h = 200 \text{ mm}$$

$$d = 200 \text{ mm} - 30 - \frac{13}{2} \\ = 163,50 \text{ mm}$$

$$b (\text{per 1 meter}) = 1.000 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{balance}} = \left[ \frac{0,85x f'c x \beta_1}{f_y} \right] \times \left[ \frac{600}{600+f_y} \right]$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,008 x (f_c - 30) \\ = 0,085 - 0,008 \times (21,7 - 30) = 0,916$$

$$\text{pakai } \beta_1 = 0,85$$

$$\rho_{\text{balance}} = \left[ \frac{0,85x f'c x \beta_1}{f_y} \right] \times \left[ \frac{600}{600+f_y} \right] \\ = \left[ \frac{0,85 \times 19,3 \times 0,85}{400} \right] \times \left[ \frac{600}{600+400} \right] \\ = 0,0235$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\rho_{\max} = \rho_{\text{balance}} \times 0,75 \\ = 0,0235 \times 0,75 = 0,0176$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'c} = \frac{400}{0,85 \times 21,7} = 21,686$$

$$R_n = \frac{\mu}{\emptyset \times b \times d^2} = \frac{53.352,65}{0,8 \times 1.000 \times 213,5^2} = 1,463 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left[ 1 - \sqrt{\frac{1 - (2 \times R_n \times m)}{f_y}} \right] \\ = \frac{1}{24,383} \times \left[ 1 - \sqrt{\frac{1 - (2 \times 1,463 \times 21,686)}{400}} \right] \\ = 0,00382 < \rho_{\min}$$

$$\text{Digunakan } \rho_{\text{perlu}} = 0,00382$$

$$\begin{aligned}
 As &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,00382 \times 1.000 \times 213,5 \\
 &= 814,63 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang D 13-150 (double) = 1770,00 mm<sup>2</sup> > As → ok

b) Tulangan pembagi

$$\begin{aligned}
 \text{Tulangan pembagi} &= 20\% \times As \\
 As' &= 20 \% \times 1770,00 \text{ mm}^2 \\
 &= 354,00 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang D 13-300 = 442,00 mm<sup>2</sup> > As' → ok

*Resume :*

- *Tulangan utama (vertikal) direncanakan penulangan D13 - 150 (tulangan double).*
- *Tulangan bagi (horizontal) direncanakan penulangan D13 - 300 (tulangan double).*
- *Pada setiap pertemuan sloof di rencanakan kolom 40x40 cm, dengan tulangan pokok 8D16 dan beugel dia.8-150.*

## B. Bak Anaerobik

### 1. Penulangan Plat Dasar

a. Pembebanan

**Data-data****1. Data-data**

- Tebal Lantai Dasar Beton = 0,25 m

**2. Pembebaan pada plat meliputi :****a) Beban mati (DL)**

$$\begin{aligned} - \text{Berat sendiri Beton} &= 0,25 \times 2.400,00 = 600,00 \text{ kg/m}^2 \\ - \text{Berat air limbah} &= 3,50 \times 1.100,00 = 3.850,00 \text{ kg/m}^2 \\ - \text{Berat finishing beton} &= 0,03 \times 2.400,00 = 72,00 \text{ kg/m}^2 \\ &\qquad\qquad\qquad \text{DL} = 4.522,00 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

**b) Beban Hidup (LL)**

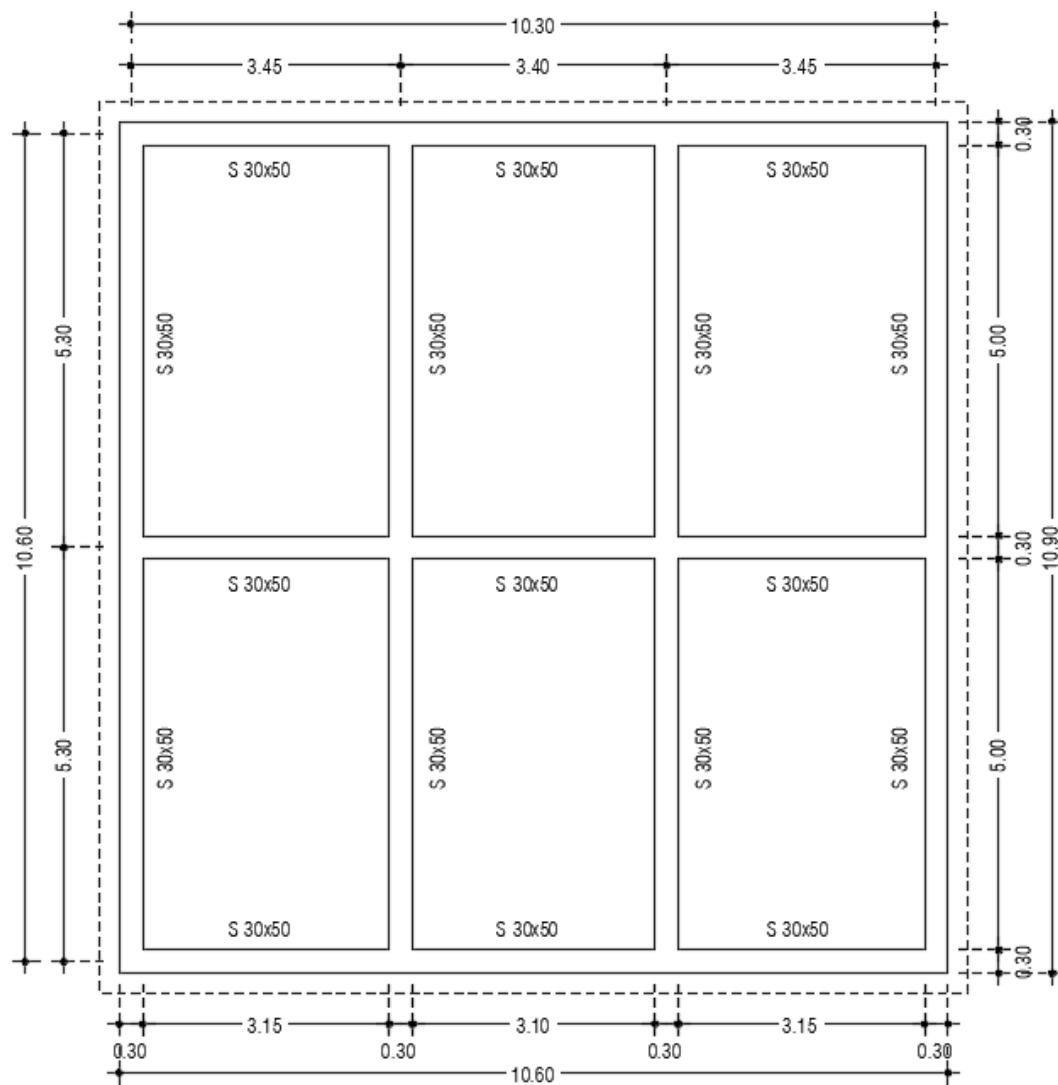
$$- \text{beban Hidup} = \text{LL} = 200,00 \text{ kg/m}^2$$

**c) Beban Ultimate (Q ult.)**

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= 1,2 \times DL + 1,6 \times LL \\ &= 1,2 \times 4.522,00 + 1,6 \times 200,00 \\ &= 5.746,40 \text{ kg/m}^2 \\ &= 57.464,00 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

**b. Perhitungan dimensi tulangan**

Dibawah plat lantai dasar diletakkan sloof sebagai balok pengaku, sehingga perhitungan momen plat dianggap jepit pada 4 sisi. Dimensi dari sloof pengaku adalah 25/50 cm



**Gambar 6. 18**  
**Denah Sloof Bak Anaerob**

Direncanakan :

Data perencanaan plat :

Panjang Pelat Beton	=	5,30	m
Lebar Pelat Beton	=	3,45	m
Mutu beton ( $f_c$ )	=	21,70	Mpa
Mutu baja ( $f_y$ )	=	400,00	Mpa
Tebal plat	=	25	cm
Selimut beton	=	50	mm
Diameter tulangan yang akan digunakan	=	13	mm

Diasumsikan bahwa semua perletakan pelat adalah terjepit penuh

#### 1. Perhitungan momen yang bekerja pada pelat

Untuk perhitungan digunakan tabel 13.3.1 dan tabel 13.3.2 Peraturan Beton Indonesia 1971

$$\begin{aligned}
 L_x &= 345 & - ( & 25 /2 + 25 /2 ) \\
 &= 320 & \text{cm} \\
 L_y &= 530 & - ( & 25 /2 + 25 /2 ) \\
 &= 505 & \text{cm}
 \end{aligned}$$

$$Ly/Lx = 1,58 \approx 1,6$$

- Perhitungan momen pelat

$$\begin{aligned}
 M_{Ix} &= 0,001 \times Qu \times Lx^2 \times X \\
 &= 0,001 \times 57.464,00 \times 10,24 \times 37 \\
 &= 21.771,960 \text{ Nm} \\
 &= 21.771.960,320 \text{ Nmm} \\
 M_{Iy} &= 0,001 \times Qu \times Lx^2 \times X \\
 &= 0,001 \times 57.464,00 \times 10,24 \times 16 \\
 &= 9.414,902 \text{ Nm} \\
 &= 9.414.901,760 \text{ Nmm} \\
 M_{Tx} &= -0,001 \times Qu \times Lx^2 \times X \\
 &= -0,001 \times 57.464,00 \times 10,24 \times 79 \\
 &= -46.486,077 \text{ Nm} \\
 &= -46.486.077,440 \text{ Nmm} \\
 M_{Ty} &= -0,001 \times Qu \times Lx^2 \times X \\
 &= -0,001 \times 57.464,00 \times 10,24 \times 57 \\
 &= -33.540,588 \text{ Nm} \\
 &= -33.540.587,520 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas , nilai momen terbesar adalah momen tumpuan arah x (Mtx), maka untuk selanjutnya perhitungan dimensi penulangan memakai momen Mtx.

### Tulangan tumpuan arah X

Momen nominal (Mtx) = 46.486.077,440 Nmm

$$h = 250 \text{ mm}$$

$$d = 250 \text{ mm} - 50 - \frac{13}{2}$$

$$= 193,50 \text{ mm}$$

$$b (\text{per 1 meter}) = 1.000 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{balance}} = \left[ \frac{0,85x f' cx \beta_1}{f_y} \right] \times \left[ \frac{600}{600+f_y} \right]$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,008 x (fc - 30)$$

$$= 0,085 - 0,008 \times (21,7 - 30) = 0,916$$

$$\text{pakai } \beta_1 = 0,85$$

$$\rho_{\text{balance}} = \left[ \frac{0,85x f' cx \beta_1}{f_y} \right] \times \left[ \frac{600}{600+f_y} \right]$$

$$= \left[ \frac{0,85 \times 21,7 \times 0,85}{400} \right] \times \left[ \frac{600}{600+400} \right]$$

$$= 0,0235$$

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= 0,85 \\
 \rho_{\text{maks}} &= \rho_{\text{balance}} \times 0,75 \\
 &= 0,0235 \times 0,75 = 0,0176 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f'c} = \frac{400}{0,85 \times 21,7} = 21,866 \\
 R_n &= \frac{Mu}{\emptyset \times b \times d^2} = \frac{46.486.077,440}{0,8 \times 1.000 \times 193,5^2} = 1,552 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left[ 1 - \sqrt{\frac{1-(2 \times R_n \times m)}{f_y}} \right] \\
 &= \frac{1}{21,866} \times \left[ 1 - \sqrt{\frac{1-(2 \times 1,552 \times 21,866)}{400}} \right] \\
 &= 0,00406 > \rho_{\text{min}}
 \end{aligned}$$

Digunakan  $\rho_{\text{perlu}} = 0,0046$

$$\begin{aligned}
 As &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0046 \times 1.000 \times 193,5 \\
 &= 785,30 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang D 13-150 = 885,00 mm<sup>2</sup> > As

#### Resume :

- *Direncanakan penulangan D13 - 150 (tulangan double).*
- *Dilengkapi dinding miring pada pertemuan dinding bagian bawah dan lantai dengan tulangan D13-150*
- *Penulangan sloof : tulangan atas 3D16, tulangan bawah 3D16, tulangan tengah 2D13 dan beugel dia.10-150*

## 2. Penulangan Dinding Keliling

### a. Data-data

- Tinggi dinding masuk ke tanah MTR ( h ) = 4,35 m
- Tinggi dasar dinding terhadap tanah asli = 7,35 m
- Tebal dinding (ba) = 0,30 m
- $\alpha$  = sudut kemiringan tanah di atas dinding) = 0

### b. Data Tanah (Data tanah dari BH.1 dengan kedalaman - 7,50 - 8,00)

- berat volume tanah(  $\gamma$  ) = 1,628 T/m<sup>3</sup>

- Sudut geser (  $\phi$  ) =  $18,00^0$
- Elevasi MAT = -14,00
- Beban merata tambahan di atas tanah /beban merata ( q ) =  $1,00 \text{ T/m}^2$

c. Koefisien Tekanan Tanah ( Teori Rankine )

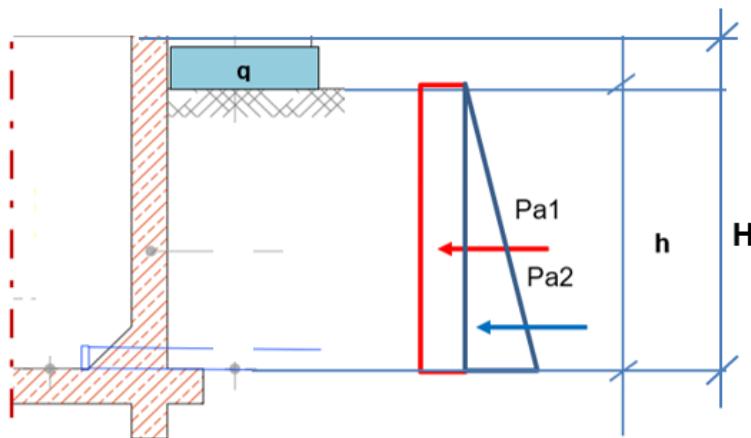
- Koefisien Tekanan Tanah aktif (  $K_a$  )

$$\begin{aligned}
 (K_a) &= \frac{\tan^2(45^\circ - \frac{\phi}{2})}{2} \\
 &= \frac{\tan^2(45^\circ - \frac{18,00^\circ}{2})}{2} \\
 &= \tan^2(36,00^\circ) \\
 (K_a) &= 0,528
 \end{aligned}$$

- Akibat beban merata tambahan (  $P_{a1}$  )

$$\begin{aligned}
 hs &= \frac{q}{\gamma} = \frac{1,000 \text{ T/m}^2}{1,628 \text{ T/m}^3} \\
 &= 0,61 \text{ m}
 \end{aligned}$$

d. Diagram gaya



e. Gaya yang bekerja

- Tekanan akibat beban merata ( q ) =

$$\begin{aligned}
 P_{a1} &= k_a \cdot \gamma \cdot hs \cdot h \\
 &= 0,528 \times 1,628 \times 0,61 \times 4,35 \\
 &= 2,297 \text{ T}
 \end{aligned}$$

- Tekanan akibat tanah

$$\begin{aligned}
 Pa_2 &= 1/2 \cdot ka \cdot y \cdot h^2 \\
 &= 0,5 \times 0,528 \times 1,628 \times (4,35)^2 \\
 &= 8,134 \text{ T}
 \end{aligned}$$

f. Momen yang terjadi pada Dinding Bawah

- $Ma_1 = 1/2Pa_1 \cdot h$   
= 4,996 T.m
- $Ma_2 = 1/3Pa_2 \cdot h$   
= 11,793 T.m
- $M_{tot} = Ma_1 + Ma_2$   
 $M_u = 16,789 \text{ T.m}$   
= 16.789,01 kg.m  
= 167.890,05 N.m

g. Perhitungan dimensi tulangan

Data perencanaan plat :

- Tinggi plat beton = 435 cm
- Lebar plat beton = 500 cm
- Mutu beton ( $f_c$ ) = 21,7 Mpa
- Mutu baja tulangan ( $f_y$ ) = 400 Mpa
- Tebal plat direncanakan = 30 cm
- Selimut beton = 30 mm
- Diameter tulangan yang akan digunakan = 16 mm

a) Tulangan utama

$$\begin{aligned}
 \text{Momen nominal (Mu)} &= 167.890,05 \text{ Nmm} \\
 h &= 350 \text{ mm} \\
 d &= 350 \text{ mm} - 30 - \frac{16}{2} \\
 &= 262,00 \text{ mm} \\
 b (\text{per 1 meter}) &= 1.000 \text{ mm} \\
 \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \\
 \rho_{balance} &= \left[ \frac{0,85 \times f'c x \beta_1}{f_y} \right] \times \left[ \frac{600}{600+f_y} \right] \\
 \beta_1 &= 0,85 - 0,008 \times (f_c - 30)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,085 - 0,008 \times (21,7 - 30) = 0,916 \\
 \text{pakai } \beta_1 &= 0,85 \\
 \rho \text{ balance} &= \left[ \frac{0,85x f'c x \beta_1}{f_y} \right] \times \left[ \frac{600}{600+f_y} \right] \\
 &= \left[ \frac{0,85 \times 21,7 \times 0,85}{400} \right] \times \left[ \frac{600}{600+400} \right] \\
 &= 0,0235 \\
 \beta_1 &= 0,85 \\
 \rho \text{ maks} &= \rho \text{ balance} \times 0,75 \\
 &= 0,0235 \times 0,75 = 0,0176 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 x f'c} = \frac{400}{0,85 x 21,7} = 21,686 \\
 R_n &= \frac{Mu}{\emptyset x b x d^2} = \frac{167.890,05}{0,8 x 1.000 x 262,0^2} = 3,057 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho \text{ perlu} &= \frac{1}{m} \times \left[ 1 - \sqrt{\frac{1-(2 \times R_n \times m)}{f_y}} \right] \\
 &= \frac{1}{24,383} \times \left[ 1 - \sqrt{\frac{1-(2 \times 3,057 \times 21,686)}{400}} \right] \\
 &= 0,00841 > \rho \text{ min} \\
 \text{Digunakan } \rho \text{ perlu} &= 0,00841 \\
 As &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,00841 \times 1.000 \times 262,0 \\
 &= 2.203,44 \text{ mm}^2 \\
 \text{Dipasang D 16-150 (double)} &= 2.680,00 \text{ mm}^2 > As \\
 b) Tulangan pembagi & \\
 \text{Tulangan pembagi} &= 20\% \times As \\
 As' &= 20 \% \times 2.680,00 \text{ mm}^2 \\
 &= 526,00 \text{ mm}^2 \\
 \text{Dipasang D 13-200} &= 664,00 \text{ mm}^2 > As'
 \end{aligned}$$

**Resume :**

- **Tulangan utama (vertikal) direncanakan penulangan D16 - 150 (tulangan double).**
- **Tulangan bagi (horizontal) direncanakan penulangan D13 - 200 (tulangan double).**

- Dipekuat dengan dinding counterpad direncanakan tulangan utama D13-150, dan tulangan bagi D13-200.*

### 3. Penulangan Dinding Sekat

#### a. Data-data

- Tinggi total ( h ) = 4,40 m
- Tinggi air limbah (  $H_L$  ) = 3,50
- Tebal dinding ( ba ) = 0,30 m
- $\alpha$  = sudut kemiringan tanah di atas dinding) = 0

#### b. Data Lain-lain

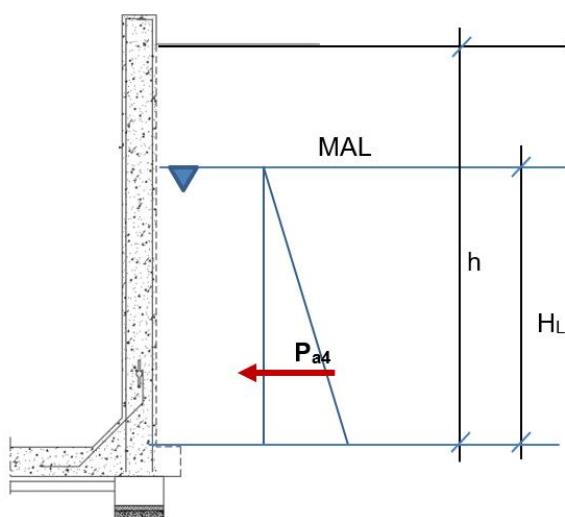
- berat volume air limbah tanah (  $\gamma_L$  ) = 1,10 T/m<sup>3</sup>
- Sudut geser (  $\phi$  ) = 18,00°

#### c. Koefisien Tekanan Tanah ( Teori Rankine )

- Koefisien Tekanan Tanah aktif (  $K_a$  )

$$\begin{aligned}
 (K_a) &= \frac{\tan^2(45^\circ - \frac{\phi}{2})}{2} \\
 &= \frac{\tan^2(45^\circ - 18,00^\circ)}{2} \\
 &= \frac{\tan^2(36,00^\circ)}{2} \\
 (K_a) &= 0,528
 \end{aligned}$$

#### d. Diagram gaya



e. Gaya yang bekerja

- Tekanan akibat air limbah pada saat bak satu sisi kosong satu sisi lainnya penuh

$$\begin{aligned}
 Pa_4 &= 1/2 \cdot ka \cdot \gamma_L \cdot h_L^2 \\
 &= 0,5 \times 0,528 \times 1,1 \times (3,50)^2 \\
 &= 3,557 \text{ T}
 \end{aligned}$$

f. Momen yang terjadi pada Dinding Bawah

- $Ma_4 = 1/3 Pa_4 \cdot h_L$   
= 4,150 T.m
- $M_{tot} = Ma_4$   
 $M_u = 4,150 \text{ T.m}$   
= 4.149,88 kg.m  
= 41.498,85 N.m

g. Perhitungan dimensi tulangan

Data perencanaan plat :

- Tinggi plat beton = 440 cm
- Lebar plat beton = 350 cm
- Mutu beton ( $f_c$ ) = 21,7 Mpa
- Mutu baja tulangan ( $f_y$ ) = 400 Mpa
- Tebal plat direncanakan = 30 cm
- Selimut beton = 30 mm
- Diameter tulangan yang akan digunakan = 13 mm

a) Tulangan utama

$$\text{Momen nominal (Mu)} = 41.498.850 \text{ Nmm}$$

$$h = 300 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 d &= 300 \text{ mm} - 30 - \frac{13}{2} \\
 &= 263,50 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$b (\text{per 1 meter}) = 1.000 \text{ mm}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{balance} = \left[ \frac{0,85 \times f'c x \beta_1}{f_y} \right] \times \left[ \frac{600}{600 + f_y} \right]$$

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= 0,85 - 0,008 x (f_c - 30) \\
 &= 0,085 - 0,008 x (21,7 - 30) = 0,916 \\
 \text{pakai } \beta_1 &= 0,85 \\
 \rho \text{ balance} &= \left[ \frac{0,85 x f'c x \beta_1}{f_y} \right] x \left[ \frac{600}{600 + f_y} \right] \\
 &= \left[ \frac{0,85 x 21,7 x 0,85}{400} \right] x \left[ \frac{600}{600 + 400} \right] \\
 &= 0,0235 \\
 \beta_1 &= 0,85 \\
 \rho \text{ maks} &= \rho \text{ balance} x 0,75 \\
 &= 0,0235 x 0,75 = 0,0176 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 x f'c} = \frac{400}{0,85 x 21,7} = 21,686 \\
 R_n &= \frac{M_u}{\emptyset x b x d^2} = \frac{41.498.850}{0,8 x 1.000 x 263,5^2} = 0,747 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho \text{ perlu} &= \frac{1}{m} x \left[ 1 - \sqrt{\frac{1 - (2 x R_n x m)}{f_y}} \right] \\
 &= \frac{1}{24,383} x \left[ 1 - \sqrt{\frac{1 - (2 x 0,747 x 21,686)}{400}} \right] \\
 &= 0,00191 < \rho \text{ min} \\
 \text{Digunakan } \rho \text{ min} &= 0,0035 \\
 As &= \rho x b x d \\
 &= 0,00191 x 1.000 x 263,50 \\
 &= 922,25 \text{ mm}^2 \\
 \text{Dipasang D 13-150 (double)} &= 1.770,00 \text{ mm}^2 > As \\
 b) Tulangan pembagi & \\
 \text{Tulangan pembagi} &= 20\% x As \\
 As' &= 20 \% x 1.770,00 \text{ mm}^2 \\
 &= 424,50 \text{ mm}^2 \\
 \text{Dipasang D 13-200} &= 354,00 \text{ mm}^2 > As'
 \end{aligned}$$

**Resume :**

- **Tulangan utama (vertikal) direncanakan penulangan D13 - 150 (tulangan double).**
- **Tulangan bagi (horizontal) direncanakan penulangan D13 - 200 (tulangan double).**

## C. Bak Aerobik dan Sedimentasi

### 1. Penulangan Plat Dasar

#### a. Pembebanan

##### Data-data

###### 1. Data-data

$$\text{- Tebal Lantai Dasar Beton} = 0,25 \text{ m}$$

###### 2. Pembebanan pada plat meliputi :

###### a) Beban mati (DL)

$$\begin{aligned} \text{- Berat sendiri Beton} &= 0,25 \times 2.400,00 = 600,00 \text{ kg/m}^2 \\ \text{- Berat air limbah} &= 3,50 \times 1.100,00 = 3.850,00 \text{ kg/m}^2 \\ \text{- Berat finishing beton} &= 0,03 \times 2.400,00 = 72,00 \text{ kg/m}^2 \\ &\qquad\qquad\qquad \text{DL} = \underline{\underline{4.522,00 \text{ kg/m}^2}} \end{aligned}$$

###### b) Beban Hidup (LL)

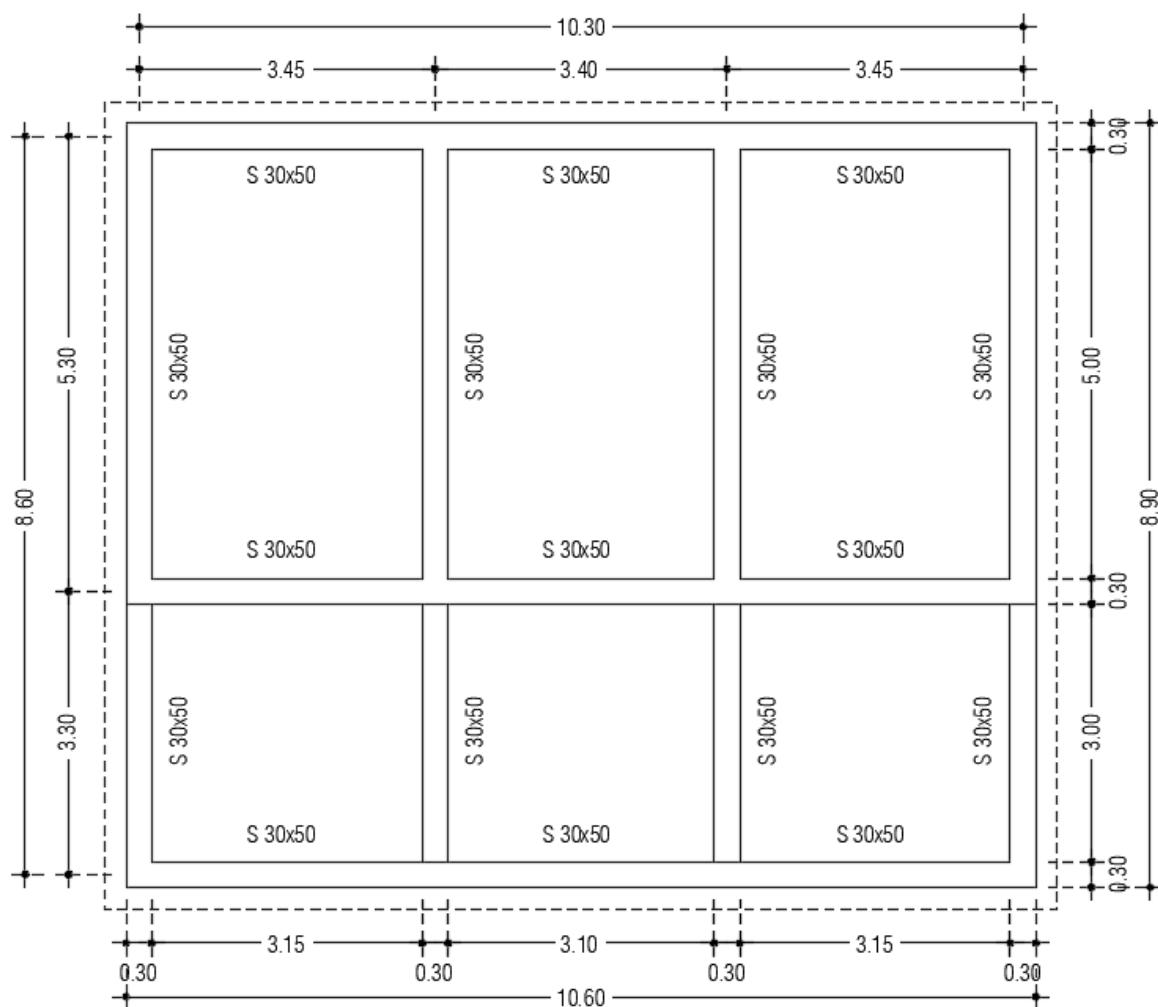
$$\text{- beban Hidup} = \text{LL} = 200,00 \text{ kg/m}^2$$

###### c) Beban Ultimate (Q ult.)

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= 1,2 \times DL + 1,6 \times LL \\ &= 1,2 \times 4.522,00 + 1,6 \times 200,00 \\ &= 5.746,40 \text{ kg/m}^2 \\ &= \underline{\underline{57.464,00 \text{ N/m}^2}} \end{aligned}$$

#### b. Perhitungan dimensi tulangan

Dibawah plat lantai dasar diletakkan sloof sebagai balok pengaku, sehingga perhitungan momen plat dianggap jepit pada 4 sisi. Dimensi dari sloof pengaku adalah 50/30 cm.



**Gambar 6. 19**  
**Denah Sloof Bak Fakultatif**

Direncanakan :

Data perencanaan plat :

Panjang Pelat Beton	=	5,30	m
Lebar Pelat Beton	=	3,45	m
Mutu beton ( $f_c$ )	=	21,7	Mpa
Mutu baja ( $f_y$ )	=	400	Mpa
Tebal plat	=	25	cm
Selimut beton	=	50	mm
Diameter tulangan yang akan digunakan	=	13	mm

Diasumsikan bahwa semua perletakan pelat adalah terjepit penuh

### 1. Perhitungan momen yang bekerja pada pelat

Untuk perhitungan digunakan tabel 13.3.1 dan tabel 13.3.2 Peraturan Beton Indonesia 1971

$$\begin{aligned} Lx &= 345 \quad - (25 / 2) + 25 / 2 \quad ] \\ &= 320 \quad \text{cm} \\ Ly &= 530 \quad - (25 / 2) + 25 / 2 \quad ] \\ &= 505 \quad \text{cm} \\ Ly/Lx &= 1,58 \approx 1,6 \end{aligned}$$

- Perhitungan momen pelat

$$\begin{aligned} M_{lx} &= 0,001 \times Qu \times Lx^2 \times X \\ &= 0,001 \times 57.464,00 \times 10,24 \times 37 \\ &= 21.771,960 \quad \text{Nm} \\ &= 21.771.960,320 \quad \text{Nmm} \\ M_{ly} &= 0,001 \times Qu \times Lx^2 \times X \\ &= 0,001 \times 57.464,00 \times 10,24 \times 16 \\ &= 9.414,902 \quad \text{Nm} \\ &= 9.414.901,760 \quad \text{Nmm} \\ M_{tx} &= -0,001 \times Qu \times Lx^2 \times X \\ &= -0,001 \times 57.464,00 \times 10,24 \times 79 \\ &= -46.486,077 \quad \text{Nm} \\ &= -46.486.077,440 \quad \text{Nmm} \\ M_{ty} &= -0,001 \times Qu \times Lx^2 \times X \\ &= -0,001 \times 57.464,00 \times 10,24 \times 57 \\ &= -33.540,588 \quad \text{Nm} \\ &= -33.540.587,520 \quad \text{Nmm} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas , nilai momen terbesar adalah momen tumpuan arah x ( $M_{tx}$ ), maka untuk selanjutnya perhitungan dimensi penulangan memakai momen  $M_{tx}$ .

### Tulangan tumpuan arah X

Momen nominal ( $M_{tx}$ ) = 46.486.077,40 Nmm

$$h = 250 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} d &= 250 \text{ mm} - 50 - \frac{13}{2} \\ &= 193,50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$b (\text{per 1 meter}) = 1.000 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{balance}} = \left[ \frac{0,85x f'cx \beta_1}{f_y} \right] \times \left[ \frac{600}{600+f_y} \right]$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,008 x (fc - 30)$$

$$= 0,085 - 0,008 \times (21,7 - 30) = 0,916$$

$$\text{pakai } \beta_1 = 0,85$$

$$\rho_{\text{balance}} = \left[ \frac{0,85x f'cx \beta_1}{f_y} \right] \times \left[ \frac{600}{600+f_y} \right]$$

$$= \left[ \frac{0,85 \times 21,7 \times 0,85}{400} \right] \times \left[ \frac{600}{600+400} \right]$$

$$= 0,0235$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\rho_{\max} = \rho_{\text{balance}} \times 0,75$$

$$= 0,0235 \times 0,75 = 0,0176$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'c} = \frac{400}{0,85 \times 21,7} = 21,866$$

$$R_n = \frac{Mu}{\emptyset \times b \times d^2} = \frac{46.486.077,40}{0,8 \times 1.000 \times 193,5^2} = 1,552 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left[ 1 - \sqrt{\frac{1 - (2 \times R_n \times m)}{f_y}} \right]$$

$$= \frac{1}{21,866} \times \left[ 1 - \sqrt{\frac{1 - (2 \times 1,552 \times 21,866)}{400}} \right]$$

$$= 0,00406 > \rho_{\min}$$

Digunakan  $\rho_{\text{perlu}} = 0,00406$

$$As = \rho \times b \times d$$

$$= 0,00406 \times 1.000 \times 193,5$$

$$= 785,30 \text{ mm}^2$$

Dipasang D 13-150 = 885,00 mm<sup>2</sup> > As

**Resume :**

- **Direncanakan penulangan D13 - 150 (tulangan double).**
- **Dilengkapi dinding miring pada pertemuan dinding bagian bawah dan lantai dengan tulangan D13-150**

- ***Penulangan sloof : tulangan atas 3D16, tulangan bawah 3D16, tulangan tengah 2D13 dan beugel dia.10-150***

## 2. Penulangan Dinding Keliling

### a. Data-data

- Tinggi dinding masuk ke tanah MTR ( h ) = 4,55 m
- Tinggi dasar dinding terhadap tanah asli = 7,55 m
- Tebal dinding (ba) = 0,30 m
- $\alpha$  = sudut kemiringan tanah di atas dinding) = 0

### b. Data Tanah (Data tanah dari BH.1 dengan kedalaman - 7,50 - 8,00)

- berat volume tanah(  $\gamma$  ) = 1,628 T/m<sup>3</sup>
- Sudut geser (  $\phi$  ) = 18,00°
- Elevasi MAT = -14,00
- Beban merata tambahan di atas tanah /beban merata ( q ) = 1,00 T/m<sup>2</sup>

### c. Koefisien Tekanan Tanah ( Teori Rankine )

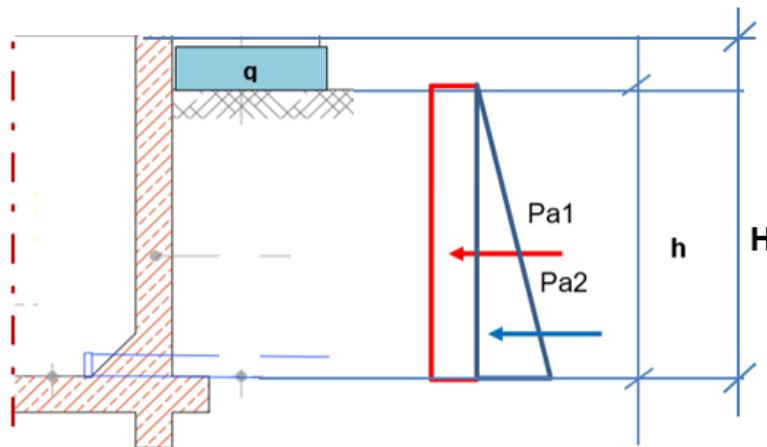
- Koefisien Tekanan Tanah aktif (  $K_a$  )

$$\begin{aligned}
 (K_a) &= \frac{\tan^2(45^\circ - \frac{\phi}{2})}{\tan^2(45^\circ - \frac{18,00^\circ}{2})} \\
 &= \frac{\tan^2(36,00^\circ)}{\tan^2(27,00^\circ)} \\
 &= 0,528
 \end{aligned}$$

- Akibat beban merata tambahan (  $P_{a1}$  )

$$\begin{aligned}
 h_s &= \frac{q}{\gamma} = \frac{1,000 \text{ T/m}^2}{1,628 \text{ T/m}^3} \\
 &= 0,61 \text{ m}
 \end{aligned}$$

d. Diagram gaya



e. Gaya yang bekerja

- Tekanan akibat beban merata ( $q$ ) =

$$\begin{aligned}
 Pa_1 &= ka.y.hs.h \\
 &= 0,528 \times 1,628 \times 0,61 \times 4,55 \\
 &= 2,402 \text{ T}
 \end{aligned}$$

- Tekanan akibat tanah

$$\begin{aligned}
 Pa_2 &= 1/2.ka.y.h^2 \\
 &= 0,5 \times 0,528 \times 1,628 \times (4,55)^2 \\
 &= 8,899 \text{ T}
 \end{aligned}$$

f. Momen yang terjadi pada Dinding Bawah

- $Ma_1 = 1/2Pa_1.h$

$$= 5,465 \text{ T.m}$$

- $Ma_2 = 1/3Pa_2.h$

$$= 13,496 \text{ T.m}$$

- $M_{tot} = Ma_1 + Ma_2$

$$\mu_u = 18,962 \text{ T.m}$$

$$= 18,951,55 \text{ kg.m}$$

$$= 189.515,47 \text{ N.m}$$

g. Perhitungan dimensi tulangan

Data perencanaan plat :

- Tinggi plat beton = 460 cm
- Lebar plat beton = 350 cm

- Mutu beton (fc) = 21,7 Mpa
- Mutu baja tulangan (fy) = 400 Mpa
- Tebal plat direncanakan = 30 cm
- Selimut beton = 30 mm
- Diameter tulangan yang akan digunakan = 16 mm

a) Tulangan utama

$$\text{Momen nominal (Mu)} = 189.515.465 \text{ Nmm}$$

$$h = 300 \text{ mm}$$

$$d = 300 \text{ mm} - 30 - \frac{16}{2}$$

$$= 262,00 \text{ mm}$$

$$b (\text{per 1 meter}) = 1.000 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{balance}} = \left[ \frac{0,85x f'c x \beta_1}{f_y} \right] \times \left[ \frac{600}{600+f_y} \right]$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,008 x (fc - 30)$$

$$= 0,085 - 0,008 \times (21,7 - 30) = 0,916$$

$$\text{pakai } \beta_1 = 0,85$$

$$\rho_{\text{balance}} = \left[ \frac{0,85x f'c x \beta_1}{f_y} \right] \times \left[ \frac{600}{600+f_y} \right]$$

$$= \left[ \frac{0,85 \times 21,7 \times 0,85}{400} \right] \times \left[ \frac{600}{600+400} \right]$$

$$= 0,0235$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\rho_{\max} = \rho_{\text{balance}} \times 0,75$$

$$= 0,0235 \times 0,75 = 0,0176$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'c} = \frac{400}{0,85 \times 21,7} = 21,686$$

$$R_n = \frac{Mu}{\emptyset \times b \times d^2} = \frac{189.515.465}{0,8 \times 1.000 \times 262,0^2} = 3,453 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left[ 1 - \sqrt{\frac{1 - (2 \times R_n \times m)}{f_y}} \right]$$

$$= \frac{1}{24,383} \times \left[ 1 - \sqrt{\frac{1 - (2 \times 3,453 \times 21,686)}{400}} \right]$$

$$= 0,00964 > \rho_{\min}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Digunakan } \rho \text{ perlu} &= 0,00964 \\
 A_s &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,00964 \times 1.000 \times 262,00 \\
 &= 2.525,63 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang D 16-150 (double) = 2.680,00 mm<sup>2</sup> > A<sub>s</sub>

b) Tulangan pembagi

$$\begin{aligned}
 \text{Tulangan pembagi} &= 20\% \times A_s \\
 A_s' &= 20\% \times 2.680,00 \text{ mm}^2 \\
 &= 546,00 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang D 13-200 = 664,00 mm<sup>2</sup> > A<sub>s'</sub>

*Resume :*

- **Tulangan utama (vertikal) direncanakan penulangan D16 - 150 (tulangan double).**
- **Tulangan bagi (horizontal) direncanakan penulangan D13 - 200 (tulangan double).**
- **Dipekuat dengan dinding counterpad direncanakan tulangan utama D13-150, dan tulangan bagi D13-200.**

### 3. Penulangan Dinding Sekat

a. Data-data

- Tinggi total ( h ) = 4,40 m
- Tinggi air limbah ( H<sub>L</sub> ) = 3,50
- Tebal dinding ( ba ) = 0,30 m
- $\alpha$  = sudut kemiringan tanah di atas dinding) = 0

b. Data Lain-lain

- berat volume air limbah tanah (  $\gamma_L$  ) = 1,10 T/m<sup>3</sup>
- Sudut geser (  $\phi$  ) = 18,00<sup>0</sup>

Karena data-data sama dengan Bak Anaerobik, maka penulangan dinding sekat disamakan dengan penulangan dinding sekat Bak Anaerobik.

*Resume :*

- **Tulangan utama (vertikal) direncanakan penulangan D13 - 150 (tulangan double).**
- **Tulangan bagi (horizontal) direncanakan penulangan D13 - 200 (tulangan double).**

## D. Bak Wetland

### 1. Penulangan Plat Dasar

#### a. Pembebanan

**Data:**

##### 1. Data-data

$$\text{- Tebal Lantai Dasar Beton} = 0,20 \text{ m}$$

##### 2. Pembebanan pada plat meliputi :

###### a) Beban mati (DL)

$$\begin{aligned} \text{- Berat sendiri Beton} &= 0,20 \times 2.400,00 = 480,00 \text{ kg/m}^2 \\ \text{- Berat gravel} &= 0,75 \times 1.600,00 = 1.200,00 \text{ kg/m}^2 \\ \text{- Berat air limbah} &= 0,75 \times 1.100,00 = 825,00 \text{ kg/m}^2 \\ \text{- Berat finishing beton} &= 0,03 \times 2.400,00 = 72,00 \text{ kg/m}^2 \\ \text{DL} &= 2.577,00 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

###### b) Beban Hidup (LL)

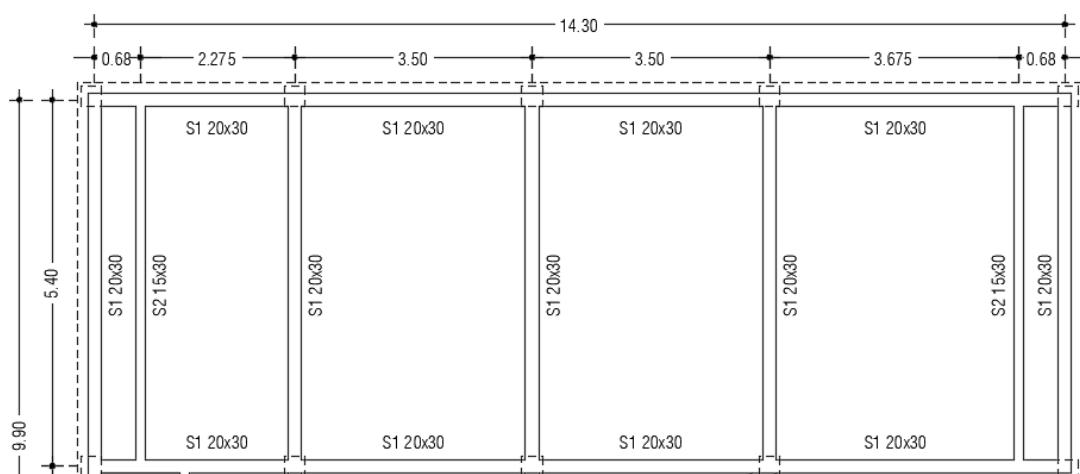
$$\text{- beban Hidup} = \text{LL} = 200,00 \text{ kg/m}^2$$

###### c) Beban Ultimate (Q ult.)

$$\begin{aligned} Q_{\text{ult}} &= 1,2 \times \text{DL} + 1,6 \times \text{LL} \\ &= 1,2 \times 2.577,00 + 1,6 \times 200,00 \\ &= 3.412,40 \text{ kg/m}^2 \\ &= 34.124,00 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

#### b. Perhitungan dimensi tulangan

Dibawah plat lantai dasar diletakkan sloof sebagai balok pengaku, sehingga perhitungan momen plat dianggap jepit pada 4 sisi. Dimensi dari sloof pengaku adalah 20/30 cm.



**Gambar 6. 20**  
**Denah Sloof Bak Wetland**

Direncanakan :

Data perencanaan plat :

Panjang Pelat Beton	=	3,25	m
Lebar Pelat Beton	=	2,75	m
Mutu beton ( $f_c$ )	=	21,7	Mpa
Mutu baja ( $f_y$ )	=	400	Mpa
Tebal plat	=	20	cm
Selimut beton	=	30	mm
Diameter tulangan yang akan digunakan	=	10	mm

Diasumsikan bahwa semua perletakan pelat adalah terjepit penuh

### 1. Perhitungan momen yang bekerja pada pelat

Untuk perhitungan digunakan tabel 13.3.1 dan tabel 13.3.2 Peraturan Beton Indonesia 1971

$$\begin{aligned} Lx &= 275 \quad - (25 \quad /2 \quad + 25 \quad /2 \quad ) \\ &= 250 \quad \text{cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ly &= 325 \quad - (25 \quad /2 \quad + 25 \quad /2 \quad ) \\ &= 300 \quad \text{cm} \\ Ly/Lx &= 1,20 \quad > 1,20 \end{aligned}$$

- Perhitungan momen pelat

$$\begin{aligned} M_{lx} &= 0,001 \times Qu \times Lx^2 \times X \\ &= 0,001 \times 34.124,00 \times 6,25 \times 28 \end{aligned}$$

$$= 5.971,700 \text{ Nm}$$

$$= 5.971.700,000 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_{ly} &= 0,001 \times Qu \times Lx^2 \times X \\ &= 0,001 \times 34.124,00 \times 6,25 \times 20 \end{aligned}$$

$$= 4.265,500 \text{ Nm}$$

$$= 4.265.500,000 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_{tx} &= -0,001 \times Qu \times Lx^2 \times X \\ &= -0,001 \times 34.124,00 \times 6,25 \times 64 \end{aligned}$$

$$= -13.649,600 \text{ Nm}$$

$$= -13.649.600,000 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_{ty} &= -0,001 \times Qu \times Lx^2 \times X \\ &= -0,001 \times 34.124,00 \times 6,25 \times 56 \end{aligned}$$

$$= -11.943,400 \text{ Nm}$$

$$= -11.943.400,000 \text{ Nmm}$$

Dari hasil perhitungan di atas , nilai momen terbesar adalah momen tumpuan arah x ( $M_{tx}$ ), maka untuk selanjutnya perhitungan dimensi penulangan memakai momen  $M_{tx}$ .

### Tulangan tumpuan arah X

Momen nominal ( $M_{tx}$ ) = 13.649.600 Nmm

$$h = 200 \text{ mm}$$

$$d = 200 \text{ mm} - 50 - \frac{13}{2}$$

$$= 163,50 \text{ mm}$$

$$b (\text{per 1 meter}) = 1.000 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{balance}} = \left[ \frac{0,85x f'cx \beta_1}{f_y} \right] \times \left[ \frac{600}{600+f_y} \right]$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,008 x (fc - 30)$$

$$= 0,085 - 0,008 \times (21,7 - 30) = 0,916$$

$$\text{pakai } \beta_1 = 0,85$$

$$\rho_{\text{balance}} = \left[ \frac{0,85x f'cx \beta_1}{f_y} \right] \times \left[ \frac{600}{600+f_y} \right]$$

$$= \left[ \frac{0,85 \times 21,7 \times 0,85}{400} \right] \times \left[ \frac{600}{600+400} \right]$$

$$= 0,0235$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\rho_{\max} = \rho_{\text{balance}} \times 0,75$$

$$= 0,0235 \times 0,75 = 0,0176$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'c} = \frac{400}{0,85 \times 21,7} = 21,686$$

$$R_n = \frac{Mu}{\emptyset \times b \times d^2} = \frac{13.649.600}{0,8 \times 1.000 \times 163,5^2} = 0,638 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left[ 1 - \sqrt{\frac{1 - (2 \times R_n \times m)}{f_y}} \right]$$

$$= \frac{1}{24,383} \times \left[ 1 - \sqrt{\frac{1 - (2 \times 0,638 \times 21,686)}{400}} \right]$$

$$= 0,00162 < \rho_{\min}$$

$$\text{Digunakan } \rho_{\min} = 0,00350$$

$$As = \rho \times b \times d$$

$$= 0,00350 \times 1.000 \times 163,50$$

$$= 572,25 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipasang D 13-225} = 590,00 \text{ mm}^2 > As$$

**Resume :**

- **Direncanakan penulangan D13 - 225 (tulangan double).**
- **Dilengkapi dinding miring pada pertemuan dinding bagian bawah dan lantai dengan tulangan D13-225**

▪ **Penulangan sloof : tulangan atas 3D13, tulangan bawah 3D13 dan beugel dia.8-**

**150**

## 2. Penulangan Plat Dinding Keliling

### a. Data-data

- Tinggi dinding masuk ke tanah MTR ( h ) = 1,90 m
- Tinggi dasar dinding terhadap tanah asli = 4,90 m
- Tebal dinding (ba) = 0,20 m
- $\alpha$  = sudut kemiringan tanah di atas dinding) = 0

### b. Data Tanah (Data tanah dari BH.1 dengan kedalaman - 5,50 - 5,50)

- berat volume tanah(  $\gamma$  ) = 1,619 T/m<sup>3</sup>
- Sudut geser (  $\phi$  ) = 16,00<sup>0</sup>
- Elevasi MAT = -14,00
- Beban merata tambahan di atas tanah /beban merata ( q ) = 1,00 T/m<sup>2</sup>

### c. Koefisien Tekanan Tanah ( Teori Rankine )

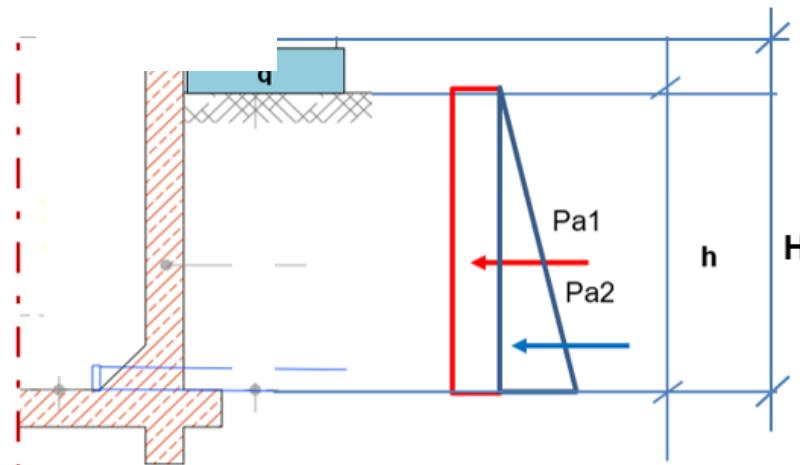
- Koefisien Tekanan Tanah aktif (  $K_a$  )

$$\begin{aligned}
 (K_a) &= \frac{\tan^2(45^\circ - \frac{\phi}{2})}{2} \\
 &= \frac{\tan^2(45^\circ - 16,00^\circ)}{2} \\
 &= \tan^2(37,00^\circ) \\
 (K_a) &= 0,62
 \end{aligned}$$

- Akibat beban merata tambahan (  $P_{a1}$  )

$$\begin{aligned}
 hs &= \frac{q}{\gamma} = \frac{1,000 \text{ T/m}^2}{1,619 \text{ T/m}^3} \\
 &= 0,62 \text{ m}
 \end{aligned}$$

### d. Diagram gaya



e. Gaya yang bekerja

- Tekanan akibat beban merata ( $q$ ) =

$$Pa_1 = ka \cdot \gamma \cdot hs \cdot h$$

$$= 0,62 \times 1,619 \times 0,62 \times 1,90$$

$$= 1,079 \text{ T}$$

- Tekanan akibat tanah

$$Pa_2 = 1/2 \cdot ka \cdot \gamma \cdot h^2$$

$$= 0,5 \times 0,62 \times 1,619 \times (1,90)^2$$

$$= 1,051 \text{ T}$$

f. Momen yang terjadi pada Dinding Bawah

- $Ma_1 = 1/2 Pa_1 \cdot h$

$$= 1,025 \text{ T.m}$$

- $Ma_2 = 1/3 Pa_2 \cdot h$

$$= 1,051 \text{ T.m}$$

- $M_{tot} = Ma_1 + Ma_2$

$$\mu_u = 2,077 \text{ T.m}$$

$$= 2,076,51 \text{ kg.m}$$

$$= 10.765,12 \text{ N.m}$$

g. Perhitungan dimensi tulangan

Data perencanaan plat :

- Tinggi plat beton = 200 cm
- Lebar plat beton = 350 cm

- Mutu beton (fc) = 21,7 Mpa
- Mutu baja tulangan (fy) = 400 Mpa
- Tebal plat direncanakan = 20 cm
- Selimut beton = 30 mm
- Diameter tulangan yang akan digunakan = 13 mm

a) Tulangan utama

$$\text{Momen nominal (Mu)} = 20.765.116 \text{ Nmm}$$

$$h = 200 \text{ mm}$$

$$d = 200 \text{ mm} - 30 - \frac{13}{2} \\ = 163,50 \text{ mm}$$

$$b (\text{per 1 meter}) = 1.000 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{balance}} = \left[ \frac{0,85x f'cx \beta_1}{f_y} \right] \times \left[ \frac{600}{600+f_y} \right]$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,008 x (fc - 30)$$

$$= 0,085 - 0,008 \times (21,7 - 30) = 0,916$$

$$\text{pakai } \beta_1 = 0,85$$

$$\rho_{\text{balance}} = \left[ \frac{0,85x f'cx \beta_1}{f_y} \right] \times \left[ \frac{600}{600+f_y} \right]$$

$$= \left[ \frac{0,85 \times 21,7 \times 0,85}{400} \right] \times \left[ \frac{600}{600+400} \right]$$

$$= 0,0235$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\rho_{\max} = \rho_{\text{balance}} \times 0,75$$

$$= 0,0235 \times 0,75 = 0,0176$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'c} = \frac{400}{0,85 \times 21,7} = 21,686$$

$$R_n = \frac{Mu}{\emptyset \times b \times d^2} = \frac{20.765.116}{0,8 \times 1.000 \times 163,5^2} = 0,971 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left[ 1 - \sqrt{\frac{1 - (2 \times R_n \times m)}{f_y}} \right]$$

$$= \frac{1}{24,383} \times \left[ 1 - \sqrt{\frac{1 - (2 \times 0,971 \times 21,686)}{400}} \right]$$

$$= 0,00249 < \rho_{\min}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Digunakan } \rho_{\min} &= 0,0035 \\
 A_s &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0035 \times 1.000 \times 163,50 \\
 &= 572,25 \text{ mm}^2 \\
 \text{Dipasang D 13-225} &= 590,00 \text{ mm}^2 > A_s \\
 \text{b) Tulangan pembagi} \\
 \text{Tulangan pembagi} &= 20\% \times A_s \\
 A_s' &= 20\% \times 590,00 \text{ mm}^2 \\
 &= 118,00 \text{ mm}^2 \\
 \text{Dipasang D 10-225} &= 349,00 \text{ mm}^2 > A_s'
 \end{aligned}$$

*Resume dinding keliling :*

- *Tulangan utama (vertikal) direncanakan penulangan D13 - 2225 (tulangan ganda).*
- *Tulangan bagi (horizontal) direncanakan penulangan D10 - 225 (tulangan ganda).*
- *Pada setiap pertemuan sloof di rencanakan kolom 40x40 cm, dengan tulangan pokok 8D16 dan beugel dia.8-150.*

## E. Bak Desinfektan dan Biopod/Kolam Kontrol

### 1. Penulangan Plat Dasar

Karena secara struktur Bak Desinfektan dan Bak Biopod menyatu dengan Bak Wetland, maka penulangan lantai dasar Bak Desinfektan dan Bak Biopod **disamakan** dengan penulangan lantai dasar Bak Wetland.

### 2. Penulangan Plat Dinding

Karena secara struktur Bak Desinfektan dan Bak Biopod menyatu dengan Bak Wetland, maka penulangan dinding Bak Desinfektan dan Bak Biopod **disamakan** dengan penulangan dinding Bak Wetland.

## F. Bak Drying Area

### 1. Penulangan Plat Dasar

#### a. Pembebanan

**Data:****1. Data-data**

- Tebal Lantai Dasar Beton = 0,20 m

**2. Pembebanan pada plat meliputi :****a) Beban mati (DL)**

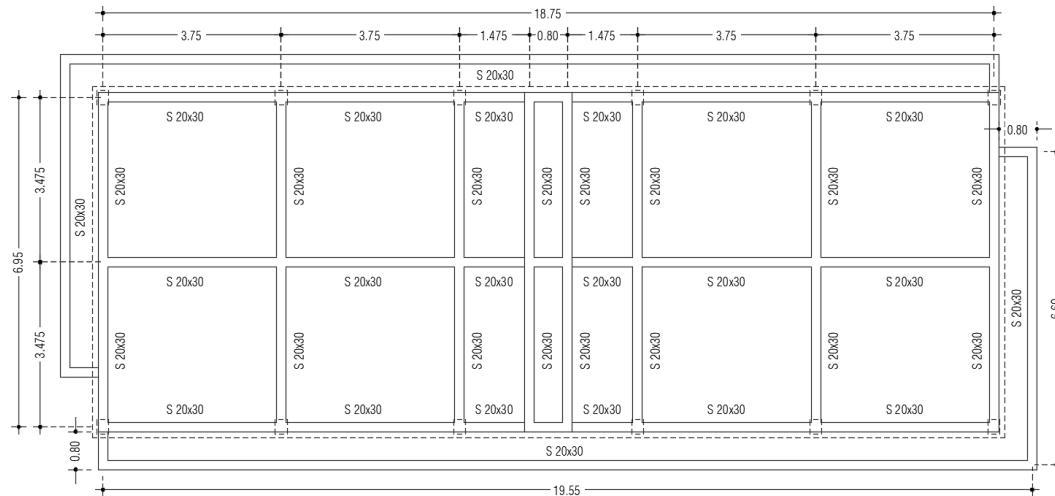
$$\begin{aligned}
 - \text{Berat atap} &= 1,00 \times 500,00 = 500,00 \text{ kg/m}^2 \\
 - \text{Berat sendiri Beton} &= 0,20 \times 2.400,00 = 480,00 \text{ kg/m}^2 \\
 - \text{Berat gravel} &= 0,50 \times 1.650,00 = 825,00 \text{ kg/m}^2 \\
 - \text{Berat pasir beton} &= 0,10 \times 1.400,00 = 140,00 \text{ kg/m}^2 \\
 - \text{Lumpur} &= 0,30 \times 1.600,00 = 480,00 \text{ kg/m}^2 \\
 - \text{Berat air limbah} &= 0,90 \times 1.200,00 = 1.080,00 \text{ kg/m}^2 \\
 - \text{Berat finishing beton} &= 0,03 \times 2.400,00 = 72,00 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{DL} &= 3.577,00 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

**b) Beban Hidup (LL)**

$$\text{- beban Hidup} = \text{LL} = 300,00 \text{ kg/m}^2$$

**c) Beban Ultimate (Q ult.)**

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{ult}} &= 1,2 \times \text{DL} + 1,6 \times \text{LL} \\
 &= 1,2 \times 3.577,00 + 1,6 \times 300,00 \\
 &= 4.772,40 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 47.724,00 \text{ N/m}^2
 \end{aligned}$$

**b. Perhitungan dimensi tulangan**

**Gambar 6. 21**  
**Denah Sloof Bak Drying Area**

Dibawah plat lantai dasar diletakkan sloof sebagai balok pengaku, sehingga perhitungan momen plat dianggap jepit pada 4 sisi. Dimensi dari sloof pengaku adalah 20/30 cm.

Direncanakan :

Data perencanaan plat :

Panjang Pelat Beton	=	3,75	m
Lebar Pelat Beton	=	3,50	m
Mutu beton ( $f_c$ )	=	21,7	Mpa
Mutu baja ( $f_y$ )	=	400	Mpa
Tebal plat	=	20	cm
Selimut beton	=	30	mm
Diameter tulangan yang akan digunakan	=	13	mm

Diasumsikan bahwa semua perletakan pelat adalah terjepit penuh

### 1. Perhitungan momen yang bekerja pada pelat

Untuk perhitungan digunakan tabel 13.3.1 dan tabel 13.3.2 Peraturan Beton Indonesia 1971

$$\begin{aligned} Lx &= 350 \quad - (25 / 2 + 25 / 2) \\ &= 325 \quad \text{cm} \\ Ly &= 375 \quad - (25 / 2 + 25 / 2) \\ &= 350 \quad \text{cm} \\ Ly/Lx &= 1,08 > 1,10 \end{aligned}$$

- Perhitungan momen pelat

$$\begin{aligned} M_{lx} &= 0,001 \times Qu \times Lx^2 \times X \\ &= 0,001 \times 47.724,00 \times 10,5625 \times 25 \\ &= 12.602,119 \quad \text{Nm} \\ &= 12.602.118,750 \quad \text{Nmm} \\ M_{ly} &= 0,001 \times Qu \times Lx^2 \times X \\ &= 0,001 \times 47.724,00 \times 10,5625 \times 11 \\ &= 5.544,932 \quad \text{Nm} \\ &= 5.544.932,250 \quad \text{Nmm} \\ M_{tx} &= -0,001 \times Qu \times Lx^2 \times X \\ &= -0,001 \times 47.724,00 \times 10,5625 \times 59 \\ &= -29.741,000 \quad \text{Nm} \\ &= -29.741.000,250 \quad \text{Nmm} \\ M_{ty} &= -0,001 \times Qu \times Lx^2 \times X \\ &= -0,001 \times 47.724,00 \times 10,5625 \times 54 \\ &= -27.220,577 \quad \text{Nm} \\ &= -27.220.576,500 \quad \text{Nmm} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas , nilai momen terbesar adalah momen tumpuan arah x (Mtx), maka untuk selanjutnya perhitungan dimensi penulangan memakai momen Mtx.

#### Tulangan tumpuan arah X

Momen nominal (Mtx) = 29.741.000,25 Nmm

$$h = 200 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} d &= 200 \text{ mm} - 50 - \frac{13}{2} \\ &= 163,50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$b (\text{per 1 meter}) = 1.000 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{balance}} = \left[ \frac{0,85x f'cx \beta_1}{f_y} \right] \times \left[ \frac{600}{600+f_y} \right]$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,008 x (fc - 30)$$

$$= 0,085 - 0,008 \times (21,7 - 30) = 0,916$$

$$\text{pakai } \beta_1 = 0,85$$

$$\rho_{\text{balance}} = \left[ \frac{0,85x f'cx \beta_1}{f_y} \right] \times \left[ \frac{600}{600+f_y} \right]$$

$$= \left[ \frac{0,85 \times 21,7 \times 0,85}{400} \right] \times \left[ \frac{600}{600+400} \right]$$

$$= 0,0235$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\rho_{\max} = \rho_{\text{balance}} \times 0,75$$

$$= 0,0235 \times 0,75 = 0,0176$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'c} = \frac{400}{0,85 \times 21,7} = 21,686$$

$$R_n = \frac{Mu}{\emptyset \times b \times d^2} = \frac{29.741.000,25}{0,8 \times 1.000 \times 163,5^2} = 1,391 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left[ 1 - \sqrt{\frac{1 - (2 \times R_n \times m)}{f_y}} \right]$$

$$= \frac{1}{21,686} \times \left[ 1 - \sqrt{\frac{1 - (2 \times 1,391 \times 21,686)}{400}} \right]$$

$$= 0,00362 > \rho_{\min}$$

Digunakan  $\rho_{\text{perlu}} = 0,00362$

$$\begin{aligned} As &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00362 \times 1.000 \times 163,50 \\ &= 591,66 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang D 13-200 = 664,00 mm<sup>2</sup> > As

**Resume :**

- **Direncanakan penulangan D13 - 200 (tulangan double).**
- **Dilengkapi dinding miring pada pertemuan dinding bagian bawah dan lantai dengan tulangan D13-200**

▪ ***Penulangan sloof : tulangan atas 3D13, tulangan bawah 3D13 dan beugel dia.8-***

**150**

2. Penulangan Plat Dinding

a. Data-data

- Tinggi dinding masuk ke tanah MTR ( h ) = 0,80 m
- Tinggi dasar dinding terhadap tanah asli = 3,80 m
- Tebal dinding (ba) = 0,15 m
- $\alpha$  = sudut kemiringan tanah di atas dinding) = 0

b. Data Tanah (Data tanah dari BH.1 dengan kedalaman - 2,50 - 3,00)

- berat volume tanah(  $\gamma$  ) = 1,607 T/m<sup>3</sup>
- Sudut geser (  $\phi$  ) = 12,00<sup>0</sup>
- Elevasi MAT = -14,00
- Beban merata tambahan di atas tanah /beban merata ( q ) = 1,00 T/m<sup>2</sup>

c. Koefisien Tekanan Tanah ( Teori Rankine )

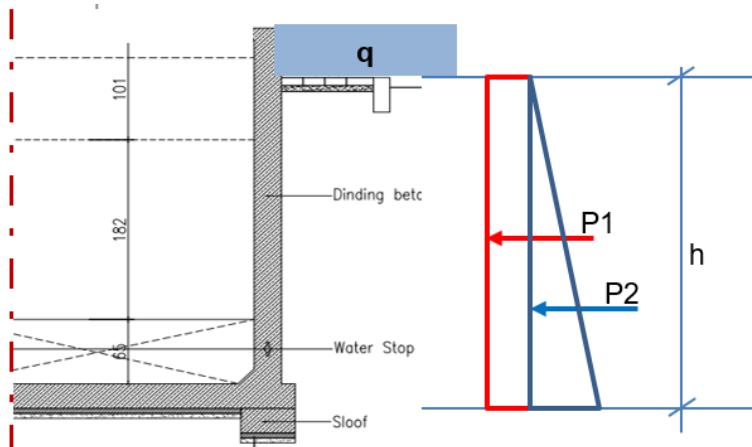
- Koefisien Tekanan Tanah aktif (  $K_a$  )

$$\begin{aligned}
 (K_a) &= \frac{\tan^2(45^\circ - \frac{\phi}{2})}{2} \\
 &= \frac{\tan^2(45^\circ - \frac{12,00}{2})}{2} \\
 &= \frac{\tan^2(39,00)}{2} \\
 (K_a) &= 0,656
 \end{aligned}$$

- Akibat beban merata tambahan (  $P_{a1}$  )

$$\begin{aligned}
 hs &= \frac{q}{\gamma} = \frac{1,00 \text{ T/m}^2}{1,607 \text{ T/m}^3} \\
 &= 0,62 \text{ m}
 \end{aligned}$$

d. Diagram gaya



#### e. Gaya yang bekerja

- Tekanan akibat  $q$  ( $Pa_1$ ) =  $ka \cdot \gamma \cdot hs \cdot h$ 

$$Pa_1 = 0,656 \times 1,607 \times 0,62 \times 0,80 \\ = 0,525 \text{ T}$$
- Tekanan akibat tanah ( $Pa_2$ ) =  $1/2 \cdot ka \cdot \gamma \cdot h^2$ 

$$= 0,337 \text{ T}$$

#### f. Momen yang terjadi pada Dinding Bawah

- $Ma_1 = 1/2 Pa_1 \cdot h$ 

$$= 0,210 \text{ T.m}$$
- $Ma_2 = 1/3 Pa_2 \cdot h$ 

$$= 0,009 \text{ T.m}$$
- $M_{tot} = Ma_1 + Ma_2$ 

$$= 0,300 \text{ T.m}$$

$$= 299,86 \text{ kg.m}$$

$$= 2.998,63 \text{ N.m}$$

#### g. Perhitungan dimensi tulangan

Data perencanaan plat :

- Tinggi plat beton = 120 cm
- Lebar plat beton = 375 cm
- Mutu beton ( $fc$ ) = 21,7 Mpa
- Mutu baja tulangan ( $fy$ ) = 400 Mpa
- Tebal plat direncanakan = 15 cm

- Selimut beton = 30 mm
- Diameter tulangan yang akan digunakan = 13 mm

c) Tulangan utama

$$\text{Momen nominal (Mu)} = 2.998.631 \text{ Nmm}$$

$$h = 150 \text{ mm}$$

$$d = 150 \text{ mm} - 30 - \frac{13}{2} \\ = 113,50 \text{ mm}$$

$$b (\text{per 1 meter}) = 1.000 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{balance}} = \left[ \frac{0,85x f'c x \beta_1}{f_y} \right] \times \left[ \frac{600}{600+f_y} \right]$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,008 x (fc - 30)$$

$$= 0,085 - 0,008 x (21,7 - 30) = 0,916$$

$$\text{pakai } \beta_1 = 0,85$$

$$\rho_{\text{balance}} = \left[ \frac{0,85x f'c x \beta_1}{f_y} \right] \times \left[ \frac{600}{600+f_y} \right]$$

$$= \left[ \frac{0,85 x 21,7 x 0,85}{400} \right] \times \left[ \frac{600}{600+400} \right]$$

$$= 0,0235$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\rho_{\max} = \rho_{\text{balance}} \times 0,75$$

$$= 0,0235 \times 0,75 = 0,0176$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 x f'c} = \frac{400}{0,85 x 21,7} = 21,686$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi x b x d^2} = \frac{2.998.631}{0,8 x 1.000 x 113,5^2} = 0,291 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left[ 1 - \sqrt{\frac{1-(2 x R_n x m)}{f_y}} \right] \\ = \frac{1}{21,686} \times \left[ 1 - \sqrt{\frac{1-(2 x 0,291 x 21,686)}{400}} \right]$$

$$= 0,00073 < \rho_{\min}$$

$$\text{Digunakan } \rho_{\min} = 0,0035$$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0035 \times 1.000 \times 113,5$$

$$= 397,25 \text{ mm}^2$$

Dipasang D 13-300 =  $442,00 \text{ mm}^2 > As$

d) Tulangan pembagi

Tulangan pembagi =  $20\% \times As$

$$\begin{aligned} As' &= 20 \% \times 442,00 \text{ mm}^2 \\ &= 88,40 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang D 10-300 =  $262,00 \text{ mm}^2 > As'$

**Resume :**

- *Tulangan utama (vertikal) direncanakan penulangan D13 - 300 (tulangan ganda).*
- *Tulangan bagi (horizontal) direncanakan penulangan D10 - 300 (tulangan ganda).*
- *Pada setiap pertemuan sloof di rencanakan kolom 25x30 cm, dengan tulangan pokok 8D13 dan beugel dia.8-150. Kolom ini berfungsi juga sebagai dudukan kolom IWF.*

## G. Bak SDB

### 1. Penulangan Plat Dasar

#### a. Pembebanan

**Data:**

##### 1. Data-data

- Tebal Lantai Dasar Beton = 0,20 m

##### 2. Pembebanan pada plat meliputi :

###### a) Beban mati (DL)

$$\begin{aligned} - \text{Berat atap} &= 1,00 \times 500,00 = 500,00 \text{ kg/m}^2 \\ - \text{Berat sendiri Beton} &= 0,20 \times 2.400,00 = 480,00 \text{ kg/m}^2 \\ - \text{Berat gravel} &= 0,55 \times 1.650,00 = 907,50 \text{ kg/m}^2 \\ - \text{Lumpur} &= 0,30 \times 1.600,00 = 480,00 \text{ kg/m}^2 \\ - \text{Berat air limbah} &= 0,85 \times 1.200,00 = 1.020,00 \text{ kg/m}^2 \\ - \text{Berat finishing beton} &= 0,03 \times 2.400,00 = \underline{\underline{72,00}} \text{ kg/m}^2 \\ &\quad DL = 3.459,50 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

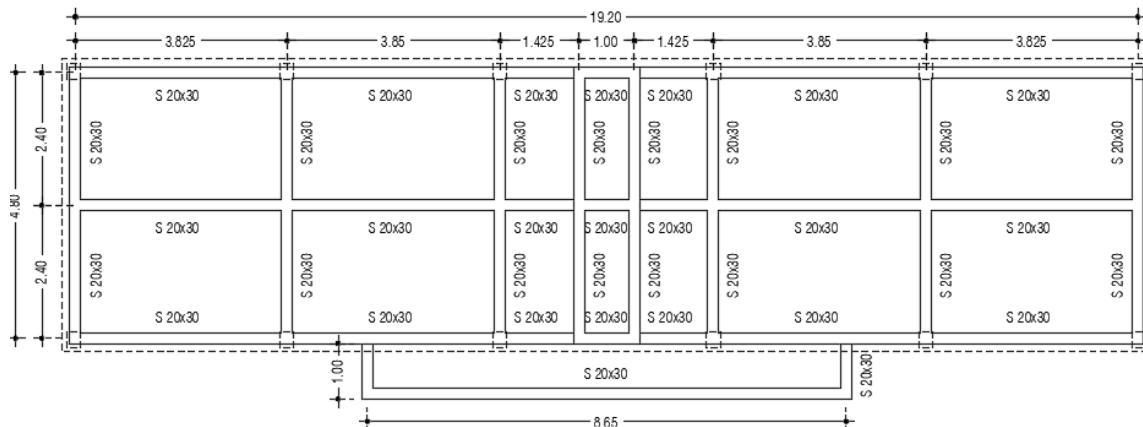
###### b) Beban Hidup (LL)

- beban Hidup = LL = 300,00 kg/m<sup>2</sup>

c) Beban Ultimate (Q ult.)

$$\begin{aligned}
 Q_{ult} &= 1,2 \times DL + 1,6 \times LL \\
 &= 1,2 \times 3.459,50 + 1,6 \times 300,00 \\
 &= 4.631,40 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 46.314,00 \text{ N/m}^2
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan dimensi tulangan



**Gambar 6.22**  
**Denah Sloof Bak SDB**

Dibawah plat lantai dasar diletakkan sloof sebagai balok pengaku, sehingga perhitungan momen plat dianggap jepit pada 4 sisi. Dimensi dari sloof pengaku adalah 20/30 cm.

**Direncanakan :**

Data perencanaan plat :

Panjang Pelat Beton	=	3,85	m
Lebar Pelat Beton	=	2,50	m
Mutu beton ( $f_c$ )	=	21,7	Mpa
Mutu baja ( $f_y$ )	=	400	Mpa
Tebal plat	=	20	cm
Selimut beton	=	30	mm
Diameter tulangan yang akan digunakan	=	13	mm

Diasumsikan bahwa semua perletakan pelat adalah terjepit penuh

**1. Perhitungan momen yang bekerja pada pelat**

Untuk perhitungan digunakan tabel 13.3.1 dan tabel 13.3.2 Peraturan Beton Indonesia 1971

$$\begin{aligned}
 L_x &= 250 - (25 / 2 + 25 / 2) \\
 &= 225 \text{ cm} \\
 L_y &= 385 - (25 / 2 + 25 / 2) \\
 &= 360 \text{ cm} \\
 L_y/L_x &= 1,60 > 1,60
 \end{aligned}$$

- Perhitungan momen pelat

$$\begin{aligned}
 M_{lx} &= 0,001 \times Qu \times Lx^2 \times X \\
 &= 0,001 \times 46.314,00 \times 5,0625 \times 37 \\
 &= 8.675,191 \text{ Nm} \\
 &= 8.675.191,125 \text{ Nmm} \\
 M_{ly} &= 0,001 \times Qu \times Lx^2 \times X \\
 &= 0,001 \times 46.314,00 \times 5,0625 \times 16 \\
 &= 3.751,434 \text{ Nm} \\
 &= 3.751.434,000 \text{ Nmm} \\
 M_{tx} &= -0,001 \times Qu \times Lx^2 \times X \\
 &= -0,001 \times 46.314,00 \times 5,0625 \times 79 \\
 &= -18.522,705 \text{ Nm} \\
 &= -18.522.705,375 \text{ Nmm} \\
 M_{ty} &= -0,001 \times Qu \times Lx^2 \times X \\
 &= -0,001 \times 46.314,00 \times 5,0625 \times 57 \\
 &= -13.364,484 \text{ Nm} \\
 &= -13.364.483,625 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas , nilai momen terbesar adalah momen arah tumpuan x (Mtx), maka untuk selanjutnya perhitungan dimensi penulangan memakai momen Mtx.

### Tulangan tumpuan arah X

Momen nominal (Mtx) = 18.522.705,38 Nmm

$$h = 200 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 d &= 200 \text{ mm} - 50 - \frac{13}{2} \\
 &= 163,50 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$b (\text{per 1 meter}) = 1.000 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{balance}} = \left[ \frac{0,85x f'cx \beta_1}{f_y} \right] \times \left[ \frac{600}{600+f_y} \right]$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,008 x (fc - 30)$$

$$= 0,085 - 0,008 \times (21,7 - 30) = 0,916$$

$$\text{pakai } \beta_1 = 0,85$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{balance}} &= \left[ \frac{0,85x f'cx \beta_1}{f_y} \right] \times \left[ \frac{600}{600+f_y} \right] \\
 &= \left[ \frac{0,85 \times 21,7 \times 0,85}{400} \right] \times \left[ \frac{600}{600+400} \right] \\
 &= 0,0235
 \end{aligned}$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{maks}} &= \rho_{\text{balance}} \times 0,75 \\
 &= 0,0235 \times 0,75 = 0,0176 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_{rc}} = \frac{400}{0,85 \times 21,7} = 21,686 \\
 R_n &= \frac{Mu}{\emptyset \times b \times d^2} = \frac{18.522.705,38}{0,8 \times 1.000 \times 163,5^2} = 0,866 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left[ 1 - \sqrt{\frac{1-(2 \times R_n \times m)}{f_y}} \right] \\
 &= \frac{1}{21,686} \times \left[ 1 - \sqrt{\frac{1-(2 \times 0,866 \times 21,686)}{400}} \right] \\
 &= 0,00222 < \rho_{\text{min}}
 \end{aligned}$$

Digunakan  $\rho_{\text{min}} = 0,0035$

$$\begin{aligned}
 As &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0035 \times 1.000 \times 163,50 \\
 &= 572,25 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang D 13-200 = 664,00 mm<sup>2</sup> > As

#### **Resume :**

- **Direncanakan penulangan D13 - 200 (tulangan double).**
- **Dilengkapi dinding miring pada pertemuan dinding bagian bawah dan lantai dengan tulangan D13-200**
- **Penulangan sloof : tulangan atas 3D13, tulangan bawah 3D13 dan beugel dia.8-150**

## 2. Penulangan Plat Dinding

### a. Data-data

- Tinggi dinding masuk ke tanah MTR ( h ) = 0,90 m
- Tinggi dasar dinding terhadap tanah asli = 3,90 m
- Tebal dinding (ba) = 0,15 m
- $\alpha$  = sudut kemiringan tanah di atas dinding) = 0

### b. Data Tanah (Data tanah dari BH.1 dengan kedalaman - 2,50 - 3,00)

- berat volume tanah(  $\gamma$  ) = 1,607 T/m<sup>3</sup>
- Sudut geser (  $\phi$  ) = 12,00°

- Elevasi MAT = -14,00
- Beban merata tambahan di atas tanah /beban merata ( q ) = 1,00 T/m<sup>2</sup>

c. Koefisien Tekanan Tanah ( Teori Rankine )

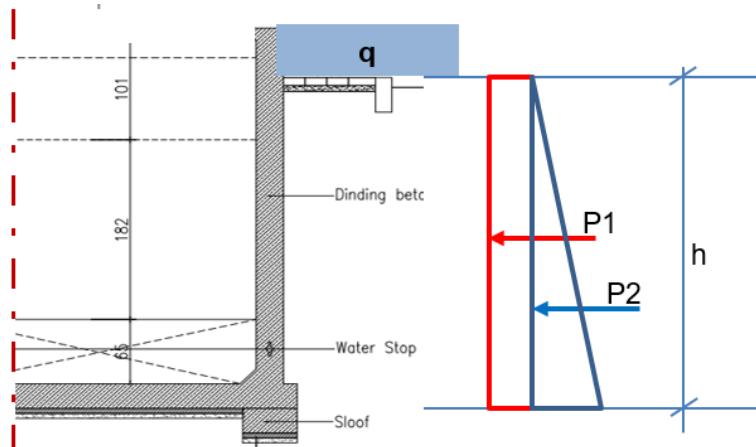
- Koefisien Tekanan Tanah aktif ( Ka )

$$\begin{aligned}
 (Ka) &= \frac{\tan^2(45^\circ) - \phi}{2} \\
 &= \frac{\tan^2(45^\circ) - 12,00}{2} \\
 &= \tan^2(39,00^\circ) \\
 (Ka) &= 0,656
 \end{aligned}$$

- Akibat beban merata tambahan ( Pa1 )

$$\begin{aligned}
 hs &= \frac{q}{\gamma} = \frac{1,00 \text{ T/m}^2}{1,607 \text{ T/m}^3} \\
 &= 0,62 \text{ m}
 \end{aligned}$$

d. Diagram gaya



e. Gaya yang bekerja

- Tekanan akibat lumpur (Pa1) = ka.γ<sub>L</sub>.h  
 $Pa1 = 0,590 \text{ T}$
- Tekanan akibat gravel (Pa2) = 1/2.ka.γ<sub>G</sub>.h<sup>2</sup>  
 $Pa2 = 0,427 \text{ T}$

f. Momen yang terjadi pada Dinding Bawah

- $Ma1 = \frac{1}{2}.Pa1.h$   
 $= 0,266 \text{ T.m}$

- $Ma_2 = 1/3.Pa_2.h_2$   
= 0,128 T.m
- $M_{tot} = Ma_1 + Ma_2$   
 $M_u = 0,394 \text{ T.m}$   
= 393,74 kg.m  
= 3.937,44 N.m

g. Perhitungan dimensi tulangan

Data perencanaan plat :

- Tinggi plat beton = 120 cm
- Lebar plat beton = 385 cm
- Mutu beton ( $f_c$ ) = 21,7 Mpa
- Mutu baja tulangan ( $f_y$ ) = 400 Mpa
- Tebal plat direncanakan = 25 cm
- Selimut beton = 30 mm
- Diameter tulangan yang akan digunakan = 13 mm

a) Tulangan utama

$$\begin{aligned}
 \text{Momen nominal (Mu)} &= 4.713.912 \text{ Nmm} \\
 h &= 150 \text{ mm} \\
 d &= 150 \text{ mm} - 30 - \frac{10}{2} \\
 &= 115,000 \text{ mm} \\
 b (\text{per 1 meter}) &= 1.000 \text{ mm} \\
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \\
 \rho_{\text{balance}} &= \left[ \frac{0,85x f'c x \beta_1}{f_y} \right] \times \left[ \frac{600}{600+f_y} \right] \\
 \beta_1 &= 0,85 - 0,008 x (f_c - 30) \\
 &= 0,085 - 0,008 x (21,7 - 30) = 0,916 \\
 \text{pakai } \beta_1 &= 0,85 \\
 \rho_{\text{balance}} &= \left[ \frac{0,85x f'c x \beta_1}{f_y} \right] \times \left[ \frac{600}{600+f_y} \right] \\
 &= \left[ \frac{0,85 \times 21,7 \times 0,85}{400} \right] \times \left[ \frac{600}{600+400} \right] \\
 &= 0,0235
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= 0,85 \\
 \rho_{\text{maks}} &= \rho_{\text{balance}} \times 0,75 \\
 &= 0,0235 \times 0,75 = 0,0176 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f'c} = \frac{400}{0,85 \times 21,7} = 21,686 \\
 R_n &= \frac{Mu}{\emptyset \times b \times d^2} = \frac{4.713.912}{0,8 \times 1.000 \times 115,0^2} = 0,446 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left[ 1 - \sqrt{\frac{1-(2 \times R_n \times m)}{f_y}} \right] \\
 &= \frac{1}{21,686} \times \left[ 1 - \sqrt{\frac{1-(2 \times 0,446 \times 21,686)}{400}} \right] \\
 &= 0,00113 < \rho_{\text{min}} \\
 \text{Digunakan } \rho_{\text{min}} &= 0,0035 \\
 As &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0035 \times 1.000 \times 115,00 \\
 &= 402,50 \text{ mm}^2 \\
 \text{Dipasang D 10-150} &= 524,00 \text{ mm}^2 > As \\
 \text{b) Tulangan pembagi} \\
 \text{Tulangan pembagi} &= 20\% \times As \\
 As' &= 20 \% \times 524,00 \text{ mm}^2 \\
 &= 88,40 \text{ mm}^2 \\
 \text{Dipasang D 10-300} &= 262,00 \text{ mm}^2 > As'
 \end{aligned}$$

**Resume :**

- **Tulangan utama (vertikal) direncanakan penulangan D13 - 300 (tulangan double).**
- **Tulangan bagi (horizontal) direncanakan penulangan D10 - 3050 (tulangan double).**
- **Pada setiap pertemuan sloof di rencanakan kolom 25x30 cm, dengan tulangan pokok 8D13 dan beugel dia.8-150. Kolom ini berfungsi juga sebagai dudukan kolom IWF.**

## 6.6 Perhitungan Uplift

Dari hasil bor mesin pada titik BH.1 ditemukan MAT pada kedalaman – 14,00 m. Kedalaman bak terdalam adalah Bak Aerobik dengan posisi kedalaman dari tanah asli sekitar – 7,55 m, sehingga faktor Uplift untuk bak anaerob dan bak-bak lainnya **tidak diperhitungkan**.

## 6.7 Dinding Penahan Tanah

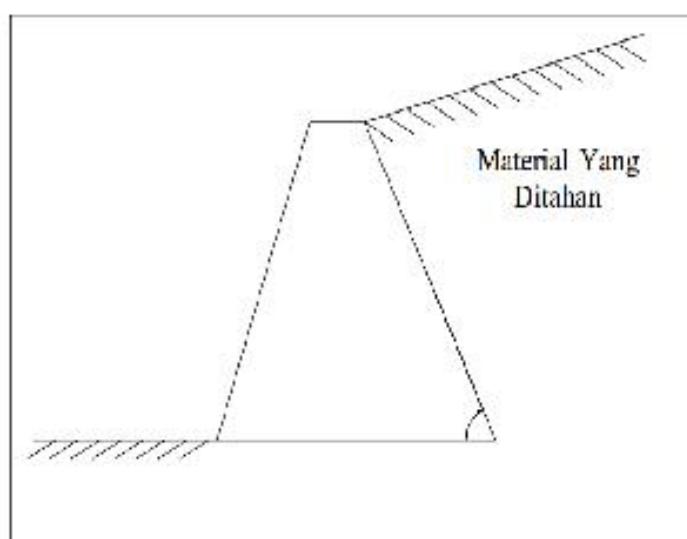
Dinding penahan tanah adalah suatu bangunan yang berfungsi untuk menstabilkan kondisi tanah tertentu yang pada umumnya dipasang pada daerah tebing yang labil. Jenis konstruksi antara lain pasangan batu dengan mortar, pasangan batu kosong, beton, kayu dan sebagainya. Fungsi utama dari konstruksi penahan tanah adalah menahan tanah yang berada dibelakangnya dari bahaya longsor akibat :

1. Benda-benda yang ada diatas tanah (perkerasan dan konstruksi jalan, jembatan, kendaraan, dll).
2. Berat tanah
3. Berat air

Berdasarkan cara untuk mencapai stabilitasnya, maka dinding penahan tanah digolongkan sebagai berikut (Braja M. Das, 1991) :

### ▪ Dinding Gravitasi (*gravity wall*)

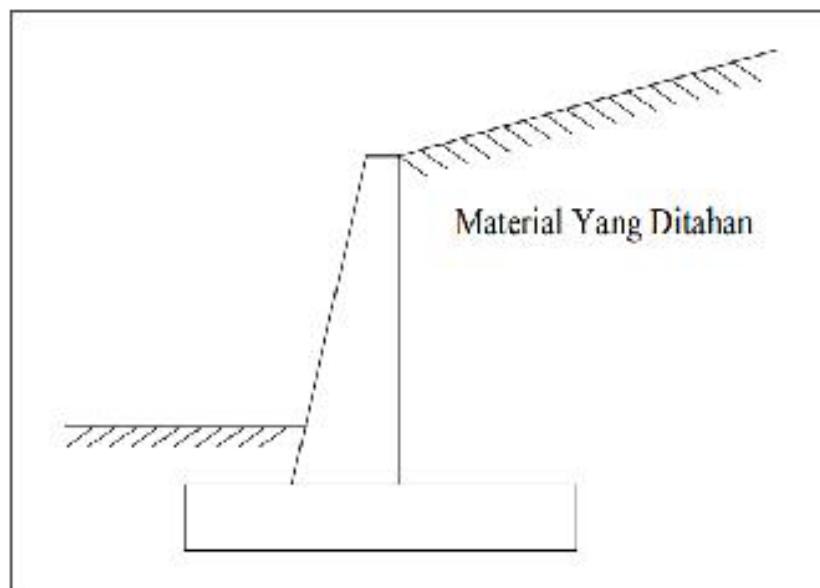
Dinding ini biasanya dibuat dari beton murni (tanpa tulangan) atau dari pasangan batu kali. Stabilitas konstruksinya diperoleh hanya dengan mengandalkan berat sendiri konstruksi. Biasanya tinggi dinding tidak lebih dari 4 meter.



**Gambar 6. 23**  
*Gravity Wall sumber : Braja M. Das, 1991*

▪ **Dinding penahan kantilever (*kantiliver retaining wall*)**

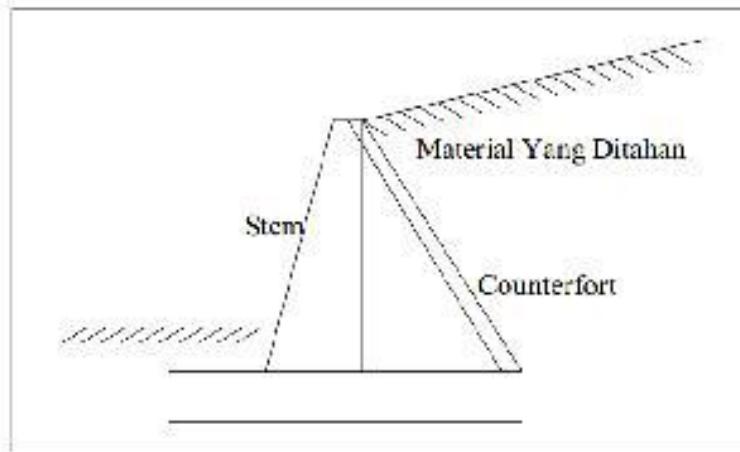
Dinding penahan kantilever dibuat dari beton bertulang yang tersusun dari suatu dinding vertikal dan tapak lantai. Terdapat 3 bagian struktur yang berfungsi sebagai kantilever, yaitu bagian dinding vertikal (**steem**), tumit tapak dan ujung kaki tapak (**toe**). Biasanya ketinggian dinding ini tidak lebih dari 6-7 meter.



**Gambar 6. 24**  
*Cantilever Wall sumber : Braja M. Das, 1991*

▪ **Dinding conterfort (*counterfort wall*)**

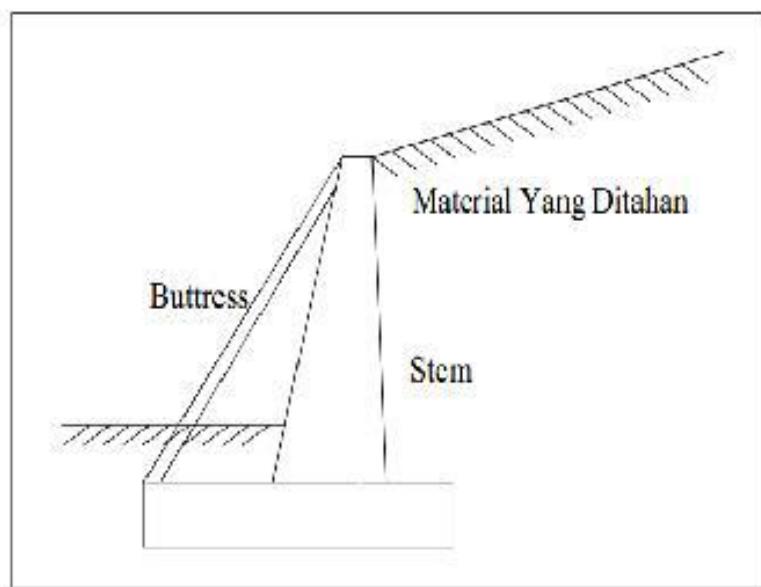
Dinding kontrafort akan lebih ekonomis digunakan bila ketinggian dinding lebih dari 7 meter.



**Gambar 6. 25**  
*Counterfort Wall sumber : Braja M. Das, 1991*

- **Dinding butters (butters wall)**

Dinding butters hampir sama dengan dinding conterfort, hanya bedanya bagian kontrafort diletakkan di depan dinding. Dinding ini lebih ekonomis untuk ketinggian lebih dari 7 meter.



**Gambar 6. 26**  
*Buttress Wall sumber : Braja M. Das, 1991*

#### 6.7.1 Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah lateral sebuah parameter perencanaan yang penting di dalam sejumlah persoalan teknik pondasi, dinding penahan dan konstruksi-konstruksi lain yang ada di bawah tanah.

Pada prinsipnya kondisi tanah dalam kedudukannya ada 3 kemungkinan, yaitu :

- Dalam Keadaan Diam ( $K_0$ )
- Dalam Keadaan Aktif ( $K_a$ )
- Dalam Keadaan Pasif ( $K_p$ )

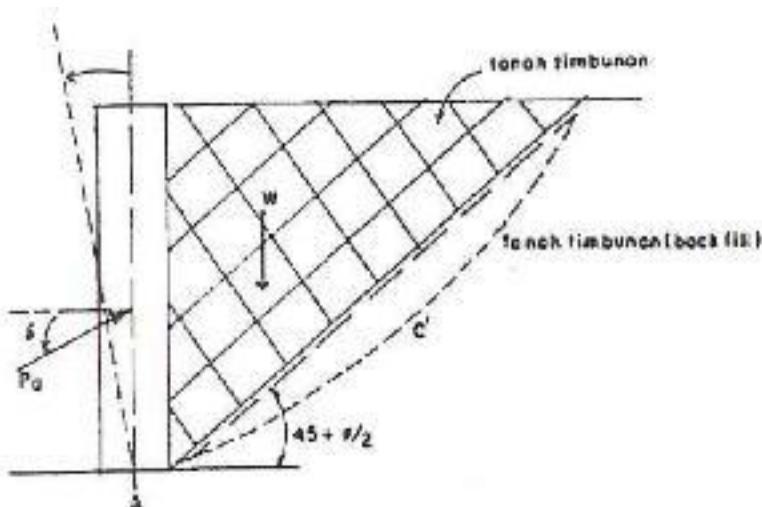
#### **Tekanan Tanah Aktif dan Pasif**

Permasalahan disini hanyalah semata-mata untuk menentukan faktor keamanan terhadap keruntuhan yang disebabkan oleh gaya lateral.

##### ▪ **Tekanan Tanah Aktif**

Seperti ditunjukkan pada gambar 2.7, akibat dinding penahan berotasi kekiri terhadap titik A,

maka tekanan tanah yang bekerja pada dinding penahan akan berkurang perlahan-lahan sampai mencapai suatu harga yang seimbang. Tekanan tanah yang mempunyai harga tetap atau seimbang dalam kondisi ini disebut tekanan tanah aktif.



**Gambar 6. 27**  
**Dinding yang berotasi akibat tekanan aktif tanah**  
sumber : Braja M. Das, 1993

Menurut teori Rankine, untuk tanah berpasir tidak kohesif, besarnya gaya lateral pada satuan lebar dinding akibat tekanan tanah aktif pada dinding setinggi H dapat dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$P_a = 1/2 \gamma H^2 K_a$$

Dimana harga  $K_a$  untuk tanah datar adalah.

$$K_a = \text{Koefisien tanah aktif} = \tan^2 (45^\circ - \Phi)$$

$\gamma$  = Berat isi tanah ( $\text{g/cm}^3$ )

H = Tinggi dinding (m)

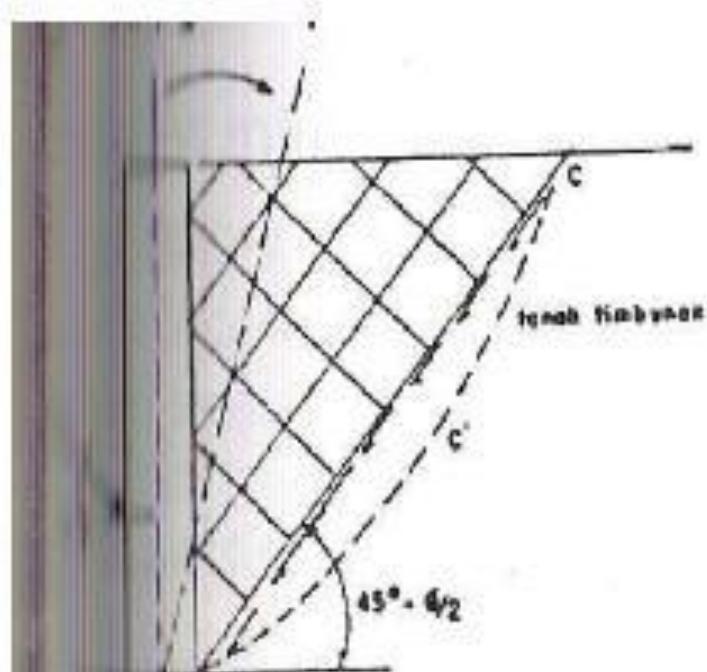
$\Phi$  = Sudut geser tanah ( $^\circ$ )

Adapun langkah yang dipakai untuk tanah urugan dibelakang tembok apabila berkohesi (Kohesi adalah lekatan antara butiran-butiran tanah, sehingga kohesi mempunyai pengaruh mengurangi tekanan aktif tanah sebesar  $2cV_Ka$ , maka tegangan utama arah horizontal untuk

kondisi aktif adalah :

$$P_a = 1/2 \gamma H^2 K_a - 2cV_Ka H$$

- **Tekanan Tanah Pasif**



**Gambar 6. 28**  
**Dinding yang berotasi melawan tekanan aktif**  
sumber : Braja M. Das, 1991

Menurut teori Rankine, untuk tanah pasir tidak kohesif, besarnya gaya lateral pada dinding akibat tekanan tanah pasif setinggi H dapat dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$P_p = 1/2 \gamma H^2 K_p$$

Dimana harga  $K_p$  untuk tanah datar adalah

$$K_p = \text{Koefisien tanah pasif} = \tan^2 (45^\circ + \Phi)$$

$\gamma$  = Berat isi tanah ( $\text{g/cm}^3$ )

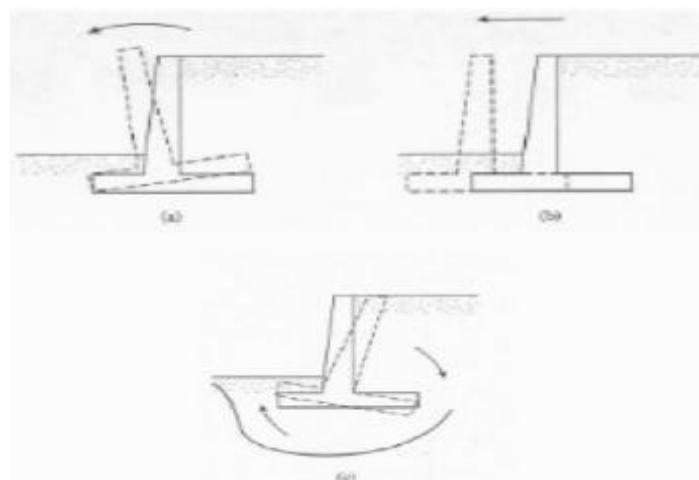
$H$  = Tinggi dinding (m)

$\Phi$  = Sudut geser tanah ( $^{\circ}$ )

Adapun langkah yang dipakai untuk tanah berkohesi, maka tegangan utama arah horizontal untuk kondisi pasif adalah :

$$P_p = 1/2 \gamma H^2 K_p + 2cV K_p H$$

### 6.7.2 Stabilitas Dinding Penahan Tanah



**Gambar 6. 29**  
**Jenis-jenis keruntuhan dinding penahan tanah**

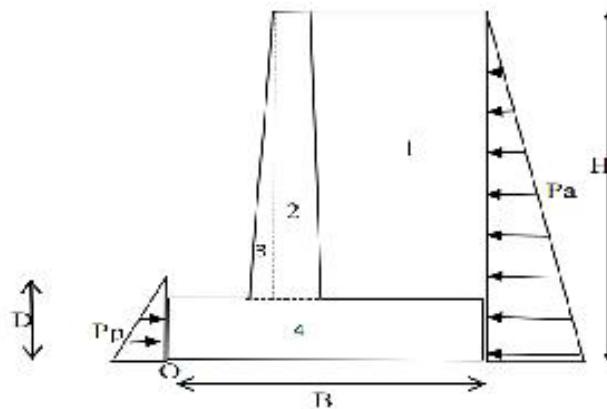
Sumber : Braja M. Das, 1991

Seperti yang terlihat pada gambar 2.9 diatas, ada beberapa hal yang dapat keruntuhan pada dinding penahan tanah, antara lain oleh :

- a. Penggulingan
- b. Penggeseran
- c. Keruntuhan daya dukung

#### 1. Stabilitas Terhadap Guling

Tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah urugan dibelakang dinding penahan, cenderung menggulingkan dinding dengan pusat rotasi pada ujung depan kaki pondasi. Pada gambar 2.10 dibawah ini, diperlihatkan diagram tekanan tanah pada dinding penahan tanah yang akan ditinjau, dalam hal ini adalah dinding penahan tanah tipe gravitasi (asumsi tekanan tanah dihitung dengan rumus Rankine)



**Gambar 6. 30**  
**Diagram tekanan tanah untuk dinding kantilever**

Sumber : Braja M. Das, 1991

Faktor keamanan terhadap guling didefinisikan sebagai (ditinjau dari kaki/titik O pada gambar) :

$$FS_{guling} = \Sigma MR / \Sigma Mo$$

Dimana :

$\Sigma Mo$  = jumlah momen dari gaya-gaya yang menyebabkan momen pada titik O.

$\Sigma MR$  = jumlah momen yang menahan guling terhadap titik O.

Momen yang menghasilkan guling :

$$\Sigma Mo = Phx(h/3)$$

Dimana tekanan tanah horisontal,

$Ph$  =  $Pa$ , tekanan tanah aktif (apabila permukaan tanah datar) jadi, faktor keamanannya adalah :

Faktor aman terhadap guling, bergantung pada jenis tanah, yaitu :

- $\geq 1,5$  untuk tanah dasar berbutir.
- $\geq 2,5$  untuk tanah dasar kohesif.

## 2. Stabilitas Terhadap Pergeseran

Gaya-gaya yang menggeser dinding penahan tanah akan ditahan oleh:

- Gesekan antara tanah dan dasar pondasi
- Tekanan tanah pasif didepan dinding Penahan

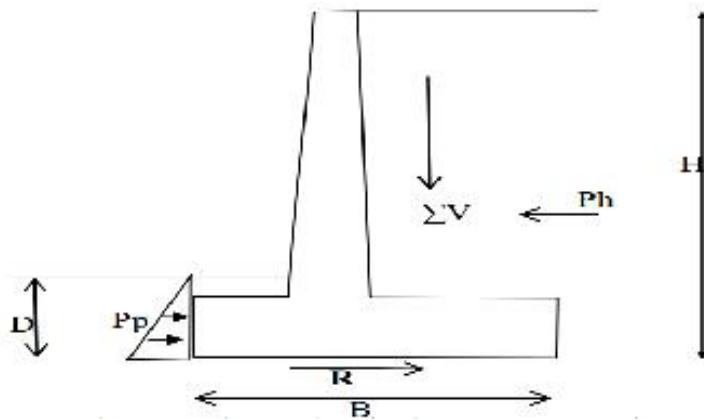
Faktor keamanan terhadap stabilitas geser dapat dinyatakan dengan rumus :

$$FS_{geser} = \Sigma F_R / \Sigma F_d$$

Dimana :

$\Sigma F_R$  = jumlah gaya-gaya yang menahan gaya-gaya horizontal

$\Sigma F_d$  = jumlah gaya-gaya yang Mendorong



**Gambar 6. 31**  
kontrol terhadap pergeseran dasar dinding

Sumber : Braja M. Das, 1991

Gambar 6. 31 menunjukkan bahwa  $P_p$  juga merupakan gaya menahan horizontal, sehingga:

$$\Sigma F_R = (\Sigma V) \tan \delta + Bc_a + P_p$$

Dan

$$F_d = Ph$$

$$F_{S\text{geser}} = (\Sigma V) \tan \delta + Bc_a + P_p / Ph$$

Batas minimum yang diijinkan untuk faktor keamanan geser adalah 1,50 pada banyak kasus,  $P_p$  digunakan untuk menghitung faktor keamanan terhadap geser, dimana sudut geser  $\Phi$  dan kohesi  $c$  juga direduksi

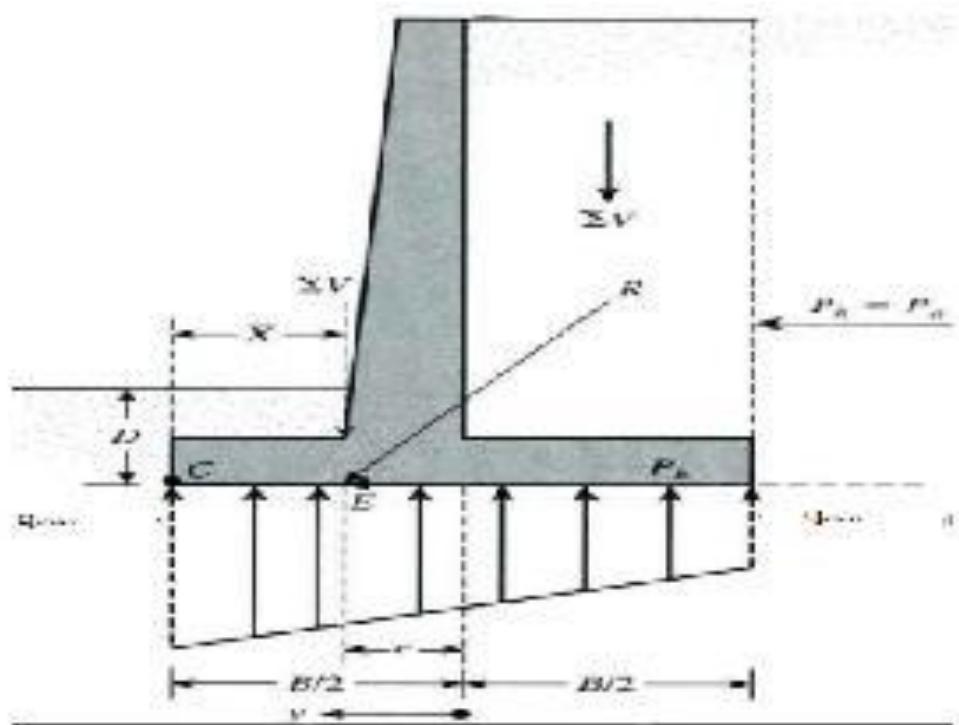
$$k_1 = 1/2 \Phi - 2/3 \Phi, \text{ dan}$$

$$k_2 = 1/2c - 2/3c.$$

$$\delta = k_1 \Phi \text{ dan } c_a = k_2 c$$

$$F_{S\text{geser}} = \frac{(\Sigma V) \tan k_1 \Phi + Bk_2 c + P_p}{Ph}$$

### 3. Stabilitas Terhadap Keruntuhan Daya Dukung



**Gambar 6. 32  
kontrol terhadap keruntuhan daya dukung**

Sumber : Braja M. Das, 1991

Momen pada titik C.

$M_{net} = \Sigma M_R - \Sigma M_o$  ( $\Sigma M_R$  dan  $\Sigma M_o$  diperoleh dari stabilitas penggulingan).

Jika resultan pada dasar dinding berada pada titik E

$$\overline{CE} = \overline{X} = \frac{M_{net}}{\Sigma V}$$

- Eksentrisitas dapat diperoleh dari

$$e = \frac{B}{2} - \overline{CE}$$

atau

$$e = \frac{B}{2} = \frac{\Sigma M_R - \Sigma M_o}{\Sigma V}$$

Distribusi tekanan pada dasar dinding penahan dapat dihitung sebagai berikut :

$$q = \frac{\Sigma V}{A} \pm \frac{M_{net} y}{I}$$

Dimana :

$$M_{net} = (\Sigma V)e$$

$$I = (1/12)(1)(B^3)$$

- Untuk nilai maksimum dan minimum,  $y = B/2$

$$q_{\max} = \frac{\Sigma V}{B} \left[ 1 + \frac{6e}{B} \right]$$

$$q_{\min} = \frac{\Sigma V}{B} \left[ 1 - \frac{6e}{B} \right]$$

Kapasitas dukung tanah dihitung dengan menggunakan persamaan Terzaghi (1943) dalam Hardiyatmo (2014), didefinisikan sebagai berikut :

$$qu = c \cdot N_c + Df \cdot \gamma \cdot N_q + 0,5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_y$$

dimana :

$c$  = Kohesi tanah (kN/m<sup>2</sup>)

$Df$  = Kedalaman pondasi (m)

$\gamma$  = Berat volume tanah (kN/m<sup>3</sup>)

$B$  = Lebar pondasi dinding penahan tanah (m)

**Tabel 6. 14**  
**Nilai-nilai faktor kapasitas Dukung**

$\Phi$	Keruntuhan geser umum		
	$N_c$	$N_q$	$N_y$
0	5,7	1,0	0,0
5	7,3	1,6	0,5
10	9,6	2,7	1,2
15	12,9	4,4	2,5
20	17,7	7,4	5,0
25	25,1	12,7	9,7
30	37,2	22,5	19,7
34	52,6	36,5	35,0
35	57,8	41,4	42,4
40	95,7	82,1	100,4
45	172,3	173,3	297,5
38	258,3	287,9	780,1
50	347,6	415,1	1.153,2

Sumber : Terzaghi, 1943

Catatan :

$N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_y$  = Faktor kapasitas dukung Terzaghi

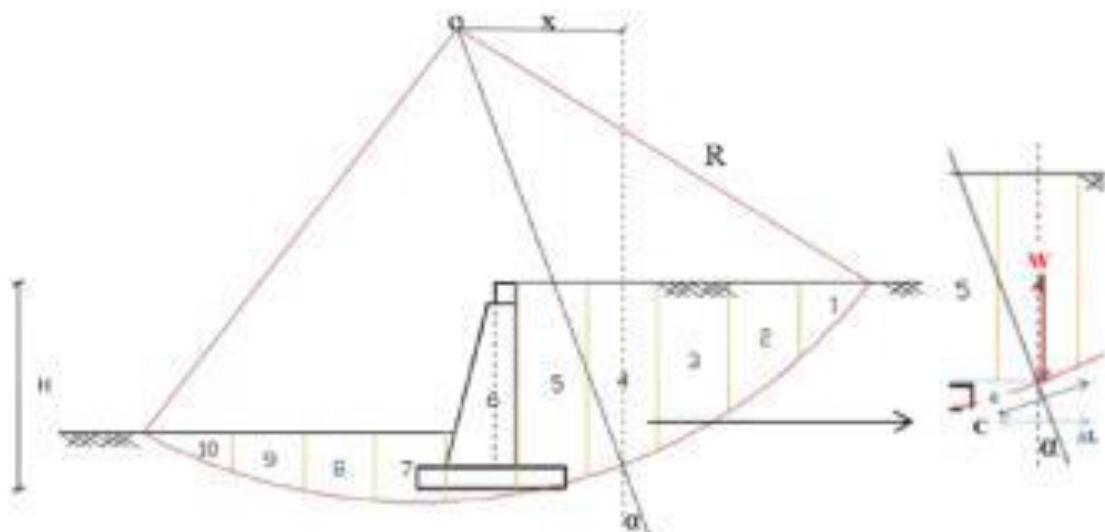
Faktor keamanan terhadap keruntuhan kapasitas dukung ( $F$ ), didefinisikan sebagai berikut :

$$FS_{DDT} = \frac{qu}{q_{\max}} \geq 3$$

Apabila faktor aman terhadap keruntuhan kapasitas daya dukung tanah tidak terpenuhi atau kurang dari  $FS_{DDT}$  maka dapat dilakukan penambahan pondasi dalam (tiang pancang).

#### 4. Analisa Kestabilan Lereng

Untuk melakukan perhitungan control terhadap kelongsoran yang terjadi, maka digunakan metode irisan. Metode irisan sendiri membagi bidang kelongsoran menjadi bagian-bagian yang lebih kecil secara vertikal dan keseimbangan tiap irisan diperhatikan. Untuk itu Hardiyatmo, C.H merekomendasikan angka aman ( $SF$ )  $\geq 1$  sehingga kondisi lereng kritis tidak terjadi.



**Gambar 6. 33**  
**Analisa kestabilan lereng**  
sumber :Hardiyatmo H.C, 2010

Faktor aman didefinisikan sebagai berikut :

$$FK = \frac{\text{jumlah momen penahan}}{\text{jumlah momen penggerak}}$$

$$FK = \frac{\Sigma MR}{\Sigma ME}$$

$$FK = \frac{\Sigma [(c.\Delta L).R] + [(W.\cos \alpha).\tan \theta].R}{\Sigma (W.\sin \alpha).R}$$

Dimana :

$$\Delta L = \frac{\Delta x}{\cos \alpha}$$

$$FK > SF$$

Keterangan :

$FK$  = Faktor aman

$SF$  =  $> 1$  (Hardiyatmo, H.C, 010)

$c$  = Kohesi tanah ( $kN/m^2$ )

$\Delta L$  = Panjang bagian lingkaran pada irisan ke-i (m)

$\Delta x$  = Lebar per pias (m)

$A$  = Besar sudut per pias ( $^0$ )

$\Phi$  = Sudut gesek dalam tanah ( $^0$ )

$R$  = Jari-jari lingkaran bidang longsor (m)

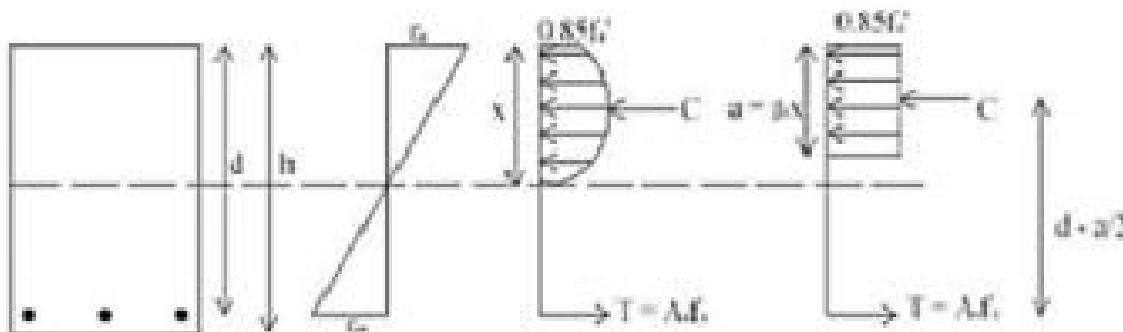
$W$  = Berat massa ( $kN$ )

### 6.7.3 Penulangan Dinding Penahan Tanah

Beton bertulang adalah dimana dua jenis bahan yaitu baja tulang dan beton dipakai bersamaan dengan demikian prinsip-prinsip yang mengatur perencanaan struktur dari beton bertulang di dalam beberapa hal berbeda dengan prinsip-prinsip yang menggunakan satu macam bahan saja. Rancangan tulangan pondasi mengacu pada peraturan “Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bangunan Gedung” (SNI 03-2847-2002) menurut pasal yang sesuai.

#### 1. Diagram Tegangan dan Regangan

Distribusi tegangan beton tekan pada penampang bentuknya setara dengan kurva tegangan-regangan beton tekan. Seperti tampak pada gambar dibawah ini :



**Gambar 6. 34**  
**Diagram tegangan dan regangan**  
*sumber : SNI03-2847-2002*

## 2. Tebal Selimut Beton

Menurut Tathagati (2007), selimut beton berfungsi seperti lapisan coating yang memberikan proteksi yang sangat baik pada baja tulangan. Ketahanan terhadap korosi yang dihasilkan selimut beton akan tetap terjaga selama selimut beton dapat menahan masuknya udara dan air. Menurut SNI 03-2847-2002 tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan seperti pada Tabel 6. 15.

**Tabel 6. 15  
Tebal selimut beton (SNI 03-2847-2002)**

Uraian	Tebal selimut minimum (mm)
a) Beton yang di cor langsung di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	75
b) Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca :	
- Batang D19 – D56	50
- Batang D16, jaring kawat polos P10 atau kawat ulir D16 dan yang lebih kecil	40
c) Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau beton tidak langsung berhubungan dengan tanah	
- Batang D19 – D56	40
- Batang D36 dan yang lebih kecil	20
d) Balok kolom	
- Tulangan utama, pengikat, sengkang, lilitan spiral	40
- Komponen struktur, cangkang, pelat	
▪ Batang D19 dan yang lebih besar	20
▪ Batang D16, jaring kawat polos P16, atau ulir D16 dan yang lebih kecil	15

sumber : SNI03-2847-2002

## 3. Reduksi $\Phi$ (Geser)

Gaya geser pada umumnya tidak bekerja sendiri, tetapi terjadi bersamaan dengan gaya lentur/momen, torsi atau normal/aksial. Dari percobaan yang telah dilakukan diketahui bahwa keruntuhan akibat gaya geser bersifat *brittle*/getas atau tidak bersifat daktail/liat, sehingga keruntuhanya terjadi secara tiba-tiba.

**Tabel 6. 16  
Reduksi  $\Phi$  (SIN03-2847-2002)**

$\Phi$	Uraian
0,75	Reduksi standar
0,55	Untuk struktur penahan gempa
0,80	Untuk hubungan balok kolom
0,65	Untuk tumpuan beton kecuali daerah pengangkuran pasca Tarik
0,85	Untuk daerah pasca tarik

sumber : SNI03-2847-2002

#### 4. Penulangan Dinding Vertikal

- a. Hitungan gaya lintang dan gaya momen terfaktor momen :

Momen :

$$Mu = 0,5 \cdot \gamma \cdot y^2 \cdot Ka \cdot (y/3) \cdot (1,6)$$

Gaya lintang terfaktor

$$Vu = 0,5 \cdot \gamma \cdot y^2 \cdot (1,6)$$

- b. Hitungan kebutuhan tulangan geser

$$V_c = \left(\frac{1}{6} \sqrt{fc'}\right) b_w d$$

$$V_n = \Phi \cdot V_c > Vu$$

$$= 0,75 \cdot V_c > Vu \text{ (tidak memerlukan tulangan geser)}$$

Luas penampang

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b}{f_s}$$

Rasio tulangan

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{A_s}{\frac{\pi}{4} D^2}$$

Jarak antar tulangan

$$s = \frac{\text{jarak per meter}}{n-1}$$

#### 5. Penulangan Plat Kaki

- a. Hitungan gaya lintang dan gaya momen terfaktor momen :

Momen :

$$Mu = 0,5 \cdot \gamma \cdot y^2 \cdot Ka \cdot (y/3) \cdot (1,6)$$

Gaya lintang terfaktor

$$Vu = 0,5 \cdot \gamma \cdot y^2 \cdot (1,6) \cdot (2,33)$$

- b. Hitungan kebutuhan tulangan geser

$$V_c = \left(\frac{1}{6} \sqrt{fc'}\right) b_w d$$

$$V_n = \Phi \cdot V_c > Vu$$

$$= 0,75 \cdot V_c > Vu \text{ (tidak memerlukan tulangan geser)}$$

Luas penampang

$$A_s = \frac{0.85 f'_c a b}{f_s}$$

Rasio tulangan

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{A_s}{\frac{\pi}{4} \pi D^2}$$

Jarak antar tulangan

$$s = \frac{\text{jarak per meter}}{n-1}$$

Keterangan :

$\mu_u$  = Momen ultímate akibat beban terfaktor (kN.m)

$V_u$  = Gaya geser terfaktor (kN)

$f'_c$  = Kuat tekan beton (MPa)

$f_y$  = Kuat tarik baja (MPa)

$\rho$  = Prosentase tulangan

$V_c$  = Kuat geser yang diberikan untuk beton (kN)

$V_n$  = Kuat geser nominal (kN)

$A_s$  = Luasan tulangan ( $\text{mm}^2$ )

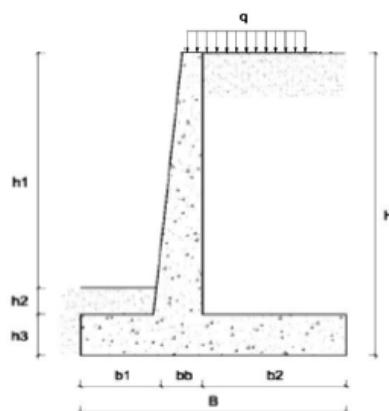
$s$  = Jarak (mm)

$n$  = Jumlah tulangan

$b$  = Lebar penampang (mm)

$d$  = Tinggi efektif penampang (mm)

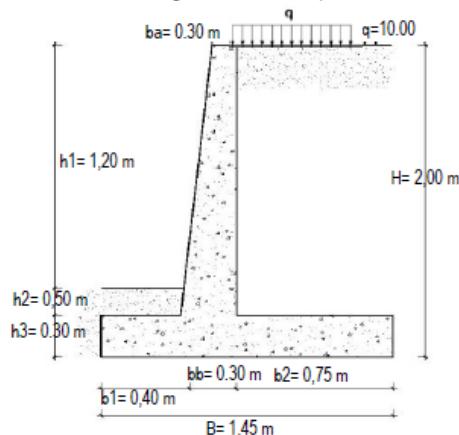
## 6. Analisa stabilitas dan penulangan Talud Kantilever type 1



### 1. DIMENSI DINDING PENAHAN TANAH

- Tinggi dari permukaan tanah (  $h_1$  ) = 1,20 m
- Tinggi tanah di depan dinding (  $h_2$  ) = 0,50 m
- Tebal telapak (  $h_3$  ) = 0,30 m
- Tinggi total (  $H$  ) = 2,00 m
- Lebar toe (  $b_1$  ) = 0,40 m
- Lebar heel (  $b_2$  ) = 0,75 m
- Tebal dinding atas (  $b_a$  ) = 0,30 m
- Tebal dinding bawah (  $b_b$  ) = 0,30 m
- Lebar total (  $B$  ) = 1,45 m
- Panjang Pondasi (  $L$  ) = 3,00 m
- $\alpha$  = sudut kemiringan tanah di atas DPT) = 0 °

cek :  
 guling (Aman)  
 geser (Aman)  
 eksentris (Aman)  
 q toe (Aman)  
 q toe (Aman)



### 2. Data Tanah

- berat volume tanah (  $y$  ) = 16,19 kN/m³
- Sudut geser (  $\phi$  ) = 23,00 °
- cohesi (  $c$  ) = 19,00 kN/m²
- Beban merata tambahan di atas tanah /lalu lintas (  $q$  ) = 10,00 kN/m²

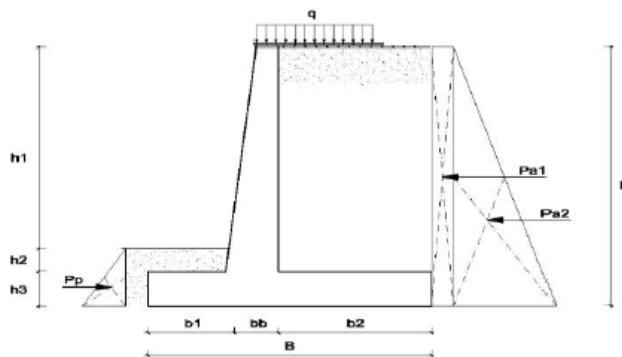
### 3. Koefisien Tekanan Tanah (Teori Rankine)

- Koefisien Tekanan Tanah aktif (  $K_a$  )
 
$$(K_a) = \frac{\tan^2(45 - \frac{\phi}{2})}{\tan^2(45 - \frac{\phi}{2}) + \frac{1}{2}}$$

$$(K_a) = \frac{\tan^2(33,5)}{0,438}$$
- Koefisien Tekanan Tanah pasif (  $K_p$  )
 
$$(K_p) = \frac{\tan^2(45 + \frac{\phi}{2})}{\tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) + \frac{1}{2}}$$

$$(K_p) = \frac{\tan^2(56,5)}{2,283}$$

## 4. Tekanan Tanah Aktif

- Akibat beban merata tambahan ( $Pa_1$ )

$$\begin{aligned} h_s &= \frac{q}{\gamma} = \frac{10}{16,19} \text{ kN/m}^2 \\ &= 0,618 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pa_1 &= \frac{K_a}{2} \times \gamma \times h_s \times H \\ &= \frac{0,438}{2} \times 16,19 \times 0,618 \times 2,00 \\ &= 8,762 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Akibat tanah dibelakang dinding ( $Pa_2$ )

$$\begin{aligned} Pa_2 &= \frac{1/2 \times K_a}{2} \times \gamma \times H \times x \\ &= \frac{1/2 \times 0,438}{2} \times 16,19 \times 2,00 \times x \\ &= 14,185 \text{ kN} \end{aligned}$$

## 5. Tekanan Tanah Pasif

$$\begin{aligned} P_p &= \frac{1/2 \times K_p}{2} \times \gamma \times (h_2 + h_3) \times x \\ &= \frac{1/2 \times 2,283}{2} \times 16,19 \times 0,80 \times x \\ &= 11,826 \text{ kN} \end{aligned}$$

## 6. Cek Terhadap Guling

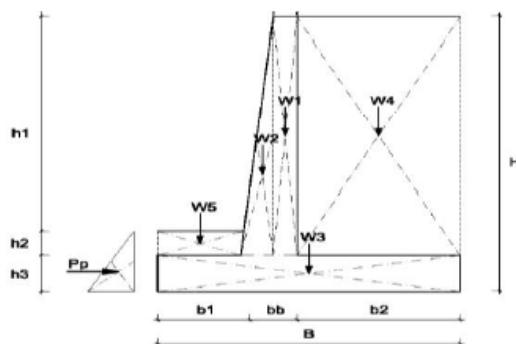
- Momen pengguling ( $Mo$ )

$$\begin{aligned} \text{Momen pengguling (Mo)} &= (Pa_1 \times \frac{H}{2}) + (Pa_2 \times \frac{H}{3}) \\ &- (P_p \times \frac{(h_3+h_2)}{3}) \\ &= (8,762 \times \frac{2,00}{2}) + (14,185 \times \frac{2,00}{3}) \\ &- (11,826 \times \frac{0,80}{3}) \\ &= 15,065256 \text{ kNm} \end{aligned}$$

- Momen penahanan ( $M_b$ )

Komponen	Berat (kN)	Lengan (m)	Momen (kNm)
W 1	12,24	0,55	6,73
W 2	-	0,40	0,00
W 3	10,44	0,73	7,57
W 4	20,64	1,08	22,19
W 5	3,24	0,20	0,65
P <sub>p</sub>	11,83	0,27	3,15
Jumlah	R = 58,39		M <sub>b</sub> = 40,29

berat beton = 24 kN/m<sup>3</sup>



- Cek terhadap guling ,  $F_s \text{ min} = 1,5$

$$F_s = \frac{M_b}{M_0} = \frac{40,29}{15,065256}$$

$$= \frac{2,675}{1,5} > 1,5 \quad \dots \quad (\text{Aman})$$

7. Cek Terhadap Geser  
- Gaya geser ( $V_o$ )

$$V_o = P_a 1 + P_a 2$$

$$= 8,762 + 14,185$$

$$= 22,947 \text{ kN}$$

- Gaya penahanan ( $V_b$ )

$$V_b = (\mu x R) + P_p$$

$$= (0,6 x 58,39) + 11,826$$

$$= 46,857 \text{ kN}$$

- Cek terhadap geser ,  $F_s \text{ min} = 1,5$

$$F_s = \frac{V_b}{V_o} = \frac{46,86}{22,947}$$

$$= \frac{2,042}{1,5} > 1,5 \quad \dots \quad (\text{Aman})$$

8. Cek Terhadap Daya Dukung Tanah  
- Eksentrisitas ( $e$ )

$$e = \frac{B}{2} - \left( \frac{M_b - M_o}{R} \right)$$

$$= \frac{1,45}{2} - \left( \frac{40,29 - 15,0653}{58,39} \right)$$

$$e = 0,241 \text{ m} < \frac{B}{6} = \frac{1,45}{6} = 0,242 \text{ m} \dots \quad (\text{Aman})$$

- Kapasitas tanah ijin tanah ( $Q_a$ ) di titik sondir S.3, pada kedalaman -5,00 m

$$Q_{all} = 950,000 \text{ kN/m}^2$$

- Tegangan tanah di bawah dinding ( $q_{toe}$  dan  $q_{heel}$ )

$$q_{toe} = \left( \frac{R}{B} \right) \times \left( 1 + \left( \frac{6x}{B} \frac{e}{B} \right) \right)$$

$$= \left( \frac{37,74}{1,45} \right) \times \left( 1 + \left( \frac{6x}{1,45} \frac{0,241}{1,45} \right) \right)$$

$$= 51,980 \text{ kN/m}^2 < Q_a = \dots \text{ kN/m}^2 \dots \quad (\text{Aman})$$

$$q_{heel} = \left( \frac{R}{B} \right) \times \left( 1 - \left( \frac{6x}{B} \frac{e}{B} \right) \right)$$

$$= \left( \frac{37,74}{1,45} \right) \times \left( 1 - \left( \frac{6x}{1,45} \frac{0,241}{1,45} \right) \right)$$

$$= 0,080 \text{ kN/m}^2 > 0 \dots \quad (\text{Aman})$$

9. Desain Tulangan Lentur

a . Desain Tulangan lentur untuk 1/2 H bagian bawah

$$\begin{aligned} D &= 16 \text{ mm} \\ f_y &= 400 \text{ MPa} \\ f_{c'} &= 21,7 \text{ MPa} \\ \text{tebal dinding (Bb)} &= 300 \text{ mm} \\ \text{selimut beton (Ts)} &= 75 \text{ mm} \\ \text{tebal efektif (d)} &= 300 - 75 - (0,5 \times 16) \\ &= 217 \text{ mm} \\ &= 0,217 \text{ m} \\ \text{lebar ditinjau (b)} &= 1000 \text{ mm} \\ &= 1 \text{ m} \end{aligned}$$

Momen ultimit ( $M_u$ )

$$\begin{aligned} P_1 &= 1,6 \times K_a \times 16,19 \times 0,618 \times (1,20 + 0,50) \\ &= 1,6 \times 0,438 \times 16,19 \times 0,618 \times (1,20 + 0,50) \\ &= 11,916 \text{ kN} \\ P_2 &= 1/2 \times 1,6 \times K_a \times 16,19 \times h_1 \times (h_1 + h_2) \times (h_1 + h_2) \\ &= 1/2 \times 1,6 \times 0,438 \times 16,19 \times 1,20 \times (1,20 + 0,50) \times (1,20 + 0,50) \\ &= 16,398 \text{ kN} \\ M_u &= (P_1 \times \frac{h_1 + h_2}{2}) + (P_2 \times \frac{h_1 + h_2}{3}) \\ &= (11,916 \times \frac{1,20 + 0,50}{2}) + (16,398 \times \frac{1,20 + 0,50}{3}) \\ &= 19,421 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Tulangan yang diperlukan ( $A_s$ )

$$R_n = \frac{M_u}{\Phi \times b \times d^2}$$

$$= \frac{19,421}{0,9 \times 1 \times 0,217^2}$$

$$\begin{aligned}
 p &= \frac{458,260 \text{ kN/m}^2}{0,458 \text{ N/mm}^2} \\
 &= \left( \frac{0,85}{\frac{f_y}{400}} \times \frac{f'_c}{21,7} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{R_n}{f'_c}} \right) \\
 &= \left( \frac{0,85}{\frac{0,00116}{400}} \times \frac{21,7}{21,7} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{0,458}{21,7}} \right) \\
 &= (0,046113) \times \left( 1 - \sqrt{1 - 0,0496893} \right) \\
 &= 0,0461125 \times 0,0251612 \\
 &= 0,00116
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As\text{-perlu} &= \frac{p}{f_y} \times b \times d \\
 &= \frac{0,00116}{0,400} \times 1000 \times 217 \\
 &= 251,774 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As\text{-min} &= \frac{0,0015}{0,400} \times b \times bb \\
 &= \frac{0,0015}{0,400} \times 1000 \times 300 \\
 &= 450,000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Digunakan D} &= 13 \quad - \quad 250 \quad (As = 531 \text{ mm}^2) \\
 \text{2 sisi D} &= 13 \quad - \quad 250 \quad (As = 1062 \text{ mm}^2) \\
 &\quad 450,000 \text{ mm}^2 < (As = 1062,0 \text{ mm}^2) > 251,774 \text{ mm}^2 \dots \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

b. Desain Tulangan lentur untuk 1/2 H bagian atas

$$\begin{aligned}
 D &= 16 \text{ mm} \\
 f_y &= 400 \text{ MPa} \\
 f'_c &= 21,7 \text{ MPa} \\
 \text{tebal dinding (Bd)} &= \frac{ba}{2} + \frac{bb}{2} \\
 &= \frac{300}{2} + \frac{300}{2} \\
 &= 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{selimut beton (Ts)} &= 75 \text{ mm} \\
 \text{tebal efektif (d)} &= 300 - 75 - (0,5 \times 16) \\
 &= 217 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{lebar ditinjau (b)} &= 1000 \text{ mm} \\
 &= 1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen ultimit (Mu)} \\
 P_1 &= 1,6 \times K_a \times y \times h_s \times \left( \frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2} \right) \\
 &= 1,6 \times 0,438 \times 16,19 \times 0,618 \times \left( \frac{1,20}{2} + \frac{0,50}{2} \right) \\
 &= 5,958 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_2 &= \frac{1}{2} \times 1,6 \times K_a \times y \times \left( \frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2} \right) \times \left( \frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2} \right) \\
 &= \frac{1}{2} \times 1,6 \times 0,438 \times 16,19 \times \left( \frac{1,20}{2} + \frac{0,50}{2} \right) \times \left( \frac{1,20}{2} + \frac{0,50}{2} \right) \\
 &= 4,100 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mu &= (P_1 \times \frac{h_1 + h_2}{4}) + (P_2 \times \frac{h_1 + h_2}{6}) \\
 &= (5,958 \times \frac{1,20 + 0,50}{4}) + (4,100 \times \frac{1,20 + 0,50}{6}) \\
 &= 3,694 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Tulangan yang diperlukan (As)

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{\mu}{\phi \times b \times d^2} \\
 &= \frac{3,694}{0,9 \times 1 \times 0,217^2} \\
 &= 87,157 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 0,087 \text{ N/mm}^2 \\
 p &= \left( \frac{0,85}{\frac{f_y}{400}} \times \frac{f'_c}{21,7} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{R_n}{f'_c}} \right) \\
 &= \left( \frac{0,85}{\frac{0,00116}{400}} \times \frac{21,7}{21,7} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{0,087}{21,7}} \right) \\
 &= (0,046113) \times \left( 1 - \sqrt{1 - 0,0094505} \right) \\
 &= 0,0461125 \times 0,0047365 \\
 &= 0,00022
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As\text{-perlu} &= p \times b \times d \\
 &= 0,00022 \times 1000 \times 217 \\
 &= 47,395 \text{ mm}^2 \\
 As\text{-min} &= 0,0015 \times b \times bb \\
 &= 0,0015 \times 1000 \times 300 \\
 &= 450,000 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan D} & 13 - 250 \quad (As = 531 \text{ mm}^2) \\
 2 \text{ sisi D} & 13 - 250 \quad (As = 1062 \text{ mm}^2) \\
 & 450,000 \text{ mm}^2 < (As = 1062,0 \text{ mm}^2) > 47,395 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

## c. Desain Tulangan Susut Dan Suhu Dinding (tulangan Horizontal)

bagian atas

Tulangan horizontal pada dasar dinding sesuai SNI 2847-2013 Pasal 14.3.3 adalah

$$\begin{aligned}
 As\text{-min} &= 0,0020 \times b \times bb \\
 &= 0,0020 \times 1000 \times 300 \\
 &= 600,00 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Sesuai SNI 2847-2013 Pasal 14.3.4 adalah, maka luas tulangan dibagi merata menjadi dua sisi

$$\begin{aligned}
 As &= 0,5 \times As\text{-min} \\
 &= 0,5 \times 600 \\
 &= 300,00 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan D} & 13 - 300 \quad (As = 442 \text{ mm}^2) > 300,00 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

bagian bawah

Tulangan horizontal pada dasar dinding sesuai SNI 2847-2013 Pasal 14.3.3 adalah

$$\begin{aligned}
 As\text{-min} &= 0,0020 \times b \times bb \\
 &= 0,0020 \times 1000 \times 300 \\
 &= 600,00 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Sesuai SNI 2847-2013 Pasal 14.3.4 adalah, maka luas tulangan dibagi merata menjadi dua sisi

$$\begin{aligned}
 As &= 0,5 \times As\text{-min} \\
 &= 0,5 \times 600 \\
 &= 300,00 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan D} & 13 - 300 \quad (As = 442 \text{ mm}^2) > 300,00 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

## d. Desain Terhadap Geser

Penampang kritis untuk tinjauan geser adalah sejar

$$\begin{aligned}
 &\text{yatu sejarak dg } = ( h1 + h2 ) - d = 217 \text{ mm dari dasar dinding,} \\
 &= ( 1,20 + 0,50 ) - 0,217 = 1,48 \text{ m} \\
 \text{sehingga P1} &= 1,6 \times Ka \times y \times hs \times dg \\
 &= 1,6 \times 0,438 \times 16,19 \times 0,618 \times 1,48 \\
 &= 10,395 \text{ kN} \\
 P2 &= 1/2 \times 1,6 \times Ka \times y \times dg \times dg \\
 &= 1/2 \times 1,6 \times 0,438 \times 16,19 \times 1,48 \times 1,48 \\
 &= 12,479 \text{ kN} \\
 Vu &= P1 + P2 \\
 &= 10,395 + 12,479 \\
 &= 22,874 \text{ kN} \\
 \varphi Vc &= \varphi \times ( 0,17 \times 1 \times \sqrt{fc'} \times 1000 \times 217 ) \\
 &= 0,75 \times ( 0,17 \times 1 \times \sqrt{21,7} \times 1000 \times 217 ) \\
 &= 128884,23 \text{ N} \\
 &= 128,884 \text{ kN} > Vu = 22,874 \text{ kN} \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

## e. Desain Tulangan Bagian Hell

$$\begin{aligned}
 Vu &= 1,2 \cdot ((b_2 \cdot (h_1 + h_2) \cdot y) + (b_2 \cdot h_3 \cdot 24)) + 1,6 \cdot (b_2 \cdot hs \cdot q) \\
 &= (1,2 \times 26,04225) + (1,6 \times 4,632489) \\
 &= 38,662683 \text{ kN} \\
 \varphi Vc &= \varphi \times ( 0,17 \times 1 \times \sqrt{fc'} \times 1000 \times 217 ) \\
 &= 0,75 \times ( 0,17 \times 1 \times \sqrt{21,7} \times 1000 \times 217 ) \\
 &= 128884,23 \text{ N} \\
 &= 128,884 \text{ kN} > Vu = 38,663 \text{ kN} \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

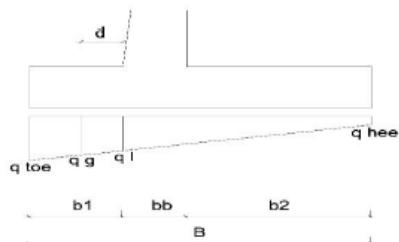
$$\begin{aligned}
 Mu &= Vu \times \left( \frac{b_2}{2} \right) \\
 &= 38,662683 \times \left( \frac{0,75}{2} \right) \\
 &= 14,499 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{kebutuhan tulangan,} \\
 Rn &= \frac{Mu}{\varphi \times b \times d} \\
 &= \frac{14,499}{0,9 \times 1 \times 0,217} = 14,50
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 p &= \left( \frac{0,85 \times fc'}{fy} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{Rn}{fc'}} \right) \\
 &= \left( \frac{0,85 \times 21,7}{400} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{0,342}{21,7}} \right)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= (0,046113) \times (1 - \sqrt{1 - 0,0370948}) \\
 &= 0,0461125 \times 0,0187227 \\
 &= 0,00086 \\
 \text{As-perlu} &= p \times b \times d \\
 &= 0,00086 \times 1000 \times 217 \\
 &= 187,347 \text{ mm}^2 \\
 \text{As-min} &= 1,4 / f_y \times (b \times x \times d) \\
 &= 1,4 / 400 \times (1000 \times x \times 217) \\
 &= 759,50 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan D} & 13 - 250 (\text{As} = 531 \text{ mm}^2) \\
 \text{2 sisi D} & 13 - 250 (\text{As} = 1062 \text{ mm}^2) \\
 759,500 \text{ mm}^2 < & (\text{As} = 1062,0 \text{ mm}^2) > 187,35 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

## e. Desain Tulangan Bagian Toe



$$\begin{aligned}
 d &= 217 \text{ mm} = 0,217 \text{ m} \\
 q_{\text{toe}} &= 51,980 \text{ kN/m}^2 \\
 q_{\text{heel}} &= 0,080 \text{ kN/m}^2 \\
 q_l &= 37,662995 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{tajaunan geser}) \\
 q_g &= 45,430112 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{tajaunan lentur}) \\
 V_u &= 1,6 \cdot ((b_1 - d) \cdot (q_{\text{toe}} + q_l/2)) - 1,2 \cdot (h_3 \cdot (b_1 - d) \cdot 24) \\
 &= (1,6 \times 8,913) + (1,2 \times 1,3176) \\
 &= 15,841999 \text{ kN} \\
 \varphi V_c &= \varphi \times 0,17 \times 1 \times \sqrt{f'_c} \times 1000 \times 217 \\
 &= 128884,23 \text{ N} \\
 &= 128,884 \text{ kN} > V_u = 15,842 \text{ kN} \dots (\text{OK}) \\
 M_u &= 1,6 \cdot (((q_{\text{toe}} - q_{\text{heel}}) \cdot b_1 \cdot (b_1/2)) + (1/2 \cdot b_1 \cdot (q_{\text{toe}} - (q_{\text{toe}} - q_{\text{heel}})) \cdot 2/3 \cdot b_1)) - 1,2 \cdot (b_1 \cdot h_3 \cdot (b_1/2) \cdot 24) \\
 &= 1,6 \times \{ 3,01 + 0,77 \} - 1,2 \times 0,58 \\
 &= 5,3479828 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

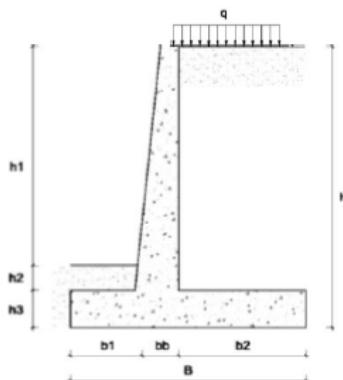
kebutuhan tulangan,

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\varphi \times b \times d} \\
 &= \frac{126,1909 \text{ kN/m}^2}{0,9 \times 1 \times 0,217} \\
 &= 0,126 \text{ N/mm}^2 \\
 p &= \left( \frac{0,85 \times f'_c}{f_y} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{R_n}{f'_c}} \right) \\
 &= \left( \frac{0,85 \times 21,7}{400} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{0,126}{21,7}} \right) \\
 &= (0,046113) \times (1 - \sqrt{1 - 0,0136829}) \\
 &= 0,0461125 \times 0,006865 \\
 &= 0,00032 \\
 \text{As-perlu} &= p \times b \times d \\
 &= 0,00032 \times 1000 \times 217 \\
 &= 68,694 \text{ mm}^2 \\
 \text{As-min} &= 1,4 / f_y \times (b \times x \times d) \\
 &= 1,4 / 400 \times (1000 \times x \times 217) \\
 &= 759,50 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan D} & 13 - 250 (\text{As} = 531 \text{ mm}^2) \\
 \text{2 sisi D} & 13 - 250 (\text{As} = 1062 \text{ mm}^2) \\
 759,500 \text{ mm}^2 < & (\text{As} = 1062,0 \text{ mm}^2) > 68,69 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

## f. Desain Tulangan Horizontal Telapak

Tulangan horizontal pada bagian telapak tidak perlu diperhitungkan, sebagai perkutuan praktis diberikan tulangan horizontal dengan besaran D 13-300 mm

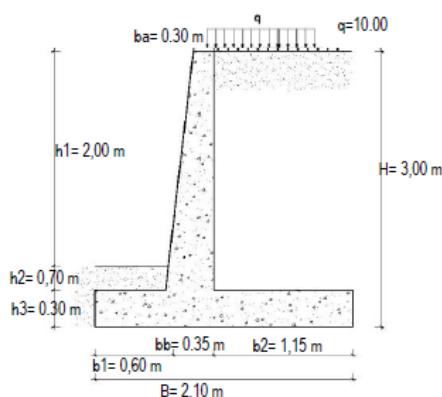
## 7. Analisa stabilitas dan penulangan Talud Kantilever type 2



### 1. DIMENSI DINDING PENAHAN TANAH

- Tinggi dari permukaan tanah ( $h_1$ ) = 2,00 m
- Tinggi tanah di depan dinding ( $h_2$ ) = 0,70 m
- Tebal telapak ( $h_3$ ) = 0,30 m
- Tinggi total ( $H$ ) = 3,00 m
- Lebar toe ( $b_1$ ) = 0,60 m
- Lebar heel ( $b_2$ ) = 1,15 m
- Tebal dinding atas ( $ba$ ) = 0,30 m
- Tebal dinding bawah ( $bb$ ) = 0,35 m
- Lebar total ( $B$ ) = 2,10 m
- Panjang Pondasi ( $L$ ) = 3,00 m
- $\alpha$  = sudut kemiringan tanah di atas DPT = 0 °

cek :  
 guling (Aman)  
 geser (Aman)  
 eksentrisitas (Aman)  
 q toe (Aman)  
 q toe (Aman)



### 2. Data Tanah

- berat volume tanah ( $\gamma$ ) = 16,19 kN/m<sup>3</sup>
- Sudut geser ( $\phi$ ) = 21,00 °
- cohesi ( $c$ ) = 19,00 kN/m<sup>2</sup>
- Beban merata tambahan di atas tanah /lalu lintas ( $q$ ) = 10,00 kN/m<sup>2</sup>

### 3. Koefisien Tekanan Tanah (Teori Rankine)

- Koefisien Tekanan Tanah aktif ( $K_a$ )
 
$$(K_a) = \frac{\gamma}{2} \tan^2(45 + \frac{\phi}{2})$$

$$(K_a) = \frac{\gamma}{2} \tan^2(45 + \frac{21}{2})$$

$$(K_a) = \frac{\gamma}{2} \tan^2(34,5)$$

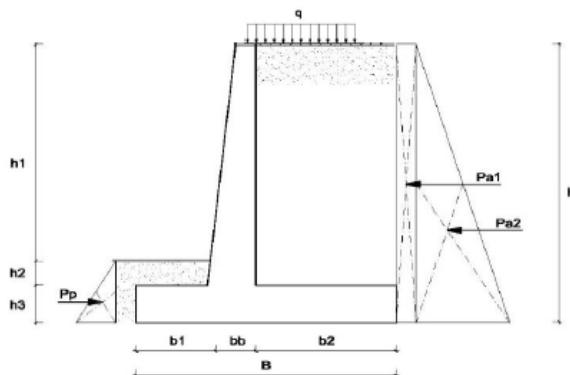
$$(K_a) = 0,472$$
- Koefisien Tekanan Tanah pasif ( $K_p$ )
 
$$(K_p) = \frac{\gamma}{2} \tan^2(45 - \frac{\phi}{2})$$

$$(K_p) = \frac{\gamma}{2} \tan^2(45 - \frac{21}{2})$$

$$(K_p) = \frac{\gamma}{2} \tan^2(55,5)$$

$$(K_p) = 2,117$$

## 4. Tekanan Tanah Aktif



- Akibat beban merata tambahan (Pa1)

$$\begin{aligned} hs &= \frac{q}{\gamma} = \frac{10}{16,19} \text{ kN/m}^2 \\ &= 0,618 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pa1 &= K_a \times \gamma \times hs \times H \\ &= 0,472 \times 16,19 \times 0,618 \times 3 \\ &= 14,171 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Akibat tanah dibelakang dinding (Pa2)

$$\begin{aligned} Pa2 &= \frac{1/2 \times K_a \times \gamma \times H}{x} \\ &= \frac{1/2 \times 0,472 \times 16,19 \times 3,00}{x} \\ &= 34,413 \text{ kN} \end{aligned}$$

## 5. Tekanan Tanah Pasif

$$\begin{aligned} Pp &= \frac{1/2 \times K_p \times \gamma \times (h_2 + h_3)}{x} \\ &= \frac{1/2 \times 2,117 \times 16,19 \times 1,00}{x} \\ &= 17,138 \text{ kN} \end{aligned}$$

## 6. Cek Terhadap Guling

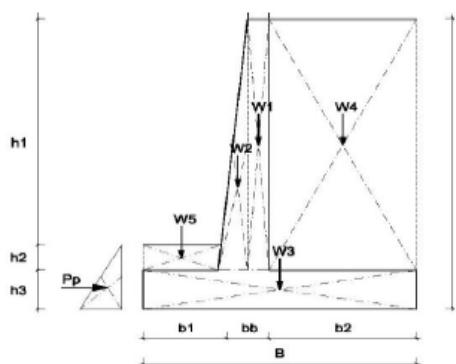
- Momen penggulung (Mo)

$$\begin{aligned} \text{Momen penggulung (Mo)} &= ( Pa1 \times \frac{H}{2} ) + ( Pa2 \times \frac{H}{3} ) \\ &\quad - ( Pp \times \frac{(h_3 + h_2)}{3} ) \\ &= ( 14,171 \times \frac{3,00}{2} ) + ( 34,413 \times \frac{3,00}{3} ) \\ &\quad - ( 17,138 \times \frac{1,00}{3} ) \\ &= 49,957 \text{ kNm} \end{aligned}$$

- Momen penahanan (Mb)

Komponen	Berat (kN)	Lengan (m)	Momen (kNm)
W1	19,44	0,80	15,55
W2	1,62	0,63	1,03
W3	15,12	1,05	15,88
W4	50,27	1,53	76,66
W5	6,80	0,30	2,04
Jumlah	R = 93,25		Mb = 111,16

$$\text{berat beton} = 24 \text{ kN/m}^3$$



- Cek terhadap guling ,  $F_s \text{ min} = 2$

$$F_s = \frac{Mb}{Mo} = \frac{111,16}{49,956902}$$

$$= 2,225 > 2 \dots \text{(Aman)}$$

## 7. Cek Terhadap Geser

- Gaya geser ( $V_o$ )

$$V_o = Pa_1 + Pa_2$$

$$= 14,171 + 34,413$$

$$= 48,584 \text{ kN}$$

- Gaya penahanan ( $V_b$ )

$$V_b = (\mu x R) + P_p$$

$$= (0,6 x 93,25) + 17,138$$

$$= 73,087 \text{ kN}$$

- Cek terhadap geser ,  $F_s \text{ min} = 1,5$ 

$$F_s = \frac{V_b}{V_o} = \frac{73,09}{48,584}$$

$$= 1,504 > 1,5 \dots \text{(Aman)}$$

## 8. Cek Terhadap Daya Dukung Tanah

- Eksentrisitas ( $e$ )

$$e = \frac{B}{2} - \left( \frac{Mb}{R} - \frac{Mo}{R} \right)$$

$$= \frac{2,10}{2} - \left( \frac{111,16}{93,25} - \frac{49,956902}{93,25} \right)$$

$$e = 0,244 \text{ m} < \frac{B}{6} = \frac{2,10}{6} = 0,350 \text{ m} \dots \text{(Aman)}$$

- Kapasitas tanah ijin tanah ( $Q_a$ ) di titik sondir S.2, pada kedalaman - 5,00 m

$$Q_{all} = 126,000 \text{ kN/m}^2$$

- Tegangan tanah di bawah dinding (qtoe dan qheel)

$$q_{toe} = \left( \frac{R}{B} \right) \times \left( 1 + \left( \frac{6x e}{B} \right) \right)$$

$$= \left( \frac{93,25}{2,10} \right) \times \left( 1 + \left( \frac{6x 0,244}{2,10} \right) \right)$$

$$= 75,324 \text{ kN/m}^2 < Q_a = 126,000 \text{ kN/m}^2 \dots \text{(Aman)}$$

$$= 142,834 \text{ kN} \quad 0,5317348$$

$$q_{heel} = \left( \frac{R}{B} \right) \times \left( 1 - \left( \frac{6x e}{B} \right) \right)$$

$$= \left( \frac{93,25}{2,10} \right) \times \left( 1 - \left( \frac{6x 0,244}{2,10} \right) \right)$$

$$= 13,485 \text{ kN/m}^2 > 0 \dots \text{(Aman)}$$

## 9. Desain Tulangan Lentur

a . Desain Tulangan lentur untuk 1/2 H bagian bawah

D	=	13 mm
$f_y$	=	400 MPa
$f_{c'}$	=	21,7 MPa
tebal dinding ( $B_b$ )	=	350 mm
selimut beton ( $T_s$ )	=	75 mm
tebal efektif ( $d$ )	=	$350 - (0,5 \times 75) = 268,5 \text{ mm}$
lebar ditinjau ( $b$ )	=	$0,2685 \text{ m}$
Momen ultimit ( $M_u$ )	=	1000 mm
	=	1 m

$P_1$	=	$1,6 \times K_a \times 16,19 \times 0,618 \times (2,00 + 0,70) = 20,406 \text{ kN}$
$P_2$	=	$\frac{1}{2} \times 1,6 \times K_a \times 16,19 \times (2,00 + 0,70) \times (2,00 + 0,70) = 44,600 \text{ kN}$
$M_u$	=	$(P_1 \times \frac{h_1 + h_2}{2}) + (P_2 \times \frac{h_1 + h_2}{3}) = (20,406 \times \frac{2,00 + 0,70}{2}) + (44,600 \times \frac{2,00 + 0,70}{3}) = 67,688 \text{ kNm}$

## Tulangan yang diperlukan (As)

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{\mu}{\phi \times b \times d^2} \\
 &= \frac{67,688}{0,9 \times 1 \times 0,2685^2} \\
 &= 1043,225 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 1,043 \text{ N/mm}^2 \\
 p &= \left( \frac{0,85}{f_y} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{R_n}{f_c'}} \right) \\
 &= \left( \frac{0,85}{400} \times 21,7 \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{1,043}{21,7}} \right) \\
 &= (0,046113) \times (1 - \sqrt{1 - 0,113117}) \\
 &= 0,046113 \times 0,0582555 \\
 &= 0,00269
 \end{aligned}$$
  

$$\begin{aligned}
 As\text{-perlu} &= \frac{p}{f_y} \times b \times d \\
 &= 0,00269 \times 1000 \times 268,5 \\
 &= 721,274 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$
  

$$\begin{aligned}
 As\text{-min} &= 0,0015 \times b \times bb \\
 &= 0,0015 \times 1000 \times 350 \\
 &= 525,000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$
  

$$\begin{aligned}
 \text{Digunakan D} & 13 \quad - \quad 200 \quad (As = 664 \text{ mm}^2) \\
 \text{2 sisi D} & 13 \quad - \quad 200 \quad (As = 1328 \text{ mm}^2) \\
 & 525,000 \text{ mm}^2 < (As = 1328,00 \text{ mm}^2) > 721,274 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

## b. Desain Tulangan lentur untuk 1/2 H bagian atas

$$\begin{aligned}
 D &= 13 \text{ mm} \\
 f_y &= 400 \text{ MPa} \\
 f_c' &= 21,7 \text{ MPa} \\
 \text{tebal dinding (Bd)} &= \frac{ba}{2} + \frac{bb}{2} \\
 &= \frac{300}{2} + \frac{350}{2} \\
 &= 325 \text{ mm} \\
 \text{selimut beton (Ts)} &= 75 \text{ mm} \\
 \text{tebal efektif (d)} &= 325 - 75 - (0,5 \times 13) \\
 &= 243,5 \text{ mm} \\
 \text{lebar ditinjau (b)} &= 1000 \text{ mm} \\
 &= 1 \text{ m} \\
 \text{Momen ultimit (Mu)} & \\
 P_1 &= 1,6 \times K_a \times \gamma \times h_s \times \left( \frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2} \right) \\
 &= 1,6 \times 0,472 \times 16,19 \times 0,618 \times \left( \frac{2,00}{2} + \frac{0,70}{2} \right) \\
 &= 10,203 \text{ kN} \\
 P_2 &= 1/2 \times 1,6 \times K_a \times \gamma \times \left( h_1 + h_2 \right) \times \left( \frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2} \right) \\
 &= 1/2 \times 1,6 \times 0,472 \times 16,19 \times \left( \frac{2,00}{2} + \frac{0,70}{2} \right) \times \left( \frac{2,00}{2} + \frac{0,70}{2} \right) \\
 &= 11,150 \text{ kN} \\
 Mu &= (P_1 \times \left( \frac{h_1}{4} + \frac{h_2}{4} \right)) + (P_2 \times \left( \frac{h_1}{6} + \frac{h_2}{6} \right)) \\
 &= (10,203 \times \left( \frac{2,00}{4} + \frac{0,70}{4} \right)) + (11,150 \times \left( \frac{2,00}{6} + \frac{0,70}{6} \right)) \\
 &= 11,904 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

## Tulangan yang diperlukan (As)

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{\mu}{\phi \times b \times d^2} \\
 &= \frac{11,904}{0,9 \times 1 \times 0,2435^2} \\
 &= 223,084 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 0,223 \text{ N/mm}^2 \\
 p &= \left( \frac{0,85}{f_y} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{R_n}{f_c'}} \right) \\
 &= \left( \frac{0,85}{400} \times 21,7 \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{0,223}{21,7}} \right) \\
 &= (0,046113) \times (1 - \sqrt{1 - 0,024189})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,046113 \times 0,0121686 \\
 &= 0,00056 \\
 \text{As-perlu} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,00056 \times 1000 \times 243,5 \\
 &= 136,633 \text{ mm}^2 \\
 \text{As-min} &= 0,0015 \times b \times bb \\
 &= 0,0015 \times 1000 \times 325 \\
 &= 487,500 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan D} &13 - 300 (\text{As} = 442 \text{ mm}^2) \\
 2 \text{ sisi D} &13 - 300 (\text{As} = 884 \text{ mm}^2) \\
 &487,500 \text{ mm}^2 < (\text{As} = 884,000 \text{ mm}^2) > 136,633 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

c. Desain Tulangan Susut Dan Suhu Dinding ( tulangan Horizontal )

bagian atas

Tulangan horizontal pada dasar dinding sesuai SNI 2847-2013 Pasal 14.3.3 adalah

$$\begin{aligned}
 \text{As-min} &= 0,0020 \times b \times bb \\
 &= 0,0020 \times 1000 \times 350 \\
 &= 700,00 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Sesuai SNI 2847-2013 Pasal 14.3.4 adalah, maka luas tulangan dibagi merata menjadi dua sisi

$$\begin{aligned}
 \text{As} &= 0,5 \times \text{As-min} \\
 &= 0,5 \times 700 \\
 &= 350,00 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan D} &13 - 300 (\text{As} = 442 \text{ mm}^2) > 350,00 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

bagian bawah

Tulangan horizontal pada dasar dinding sesuai SNI 2847-2013 Pasal 14.3.3 adalah

$$\begin{aligned}
 \text{As-min} &= 0,0020 \times b \times bb \\
 &= 0,0020 \times 1000 \times 300 \\
 &= 600,00 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Sesuai SNI 2847-2013 Pasal 14.3.4 adalah, maka luas tulangan dibagi merata menjadi dua sisi

$$\begin{aligned}
 \text{As} &= 0,5 \times \text{As-min} \\
 &= 0,5 \times 600 \\
 &= 300,00 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan D} &13 - 300 (\text{As} = 442 \text{ mm}^2) > 300,00 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

d. Desain Terhadap Geser

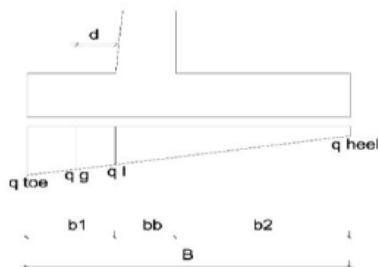
Penampang kritis untuk tinjauan geser adalah sejar 268,5 mm dari dasar dinding,  
yaitu sejauh dg = ( h1 + h2 ) - d  
= ( 2,00 + 0,70 ) - 0,2685 m  
= 2,43 m  
sehingga P1 = 1,6 x Ka x y x hs x dg  
= 1,6 x 0,472 x 16,19 x 0,618 x 2,43  
= 18,377 kN  
P2 = 1/2 x 1,6 x Ka x y x dg x dg  
= 1/2 x 1,6 x 0,472 x 16,19 x 2,43 x 2,43  
= 36,170 kN  
Vu = P1 + P2  
= 18,377 + 36,170  
= 54,547 kN  
φ Vc = φ x ( 0,17 x 1 x √ fc' x 1000 x 268,5 )  
= 0,75 x ( 0,17 x 1 x √ 21,7 x 1000 x 268,5 )  
= 159472 N  
= 159,472 kN > Vu = 54,547 kN ... (OK)

e. Desain Tulangan Bagian Hell

$$\begin{aligned}
 \text{Vu} &= 1,2 . ((b2.(h1+h2).y)+(b2.h2.3,24)) + 1,6 (b2.hs.q) \\
 &= (1,2 \times 58,54995) + (1,6 \times 7,1031501) \\
 &= 81,62498 \text{ kN} \\
 \phi Vc &= \phi x ( 0,17 x 1 x \sqrt{fc'} x 1000 x 268,5 ) \\
 &= 159472 \text{ N} \\
 &= 159,472 \text{ kN} \\
 \text{Mu} &= \text{Vu} \times \left( \frac{b2}{2} \right) \\
 &= 81,62498 \times \left( \frac{1,15}{2} \right) \\
 &= 46,934 \text{ kNm} \\
 \text{kebutuhan tulangan,} \\
 \text{Rn} &= \frac{\text{Mu}}{\phi x b \times d} \\
 &= \frac{46,93}{0,9 \times 1 \times 0,2685} \\
 &= 723,3689 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 0,723 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho &= \left( \frac{0,85}{f_y} \times \frac{f'_c}{f_c} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{R_n}{f'_c}} \right)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \left( \frac{0,85}{400} \times \frac{21,7}{x} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{x}{21,7} \times \frac{0,723}{d}} \right) \\
 &= \left( 0,046113 \times 0,0400183 \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - 0,078435} \right) \\
 &= 0,00185 \\
 \text{As-perlu} &= p \times b \times d \\
 &= 0,00185 \times 1000 \times 268,5 \\
 &= 495,475 \text{ mm}^2 \\
 \text{As-min} &= 1,4 / f_y \times (b \times x \times d) \\
 &= 1,4 / 400 \times (1000 \times x \times 268,5) \\
 &= 939,75 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan D} & 13 - 200 (\text{As} = 664 \text{ mm}^2) \\
 \text{2 sisi D} & 13 - 200 (\text{As} = 1328 \text{ mm}^2) \\
 & 939,750 \text{ mm}^2 < (\text{As} = 1328,00 \text{ mm}^2) > 495,48 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

## e. Desain Tulangan Bagian Toe



$$\begin{aligned}
 d &= 268,5 \text{ mm} = 0,2685 \text{ m} \\
 q_{\text{toe}} &= 75,324 \text{ kN/m}^2 \\
 q_{\text{heel}} &= 13,485 \text{ kN/m}^2 \\
 q_l &= 57,65599 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{tajaunan geser}) \\
 q_g &= 65,56263 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{tajaunan lenter}) \\
 V_u &= 1,6 \cdot ((b_1-d) \cdot (q_{\text{toe}}+q_g/2)) - 1,2 \cdot (h_3 \cdot (b_1-d) \cdot 24) \\
 &= (1,6 \times 23,352) + (1,2 \times 2,3868) \\
 &= 40,22742 \text{ kN} \\
 \varphi V_c &= \varphi \times 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times 1000 \times 268,5 \\
 &= 159,472 \text{ N} \\
 &= 159,472 \text{ kN} > V_u = 40,227 \text{ kN} \dots (\text{OK}) \\
 M_u &= 1,6 \cdot ((\alpha_l - q_{\text{heel}}) \cdot b_1 \cdot (b_1/2)) + (1/2 \cdot b_1 \cdot (q_{\text{toe}} - (q_l - q_{\text{heel}})) \cdot 2/3 b_1) - 1,2 \cdot (b_1 \cdot h_3 \cdot (b_1/2) \cdot 24) \\
 &= 1,6 \times \{ 7,95 + 3,74 \} - 1,2 \times 1,30 \\
 &= 17,148 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

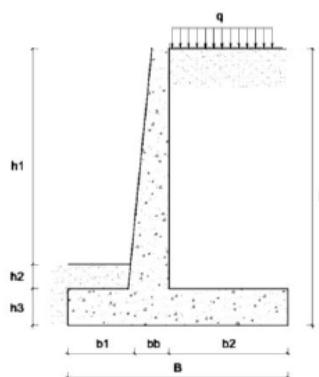
kebutuhan tulangan,

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\varphi \times \frac{b}{17,15} \times d \times z} \\
 &= \frac{264,2837}{0,264 \text{ N/mm}^2} \\
 p &= \left( \frac{0,85}{f_y} \times \frac{f'_c}{400} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{x}{21,7} \times \frac{R_n}{f'_c}} \right) \\
 &= \left( \frac{0,85}{400} \times \frac{21,7}{x} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{x}{21,7} \times \frac{0,264}{21,7}} \right) \\
 &= (0,046113) \times (1 - \sqrt{1 - 0,028656}) \\
 &= 0,046113 \times 0,0144324 \\
 &= 0,00067 \\
 \text{As-perlu} &= p \times b \times d \\
 &= 0,00067 \times 1000 \times 268,5 \\
 &= 178,690 \text{ mm}^2 \\
 \text{As-min} &= 1,4 / f_y \times (b \times x \times d) \\
 &= 1,4 / 400 \times (1000 \times x \times 268,5) \\
 &= 939,75 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan D} & 13 - 200 (\text{As} = 664 \text{ mm}^2) \\
 \text{2 sisi D} & 13 - 200 (\text{As} = 1328 \text{ mm}^2) \\
 & 939,750 \text{ mm}^2 < (\text{As} = 1328,00 \text{ mm}^2) > 178,69 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

## f. Desain Tulangan Horizontal Telapak

Tulangan horizontal pada baian telapak tidak perlu diperhitungkan, sebagai perkutuan praktis diberikan tulangan horizontal dengan besaran D 13-250 mm

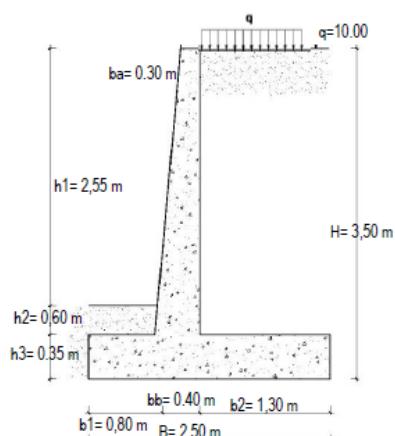
## 8. Analisa stabilitas dan penulangan Talud Kantilever type 3



### 1. DIMENSI DINDING PENAHAN TANAH

- Tinggi dari permukaan tanah ( h1 )	=	2,55 m
- Tinggi tanah di depan dinding ( h2 )	=	0,60 m
- Tebal telapak ( h3 )	=	0,35 m
- Tinggi total ( H )	=	3,50 m
- Lebar toe ( b1 )	=	0,80 m
- Lebar heel ( b2 )	=	1,30 m
- Tebal dinding atas ( ba )	=	0,30 m
- Tebal dinding bawah ( bb )	=	0,40 m
- Lebar total ( B )	=	2,50 m
- Panjang Pondasi ( L )	=	3,00 m
- $\alpha$ = sudut kemiringan tanah di atas DPT	=	0 °

cek :  
 guling (Aman)  
 geser (Aman)  
 eksentrisita (Aman)  
 q toe (Aman)  
 q toe (Aman)



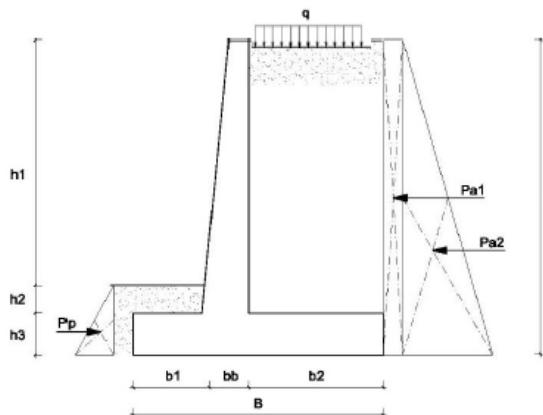
### 2. Data Tanah

- berat volume tanah( γ )	=	16,19 kN/m³
- Sudut geser ( φ )	=	23,00 °
- cohesi ( c )	=	20,00 kN/m²
- Beban merata tambahan di atas tanah /lalu lintas ( q )	=	10,00 kN/m²

### 3. Koefisien Tekanan Tanah ( Teori Rankine )

- Koefisien Tekanan Tanah aktif ( K <sub>a</sub> )	=	$\tan^2(45 - \frac{\phi}{2})$
	=	$\tan^2(45 - \frac{23}{2})$
	=	$\tan^2(33,5)$
( K <sub>a</sub> )	=	0,438
- Koefisien Tekanan Tanah pasif ( K <sub>p</sub> )	=	$\tan^2(45 + \frac{\phi}{2})$
	=	$\tan^2(45 + \frac{23}{2})$
	=	$\tan^2(56,5)$
( K <sub>p</sub> )	=	2,283

## 4. Tekanan Tanah Aktif



- Akibat beban merata tambahan (Pa1)

$$\begin{aligned} h_s &= \frac{q}{\gamma} = \frac{10}{16,192} \text{ kN/m}^2 \\ &= 0,618 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pa_1 &= \frac{K_a}{0,438} \times 16,192 \times 0,618 \times H \\ &= 15,333 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Akibat tanah dibelakang dinding (Pa2)

$$\begin{aligned} Pa_2 &= \frac{1/2 \times K_a}{1/2 \times 0,438} \times 16,192 \times H \\ &= 43,448 \text{ kN} \end{aligned}$$

## 5. Tekanan Tanah Pasif

$$\begin{aligned} P_p &= \frac{1/2 \times K_p}{1/2 \times 2,283} \times 16,19 \times (h_2 + h_3) \\ &= 16,678 \text{ kN} \end{aligned}$$

## 6. Cek Terhadap Guling

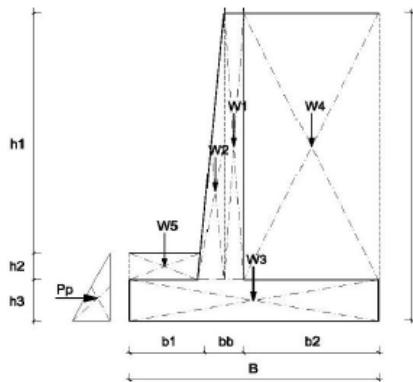
- Momen pengguling (Mo)

$$\begin{aligned} \text{Momen pengguling (Mo)} &= (Pa_1 \times \frac{H}{2}) + (Pa_2 \times \frac{H}{3}) \\ &- (P_p \times \frac{(h_3 + h_2)}{3}) \\ &= (15,333 \times \frac{3,50}{2}) + (43,448 \times \frac{3,50}{3}) \\ &- (16,678 \times \frac{0,95}{3}) \\ &= 72,24 \text{ kNm} \end{aligned}$$

- Momen penahanan (Mb)

Komponen	Berat (kN)	Lengan (m)	Momen (kNm)
W1	22,68	1,05	23,81
W2	3,78	0,87	3,28
W3	21,00	1,25	26,25
W4	66,31	1,85	122,67
W5	7,77	0,40	3,11
Jumlah	R = 121,54		Mb = 179,12

$$\text{berat beton} = 24 \text{ kNm}^3$$



- Cek terhadap guling ,  $F_s \text{ min} = 1,5$

$$F_s = \frac{M_b}{M_o} = \frac{179,12}{72,241341}$$

$$= \frac{2,479}{1,5} > 1,5 \quad \dots \quad (\text{Aman})$$

## 7. Cek Terhadap Geser

- Gaya geser ( $V_o$ )

$$V_o = P_a 1 + P_a 2$$

$$= 15,333 + 43,448$$

$$= 58,781 \text{ kN}$$

- Gaya penahan ( $V_b$ )

$$V_b = (\mu x R) + P_p$$

$$= (0,6 x 121,54) + 16,678$$

$$= 89,601 \text{ kN}$$

- Cek terhadap geser ,  $F_s \text{ min} = 1,5$ 

$$F_s = \frac{V_b}{V_o} = \frac{89,60}{58,781}$$

$$= \frac{1,524}{1,5} > 1,5 \quad \dots \quad (\text{Aman})$$

## 8. Cek Terhadap Daya Dukung Tanah

- Eksentrisitas ( $e$ )

$$e = \frac{B}{2} - \left( \frac{M_b - M_o}{R} \right)$$

$$= \frac{2,50}{2} - \left( \frac{179,12 - 72,2413}{121,54} \right)$$

$$e = 0,371 \text{ m} < \frac{B}{6} = \frac{2,50}{6} = 0,417 \text{ m} \dots \quad (\text{Aman})$$

- Kapasitas tanah ijin tanah ( $Q_a$ ) dititik sondir S.1, pada kedalaman - 4,00 m

$$Q_{all} = 112,000 \text{ kN/m}^2$$

- Tegangan tanah di bawah dinding (  $q_{toe}$  dan  $q_{heel}$  )

$$q_{toe} = \left( \frac{R}{B} \right) \times \left( 1 + \left( \frac{6x e}{B} \right) \right)$$

$$= \left( \frac{47,46}{2,50} \right) \times \left( 1 + \left( \frac{6x 0,371}{2,50} \right) \right)$$

$$= 35,872 \text{ kN/m}^2 < Q_a = 112,000 \text{ kN/m}^2 \dots \quad (\text{Aman})$$

$$q_{heel} = \left( \frac{R}{B} \right) \times \left( 1 - \left( \frac{6x e}{B} \right) \right)$$

$$= \left( \frac{121,54}{2,50} \right) \times \left( 1 - \left( \frac{6x 0,371}{2,50} \right) \right)$$

$$= 5,368 \text{ kN/m}^2 > 0 \dots \quad (\text{Aman})$$

## 9. Desain Tulangan Lentur

a . Desain Tulangan lentur untuk 1/2 H bagian bawah

$$\begin{aligned} D &= 13 \text{ mm} \\ f_y &= 400 \text{ MPa} \\ f'_c &= 21,7 \text{ MPa} \\ \text{tebal dinding (Bb)} &= 400 \text{ mm} \\ \text{selimut beton (Ts)} &= 75 \text{ mm} \\ \text{tebal efektif (d)} &= 400 - 75 - (0,5 \times 13) \\ &= 318,5 \text{ mm} \\ &= 0,3185 \text{ m} \\ \text{lebar ditinjau (b)} &= 1000 \text{ mm} \\ &= 1 \text{ m} \end{aligned}$$

Momen ultimit (Mu)

$$\begin{aligned} P_1 &= 1,6 \times K_a \times 16,19 \times 0,618 \times (2,55 + 0,60) \\ &= 1,6 \times 0,438 \times 16,19 \times 0,618 \times (2,55 + 0,60) \\ &= 22,080 \text{ kN} \\ \\ P_2 &= 1/2 \times 1,6 \times K_a \times 16,19 \times (2,55 + 0,60) \times (2,55 + 0,60) \\ &= 1/2 \times 1,6 \times 0,438 \times 16,19 \times (2,55 + 0,60) \times (2,55 + 0,60) \\ &= 56,309 \text{ kN} \\ \\ Mu &= (P_1 \times \frac{h_1 + h_2}{2}) + (P_2 \times \frac{h_1 + h_2}{3}) \\ &= (22,080 \times \frac{2,55 + 0,60}{2}) + (56,309 \times \frac{2,55 + 0,60}{3}) \\ &= 93,900 \text{ kNm} \end{aligned}$$

## Tulangan yang diperlukan (As)

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{\mu}{\varphi \times b \times x \times d^2} \\
 &= \frac{93,900}{0,9 \times 1 \times 0,3185^2} \\
 &= 1028,502 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 1,029 \text{ N/mm}^2 \\
 p &= \left( \frac{0,85}{f_y} \times \frac{f'_c}{21,7} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{R_n}{f'_c}} \right) \\
 &= \left( \frac{0,85}{400} \times \frac{21,7}{400} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{1,029}{21,7}} \right) \\
 &= (0,046113) \times (1 - \sqrt{1 - 0,1115209}) \\
 &= 0,0461125 \times 0,0574083 \\
 &= 0,00265
 \end{aligned}$$
  

$$\begin{aligned}
 As\text{-perlu} &= \frac{p}{f_y} \times b \times x \times d \\
 &= 0,00265 \times 1000 \times 318,5 \\
 &= 843,146 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$
  

$$\begin{aligned}
 As\text{-min} &= \frac{0,0015}{f_y} \times b \times x \times bb \\
 &= 0,0015 \times 1000 \times 400 \\
 &= 600,000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$
  

$$\begin{aligned}
 \text{Digunakan D} &13 \quad - \quad 150 \quad (As = 885 \text{ mm}^2) \\
 2 \text{ sisi D} &13 \quad - \quad 150 \quad (As = 1770 \text{ mm}^2) \\
 &600,000 \text{ mm}^2 < (As = 1770,0 \text{ mm}^2) > 843,146 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

## b . Desain Tulangan lentur untuk 1/2 H bagian atas

$$\begin{aligned}
 D &= 16 \text{ mm} \\
 f_y &= 400 \text{ MPa} \\
 f'_c &= 21,7 \text{ MPa} \\
 \text{tebal dinding (Bd)} &= \frac{ba}{2} + \frac{bb}{2} \\
 &= \frac{300}{2} + \frac{400}{2} \\
 &= 350 \text{ mm} \\
 \text{selimut beton (Ts)} &= 75 \text{ mm} \\
 \text{tebal efektif (d)} &= 350 - 75 - (0,5 \times 16) \\
 &= 267 \text{ mm} \\
 &= 0,267 \text{ m} \\
 \text{lebar ditinjau (b)} &= 1000 \text{ mm} \\
 &= 1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

## Momen ultimit (Mu)

$$\begin{aligned}
 P_1 &= 1,6 \times K_a \times y \times h_s \times \left( \frac{h_1 + h_2}{2} \right) \\
 &= 1,6 \times 0,438 \times 16,19 \times 0,618 \times \left( \frac{2,55 + 0,60}{2} \right) \\
 &= 11,040 \text{ kN} \\
 P_2 &= 1/2 \times 1,6 \times K_a \times y \times \left( h_1 + h_2 \right) \times \left( \frac{h_1 + h_2}{2} \right) \\
 &= 1/2 \times 1,6 \times 0,438 \times 16,19 \times \left( \frac{2,55 + 0,60}{2} \right) \times \left( \frac{2,55 + 0,60}{2} \right) \\
 &= 14,077 \text{ kN} \\
 Mu &= (P_1 \times \frac{h_1 + h_2}{4}) + (P_2 \times \frac{h_1 + h_2}{6}) \\
 &= (11,040 \times \frac{2,55 + 0,60}{4}) + (14,077 \times \frac{2,55 + 0,60}{6}) \\
 &= 16,084 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

## Tulangan yang diperlukan (As)

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{\mu}{\varphi \times b \times x \times d^2} \\
 &= \frac{16,084}{0,9 \times 1 \times 0,267^2} \\
 &= 250,693 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 0,251 \text{ N/mm}^2 \\
 p &= \left( \frac{0,85}{f_y} \times \frac{f'_c}{21,7} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{R_n}{f'_c}} \right) \\
 &= \left( \frac{0,85}{400} \times \frac{21,7}{400} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{0,251}{21,7}} \right) \\
 &= (0,046113) \times (1 - \sqrt{1 - 0,0271828}) \\
 &= 0,0461125 \times 0,013685 \\
 &= 0,00063
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As\text{-perlu} &= p \quad x \quad b \quad x \quad d \\
 &= 0,00063 \quad x \quad 1000 \quad x \quad 267 \\
 &= 168,491 \text{ mm}^2 \\
 As\text{-min} &= 0,0015 \quad x \quad b \quad x \quad bb \\
 &= 0,0015 \quad x \quad 1000 \quad x \quad 350 \\
 &= 525,000 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan D} & 13 \quad - \quad 300 \quad (As = 443 \text{ mm}^2) \\
 \text{2 sisi D} & 13 \quad - \quad 300 \quad (As = 886 \text{ mm}^2) \\
 & 525,000 \text{ mm}^2 < (As = 886,0 \text{ mm}^2) > 168,491 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

## c. Desain Tulangan Susut Dan Suhu Dinding ( tulangan Horizontal )

bagian atas

Tulangan horizontal pada dasar dinding sesuai SNI 2847-2013 Pasal 14.3.3 adalah

$$\begin{aligned}
 As\text{-min} &= 0,0020 \quad x \quad b \quad x \quad bb \\
 &= 0,0020 \quad x \quad 1000 \quad x \quad 400 \\
 &= 800,00 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Sesuai SNI 2847-2013 Pasal 14.3.4 adalah, maka luas tulangan dibagi merata menjadi dua sisi

$$\begin{aligned}
 As &= 0,5 \quad x \quad As\text{-min} \\
 &= 0,5 \quad x \quad 800 \\
 &= 400,00 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan D} & 13 \quad - \quad 200 \quad (As = 664 \text{ mm}^2) > 400,00 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

bagian bawah

Tulangan horizontal pada dasar dinding sesuai SNI 2847-2013 Pasal 14.3.3 adalah

$$\begin{aligned}
 As\text{-min} &= 0,0020 \quad x \quad b \quad x \quad bb \\
 &= 0,0020 \quad x \quad 1000 \quad x \quad 300 \\
 &= 600,00 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Sesuai SNI 2847-2013 Pasal 14.3.4 adalah, maka luas tulangan dibagi merata menjadi dua sisi

$$\begin{aligned}
 As &= 0,5 \quad x \quad As\text{-min} \\
 &= 0,5 \quad x \quad 600 \\
 &= 300,00 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan D} & 13 \quad - \quad 300 \quad (As = 443 \text{ mm}^2) > 300,00 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

## d. Desain Terhadap Geser

Penampang kritis untuk tinjauan geser adalah sejauh 318,5 mm dari dasar dinding,  
 yaitu sejauh dg = ( h1 + h2 ) - d  
 = ( 2,55 + 0,60 ) - 0,3185 m  
 = 2,83 m

sehingga P1 = 1,6 x Ka x y x hs x dg  
 = 1,6 x 0,438 x 16,19 x 0,618 x 2,83  
 = 19,847 kN

P2 = 1/2 x 1,6 x Ka x y x dg x dg  
 = 1/2 x 1,6 x 0,438 x 16,19 x 2,83 x 2,83  
 = 45,498 kN

Vu = P1 + P2  
 = 19,847 + 45,498  
 = 65,345 kN

$\phi Vc = \frac{\phi}{0,75} \times (0,17 \times 1 \times \sqrt{21,7}) \times 1000 \times 318,5$

= 189168,79 N  
 = 189,169 kN > Vu = 65,345 kN ... (OK)

## e. Desain Tulangan Bagian Hell

$$\begin{aligned}
 Vu &= 1,2 \cdot ((b_2 \cdot (h_1 + h_2) \cdot y) + (b_2 \cdot h_3 \cdot 24)) + 1,6 \cdot (b_2 \cdot h_5 \cdot q) \\
 &= (1,2 \times 77,22624) + (1,6 \times 8,028656) \\
 &= 105,51734 \text{ kN} \\
 \phi Vc &= \frac{\phi}{0,75} \times (0,17 \times 1 \times \sqrt{21,7}) \times 1000 \times 318,5 \\
 &= 189168,79 \text{ N} \\
 &= 189,169 \text{ kN} > Vu = 105,517 \text{ kN} \dots (\text{OK}) \\
 Mu &= Vu \times \left( \frac{b_2}{2} \right) \\
 &= 105,51734 \times \left( \frac{1,30}{2} \right) \\
 &= 68,586 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

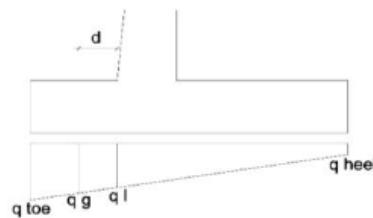
kebutuhan tulangan,

$$\begin{aligned}
 Rn &= \frac{Mu}{\frac{\phi}{0,9} \times \frac{b}{68,59} \times 1 \times 0,3185} \\
 &= \frac{68,586}{0,9 \times 1 \times 0,3185} \\
 &= 751,23498 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 0,751 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 p &= \left( \frac{0,85}{f_y} \times \frac{f'_c}{21,7} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{Rn}{f'_c}} \right) \\
 &= \left( \frac{0,85}{400} \times \frac{21,7}{21,7} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{0,751}{21,7}} \right)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= (0,046113) \times (1 - \sqrt{(1 - 0,081456)}) \\
 &= 0,0461125 \times 0,0415934 \\
 &= 0,00192 \\
 \text{As-perlu} &= p \times b \times d \\
 &= 0,00192 \times 1000 \times 318,5 \\
 &= 610,875 \text{ mm}^2 \\
 \text{As-min} &= 1,4 / f_y \times (b \times d) \\
 &= 1,4 / 400 \times (1000 \times 318,5) \\
 &= 1114,75 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan D} & 13 - 200 (\text{As} = 1005 \text{ mm}^2) \\
 \text{2 sisi D} & 13 - 200 (\text{As} = 2010 \text{ mm}^2) \\
 & 1114,750 \text{ mm}^2 < (\text{As} = 2010,0 \text{ mm}^2) > 610,88 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

## e. Desain Tulangan Bagian Toe



$$\begin{aligned}
 &\text{b1} \quad \text{bb} \quad \text{b2} \\
 &\text{B} \\
 &\text{d} = 318,5 \text{ mm} = 0,3185 \text{ m} \\
 &q_{\text{toe}} = 35,872 \text{ kN/m}^2 \\
 &q_{\text{heel}} = 5,368 \text{ kN/m}^2 \\
 &q_l = 26,110625 \text{ kN/m}^2 \text{ (tajaunan geser)} \\
 &q_g = 29,996744 \text{ kN/m}^2 \text{ (tajaunan lentur)} \\
 &V_u = 1,6 \cdot ((b1-d) \cdot (q_{\text{toe}} + q_g/2)) - 1,2 \cdot (h3 \cdot (b1-d) \cdot 24) \\
 &= (1,6 \times 15,858) + (1,2 \times 4,0446) \\
 &= 30,226037 \text{ kN} \\
 \varphi V_c &= \varphi \times 0,17 \times 1 \times \sqrt{f'_c} \times 1000 \times 318,5 \\
 &= 189168,79 \text{ N} \\
 &= 189,169 \text{ kN} > V_u = 30,226 \text{ kN} \dots (\text{OK}) \\
 M_u &= 1,6 \cdot ((q_l \cdot q_{\text{heel}}) \cdot b1 \cdot (b1/2)) + (1/2 \cdot b1 \cdot (q_{\text{toe}} - (q_l \cdot q_{\text{heel}})) \cdot 2/3 \cdot b1) - 1,2 \cdot (b1 \cdot h3 \cdot (b1/2) \cdot 24) \\
 &= 1,6 \times \{ 6,64 + 3,23 \} - 1,2 \times 2,69 \\
 &= 12,558609 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

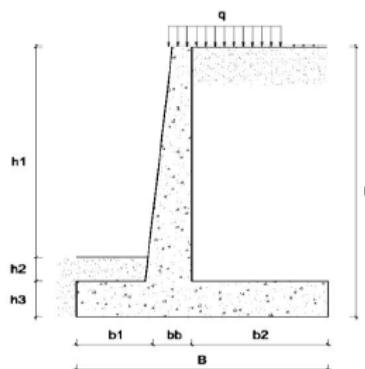
kebutuhan tulangan,

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\varphi \times 12,56} \\
 &= \frac{137,55619 \text{ kN/m}^2}{0,9 \times 1 \times 0,3185} \\
 &= 0,138 \text{ N/mm}^2 \\
 p &= \left( \frac{0,85 \times f'_c}{f_y} \right) \times (1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{R_n}{f'_c}}) \\
 &= \left( \frac{0,85 \times 21,7}{400} \right) \times (1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{0,138}{21,7}}) \\
 &= (0,046113) \times (1 - 0,0149153) \\
 &= 0,0461125 \times 0,0074857 \\
 &= 0,00035 \\
 \text{As-perlu} &= p \times b \times d \\
 &= 0,00035 \times 1000 \times 318,5 \\
 &= 109,941 \text{ mm}^2 \\
 \text{As-min} &= 1,4 / f_y \times (b \times d) \\
 &= 1,4 / 400 \times (1000 \times 318,5) \\
 &= 1114,75 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan D} & 13 - 200 (\text{As} = 664 \text{ mm}^2) \\
 \text{2 sisi D} & 13 - 200 (\text{As} = 1328 \text{ mm}^2) \\
 & 1114,750 \text{ mm}^2 < (\text{As} = 1328,0 \text{ mm}^2) > 109,94 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

## f. Desain Tulangan Horizontal Telapak

Tulangan horizontal pada baian telapak tidak perlu diperhitungkan, sebagai perkutu praktis diberikan tulangan horizontal dengan besaran D 13-250 mm

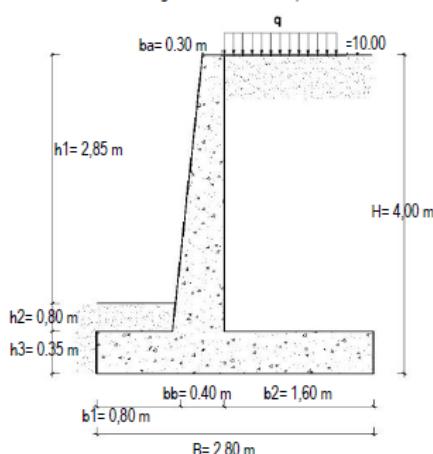
## 9. Analisa stabilitas dan penulangan Talud Kantilever type 4



### 1. DIMENSI DINDING PENAHAN TANAH

- Tinggi dari permukaan tanah ( $h_1$ ) = 2,85 m
- Tinggi tanah di depan dinding ( $h_2$ ) = 0,80 m
- Tebal telapak ( $h_3$ ) = 0,35 m
- Tinggi total ( $H$ ) = 4,00 m
- Lebar toe ( $b_1$ ) = 0,80 m
- Lebar heel ( $b_2$ ) = 1,60 m
- Tebal dinding atas ( $b_a$ ) = 0,30 m
- Tebal dinding bawah ( $b_b$ ) = 0,40 m
- Lebar total ( $B$ ) = 2,80 m
- Panjang Pondasi ( $L$ ) = 3,00 m
- $\alpha$  = sudut kemiringan tanah di atas DPT = 0 °

cek :  
 guling (Aman)  
 geser (Aman)  
 eksentrisita (Aman)  
 $q_{\text{toe}}$  (Aman)  
 $q_{\text{toe}}$  (Aman)



### 2. Data Tanah (asumsi)

- berat volume tanah ( $\gamma$ ) = 16,25 kN/m³
- Sudut geser ( $\phi$ ) = 25,00 °
- cohesi ( $c$ ) = 16,00 kN/m²
- Beban merata tambahan di atas tanah /lalu lintas ( $q$ ) = 10,00 kN/m²

### 3. Koefisien Tekanan Tanah (Teori Rankine)

- Koefisien Tekanan Tanah aktif ( $K_a$ )
 
$$(K_a) = \frac{\tan^2(45 - \frac{\phi}{2})}{2}$$

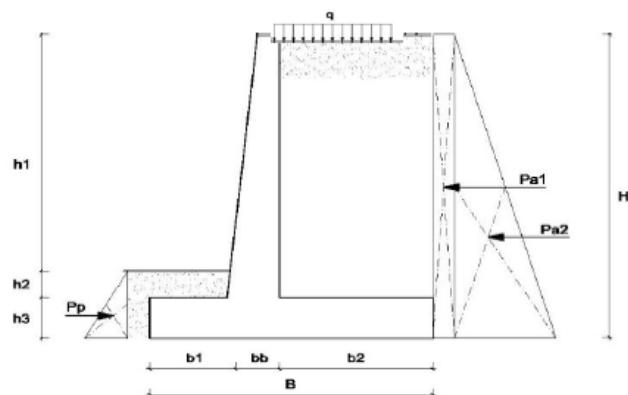
$$(K_a) = \frac{\tan^2(45 - \frac{25}{2})}{2}$$

$$(K_a) = \frac{\tan^2(32,5)}{2} = 0,406$$
- Koefisien Tekanan Tanah pasif ( $K_p$ )
 
$$(K_p) = \frac{\tan^2(45 + \frac{\phi}{2})}{2}$$

$$(K_p) = \frac{\tan^2(45 + \frac{25}{2})}{2}$$

$$(K_p) = \frac{\tan^2(57,5)}{2} = 2,464$$

## 4. Tekanan Tanah Aktif



- Akibat beban merata tambahan (Pa1)

$$hs = \frac{q}{\gamma} = \frac{10}{16,254} \text{ kN/m}^2 \\ = 0,615 \text{ m}$$

$$Pa1 = \frac{Ka}{0,406} \times 16,254 \times 0,615 \times 4 \\ = 16,234 \text{ kN}$$

- Akibat tanah dibelakang dinding (Pa 2)

$$Pa2 = \frac{1/2 \times Ka}{1/2 \times 0,406} \times 16,254 \times 4,00 \times 4,00 \\ = 52,775 \text{ kN}$$

## 5. Tekanan Tanah Pasif

$$Pp = \frac{1/2 \times Kp}{1/2 \times 2,464} \times 16,25 \times 1,15 \times (h2+h3) \\ = 26,482 \text{ kN}$$

## 6. Cek Terhadap Guling

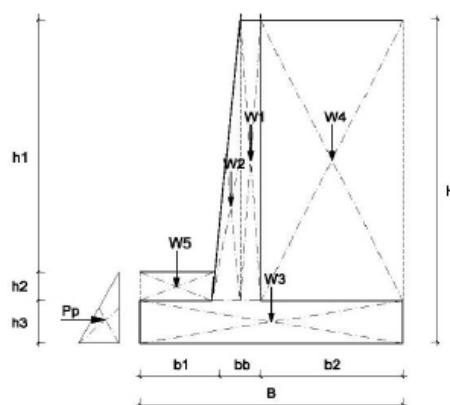
- Momen penggulung (Mo)

$$\text{Momen penggulung (Mo)} = ( Pa1 \times \frac{H}{2} ) + ( Pa2 \times \frac{H}{3} ) \\ - ( Pp \times \frac{(h3+h2)}{3} ) \\ = ( 16,234 \times \frac{4,00}{2} ) + ( 52,775 \times \frac{4,00}{3} ) \\ - ( 26,482 \times \frac{1,15}{3} ) \\ = 92,683363 \text{ kNm}$$

- Momen penahanan (Mb)

Komponen	Berat (kN)	Lengan (m)	Momen (kNm)
W1	26,28	1,05	27,59
W2	4,38	0,87	3,80
W3	23,52	1,40	32,93
W4	94,92	2,00	189,85
W5	10,40	0,40	4,16
Jumlah	R = 159,51		Mb = 258,33

$$\text{berat beton} = 24 \text{ k N/m}^3$$



- Cek terhadap guling ,  $F_s \text{ min} = 1,5$

$$F_s = \frac{1,5}{\frac{M_b}{M_0}} = \frac{258,33}{92,683363}$$

$$= \frac{2,787}{1,5} > 1,5 \quad \dots \quad (\text{Aman})$$

## 7. Cek Terhadap Geser

- Gaya geser (  $V_o$  )

$$V_o = P_a 1 + P_a 2$$

$$= 16,234 + 52,775$$

$$= 69,009 \text{ kN}$$

- Gaya penahan (  $V_b$  )

$$V_b = (\mu \times R) + P_p$$

$$= (0,6 \times 159,51) + 26,482$$

$$= 122,186 \text{ kN}$$

- Cek terhadap geser ,  $F_s \text{ min} = 1,5$ 

$$F_s = \frac{1,5}{\frac{V_b}{V_o}} = \frac{122,19}{69,009}$$

$$= \frac{1,771}{1,5} > 1,5 \quad \dots \quad (\text{Aman})$$

## 8. Cek Terhadap Daya Dukung Tanah

- Eksentrisitas (  $e$  )

$$e = \frac{B}{2} - \left( \frac{M_b}{R} - \frac{M_0}{R} \right)$$

$$= \frac{2,80}{2} - \left( \frac{258,33}{159,51} - \frac{92,6834}{159,51} \right)$$

$$e = 0,362 \text{ m} < \frac{B}{6} = \frac{2,80}{6} = 0,467 \text{ m} \dots \quad (\text{Aman})$$

- Kapasitas tanah ijin tanah ( $Q_a$ ) di titik sondir S.2, pada kedalaman - 5,00 m

$$Q_{all} = 126,000 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Tegangan tanah di bawah dinding ( } q_{toe} \text{ dan } q_{heel} \text{ )}$$

$$q_{toe} = \left( \frac{R}{B} \right) \times \left( 1 + \left( \frac{6 \times e}{B} \right) \right)$$

$$= \left( \frac{64,58}{2,80} \right) \times \left( 1 + \left( \frac{6 \times 0,362}{2,80} \right) \right)$$

$$= 40,934 \text{ kN/m}^2 < Q_a = 126,000 \text{ kN/m}^2 \dots \quad (\text{Aman})$$

$$q_{heel} = \left( \frac{R}{B} \right) \times \left( 1 - \left( \frac{6 \times e}{B} \right) \right)$$

$$= \left( \frac{64,58}{2,80} \right) \times \left( 1 - \left( \frac{6 \times 0,362}{2,80} \right) \right)$$

$$= 5,197 \text{ kN/m}^2 > 0 \dots \quad (\text{Aman})$$

## 9. Desain Tulangan Lentur

## a . Desain Tulangan lentur untuk 1/2 H bagian bawah

$$D = 13 \text{ mm}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$f'_c = 21,7 \text{ MPa}$$

$$\text{tebal dinding (Bb)} = 400 \text{ mm}$$

$$\text{selimut beton (Ts)} = 75 \text{ mm}$$

$$\text{tebal efektif (d)} = 400 - 75 - (0,5 \times 13) = 318,5 \text{ mm}$$

$$\text{lebar ditinjau (b)} = 1000 \text{ mm}$$

$$\text{Momen ultimit (Mu)}$$

$$P_1 = 1,6 \times K_a \times 16,25 \times 0,615 \times (2,85 + 0,80) = 23,702 \text{ kN}$$

$$P_2 = 1/2 \times 1,6 \times K_a \times 16,25 \times (2,85 + 0,80) \times (2,85 + 0,80) = 70,309 \text{ kN}$$

$$\text{Mu} = (P_1 \times \left( \frac{h_1 + h_2}{2} \right)) + (P_2 \times \left( \frac{h_1}{3} + \frac{h_2}{3} \right))$$

$$= (23,702 \times \left( \frac{2,85 + 0,80}{2} \right)) + (70,309 \times \left( \frac{2,85 + 0,80}{3} \right)) = 128,799 \text{ kNm}$$

## Tulangan yang diperlukan (As)

$$R_n = \frac{\text{Mu}}{\Phi \times b \times d^2}$$

$$= \frac{128,799}{0,9 \times 1 \times 0,3185^2} = 1410,753 \text{ kN/m}^2$$

$$= 1,411 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 p &= \left( \frac{0,85}{\frac{f_y}{fy}} \times \frac{f'_c}{21,7} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{\frac{0,85}{0,85}} \times \frac{R_n}{f'_c}} \right) \\
 &= \left( \frac{0,85}{\frac{400}{400}} \times \frac{21,7}{21,7} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{\frac{0,85}{0,85}} \times \frac{1,411}{21,7}} \right) \\
 &= \left( 0,046113 \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - 0,1529686} \right) \\
 &= 0,0461125 \times 0,0796569 \\
 &= 0,00367
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As\text{-perlu} &= \frac{p}{f_y} \times \frac{b}{1000} \times \frac{d}{318,5} \\
 &= \frac{0,00367}{400} \times \frac{1000}{1000} \times \frac{318,5}{318,5} \\
 &= 1169,908 \text{ mm}^2 \\
 As\text{-min} &= \frac{0,0015}{f_y} \times \frac{b}{1000} \times \frac{d}{400} \\
 &= \frac{0,0015}{400} \times \frac{1000}{1000} \times \frac{400}{400} \\
 &= 600,000 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan D} &= 13 \text{ - } 150 \quad (As = 1062 \text{ mm}^2) \\
 \text{2 sisi D} &= 13 \text{ - } 150 \quad (As = 2124 \text{ mm}^2) \\
 &600,000 \text{ mm}^2 < (As = 2124,0 \text{ mm}^2) > 1169,908 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

## b . Desain Tulangan lentur untuk 1/2 H bagian atas

$$\begin{aligned}
 D &= 13 \text{ mm} \\
 f_y &= 400 \text{ MPa} \\
 f'_c &= 21,7 \text{ MPa} \\
 \text{tebal dinding (Bd)} &= \frac{ba}{2} + \frac{bb}{2} \\
 &= \frac{300}{2} + \frac{400}{2} \\
 &= 350 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{selimut beton (Ts)} &= 75 \text{ mm} \\
 \text{tebal efektif (d)} &= 350 \text{ - } 75 \text{ - } (0,5 \times 13) \\
 &= 268,5 \text{ mm} \\
 &= 0,2685 \text{ m} \\
 \text{lebar ditinjau (b)} &= 1000 \text{ mm} \\
 &= 1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen ultimit (Mu)} \\
 P_1 &= 1,6 \times K_a \times y \times x \times h_s \times x \left( \frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2} \right) \\
 &= 1,6 \times 0,406 \times 16,25 \times 0,615 \times x \left( \frac{2,85}{2} + \frac{0,80}{2} \right) \\
 &= 11,851 \text{ kN} \\
 P_2 &= 1/2 \times 1,6 \times K_a \times y \times x \left( h_1 + h_2 \right) \times \left( \frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2} \right) \\
 &= 1/2 \times 1,6 \times 0,406 \times 16,25 \times \left( \frac{2,85}{2} + \frac{0,80}{2} \right) \times \left( \frac{2,85}{2} + \frac{0,80}{2} \right) \\
 &= 35,154 \text{ kN} \\
 Mu &= (P_1 \times \left( \frac{h_1 + h_2}{4} \right)) + (P_2 \times \left( \frac{h_1 + h_2}{6} \right)) \\
 &= (11,851 \times \left( \frac{2,85 + 0,80}{4} \right)) + (35,154 \times \left( \frac{2,85 + 0,80}{6} \right)) \\
 &= 32,200 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

## Tulangan yang diperlukan (As)

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{\mu}{\varphi \times \frac{b}{1000} \times \frac{d}{268,5}^2} \\
 &= \frac{32,200}{0,9 \times 1 \times 0,2685^2} \\
 &= 496,274 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 0,496 \text{ N/mm}^2 \\
 p &= \left( \frac{0,85}{\frac{f_y}{400}} \times \frac{f'_c}{21,7} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{\frac{0,85}{0,85}} \times \frac{R_n}{f'_c}} \right) \\
 &= \left( \frac{0,85}{\frac{400}{400}} \times \frac{21,7}{21,7} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{\frac{0,85}{0,85}} \times \frac{0,496}{21,7}} \right) \\
 &= \left( 0,046113 \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - 0,0538112} \right) \\
 &= 0,0461125 \times 0,0272776 \\
 &= 0,00126
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As\text{-perlu} &= \frac{p}{f_y} \times \frac{b}{1000} \times \frac{d}{268,5} \\
 &= \frac{0,00126}{400} \times \frac{1000}{1000} \times \frac{268,5}{268,5} \\
 &= 337,730 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As_{\text{min}} &= 0,0015 \times b \times bb \\
 &= 0,0015 \times 1000 \times 350 \\
 &= 525,000 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan D} & 13 - 300 \quad (As = 452 \text{ mm}^2) \\
 \text{2 sisi D} & 13 - 300 \quad (As = 904 \text{ mm}^2) \\
 & 525,000 \text{ mm}^2 < (As = 904,0 \text{ mm}^2) > 337,730 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

c. Desain Tulangan Susut Dan Suhu Dinding ( tulangan Horizontal )  
bagian bawah

Tulangan horizontal pada dasar dinding sesuai SNI 2847-2013 Pasal 14.3.3 adalah

$$\begin{aligned}
 As_{\text{min}} &= 0,0020 \times b \times bb \\
 &= 0,0020 \times 1000 \times 400 \\
 &= 800,00 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Sesuai SNI 2847-2013 Pasal 14.3.4 adalah, maka luas tulangan dibagi merata menjadi dua sisi

$$\begin{aligned}
 As &= 0,5 \times As_{\text{min}} \\
 &= 0,5 \times 800 \\
 &= 400,00 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan D} & 13 - 200 \quad (As = 664 \text{ mm}^2) > 400,00 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

bagian atas

Tulangan horizontal pada dasar dinding sesuai SNI 2847-2013 Pasal 14.3.3 adalah

$$\begin{aligned}
 As_{\text{min}} &= 0,0020 \times b \times bb \\
 &= 0,0020 \times 1000 \times 300 \\
 &= 600,00 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Sesuai SNI 2847-2013 Pasal 14.3.4 adalah, maka luas tulangan dibagi merata menjadi dua sisi

$$\begin{aligned}
 As &= 0,5 \times As_{\text{min}} \\
 &= 0,5 \times 600 \\
 &= 300,00 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan D} & 13 - 300 \quad (As = 442 \text{ mm}^2) > 300,00 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

d. Desain Terhadap Geser

Penampang kritis untuk tinjauan geser adalah seja

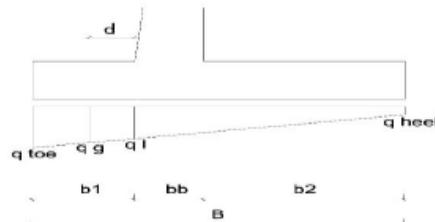
$$\begin{aligned}
 &\text{yaitu sejarak dg } 318,5 \text{ mm dari dasar dinding,} \\
 &= (h_1 + h_2) - d \\
 &= (2,85 + 0,80) - 0,3185 \text{ m} \\
 &= 3,33 \text{ m} \\
 \text{sehingga P1} &= 1,6 \times K_a \times y \times h_s \times d_g \\
 &= 1,6 \times 0,406 \times 16,25 \times 0,615 \times 3,33 \\
 &= 21,634 \text{ kN} \\
 P2 &= 1/2 \times 1,6 \times K_a \times y \times d_g \times d_g \\
 &= 1/2 \times 1,6 \times 0,406 \times 16,25 \times 3,33 \times 3,33 \\
 &= 58,574 \text{ kN} \\
 Vu &= P1 + P2 \\
 &= 21,634 + 58,574 \\
 &= 80,208 \text{ kN} \\
 \varphi Vc &= \varphi \times (0,17 \times 1 \times \sqrt{f'_c} \times 1000 \times \frac{d}{318,5}) \\
 &= 0,75 \times (0,17 \times 1 \times \sqrt{21,7} \times 1000 \times \frac{3,33}{318,5}) \\
 &= 189168,79 \text{ N} \\
 &= 189,169 \text{ kN} \quad > \quad Vu = 80,208 \text{ kN} \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

e. Desain Tulangan Bagian Hell

$$\begin{aligned}
 Vu &= 1,2 \cdot ((b_2 \cdot (h_1 + h_2) \cdot y) + (b_2 \cdot h_3 \cdot 24)) + 1,6 \cdot (b_2 \cdot h_s \cdot q) \\
 &= (1,2 \times 108,36336) + (1,6 \times 9,84373) \\
 &= 145,786 \text{ kN} \\
 \varphi Vc &= \varphi \times (0,17 \times 1 \times \sqrt{f'_c} \times 1000 \times \frac{d}{318,5}) \\
 &= 0,75 \times (0,17 \times 1 \times \sqrt{21,7} \times 1000 \times \frac{3,33}{318,5}) \\
 &= 189168,79 \text{ N} \\
 &= 189,169 \text{ kN} \quad > \quad Vu = 145,786 \text{ kN} \dots (\text{OK}) \\
 Mu &= Vu \times \left( \frac{b_2}{2} \right) \\
 &= 145,786 \times \left( \frac{1,60}{2} \right) \\
 &= 116,629 \text{ kNm} \\
 \text{kebutuhan tulangan,} \\
 Rn &= \frac{Mu}{\varphi \times \frac{b}{116,63} \times \frac{1}{0,9} \times \frac{1}{1,277} \times \frac{0,3185}{2}} \\
 &= \frac{116,629}{0,85 \times \frac{21,7}{400} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{Rn}{21,7}} \right)} \\
 &= \frac{116,629}{0,0461125 \times 0,0718377} \\
 &= 0,00331
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As\text{-perlu} &= p \times b \times d \\
 &= 0,00331 \times 1000 \times 318,5 \\
 &= 1055,068 \text{ mm}^2 \\
 As\text{-min} &= 1,4 / f_y \times (b \times d) \\
 &= 1,4 / 400 \times (1000 \times 318,5) \\
 &= 1114,75 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan D} & 13 - 150 \quad (As = 885 \text{ mm}^2) \\
 \text{2 sisi D} & 13 - 150 \quad (As = 1770 \text{ mm}^2) \\
 & 1114,750 \text{ mm}^2 < (As = 1770,0 \text{ mm}^2) > 1055,07 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

## e. Desain Tulangan Bagian Toe



$$\begin{aligned}
 d &= 318,5 \text{ mm} = 0,3185 \text{ m} \\
 q_{\text{toe}} &= 40,934 \text{ kN/m}^2 \\
 q_{\text{heel}} &= 5,197 \text{ kN/m}^2 \\
 q_l &= 30,723211 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{tijaunan geser}) \\
 q_g &= 34,788338 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{tijaunan lentur}) \\
 V_u &= 1,6 \cdot ((b_1-d) \cdot (q_{\text{toe}}+q_g/2)) - 1,2 \cdot (h_3 \cdot (b_1-d) \cdot 24) \\
 &= (1,6 \times 18,230) + (1,2 \times 4,0446) \\
 &= 34,021723 \text{ kN} \\
 \varphi V_c &= \varphi \times 0,17 \times 1 \times \sqrt{f'_c} \times 1000 \times 318,5 \\
 &= 189,168,79 \text{ N} \\
 &= 189,169 \text{ kN} > V_u = 34,022 \text{ kN} \dots (\text{OK}) \\
 M_u &= 1,6 \cdot (((q_l-q_{\text{heel}}) \cdot b_1 \cdot (b_1/2)) + (1/2 \cdot b_1 \cdot (q_{\text{toe}} - (q_l-q_{\text{heel}})) \cdot 23 \cdot b_1)) - 1,2 \cdot (b_1 \cdot h_3 \cdot (b_1/2) \cdot 24) \\
 &= 1,6 \times (8,17 + 3,29) - 1,2 \times 2,69 \\
 &= 15,103059 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

kebutuhan tulangan,

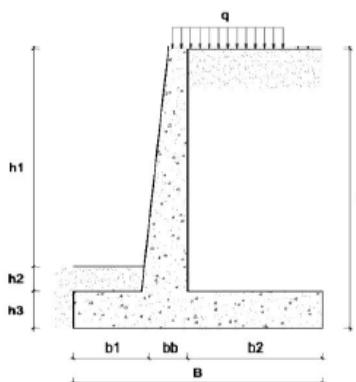
$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\varphi \times b \times d} \\
 &= \frac{15,10}{0,9 \times 1 \times 0,3185} \\
 &= 165,42591 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 0,165 \text{ N/mm}^2 \\
 p &= \left( \frac{0,85}{f_y} \times \frac{f'_c}{21,7} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{R_n}{f'_c}} \right) \\
 &= \left( \frac{0,85}{400} \times \frac{21,7}{0,165} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{165,42591}{21,7}} \right) \\
 &= 0,046113 \times \sqrt{1 - 0,0179372} \\
 &= 0,0461125 \times 0,0090092 \\
 &= 0,00042
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As\text{-perlu} &= p \times b \times d \\
 &= 0,00042 \times 1000 \times 318,5 \\
 &= 132,316 \text{ mm}^2 \\
 As\text{-min} &= 1,4 / f_y \times (b \times d) \\
 &= 1,4 / 400 \times (1000 \times 318,5) \\
 &= 1114,75 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan D} & 13 - 150 \quad (As = 885 \text{ mm}^2) \\
 \text{2 sisi D} & 13 - 150 \quad (As = 1770 \text{ mm}^2) \\
 & 1114,750 \text{ mm}^2 < (As = 1770,0 \text{ mm}^2) > 132,32 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

## f. Desain Tulangan Horizontal Telapak

Tulangan horizontal pada baian telapak tidak perlu diperhitungkan, sebagai perkutu praktis diberikan tulangan horizontal dengan besaran D 13-250 mm

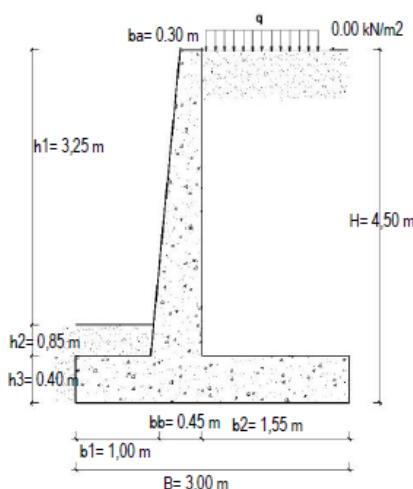
## 10. Analisa stabilitas dan penulangan Talud Kantilever type 5



### 1. DIMENSI DINDING PENAHAN TANAH

- Tinggi dari permukaan tanah ( $h_1$ ) = 3,25 m
- Tinggi tanah di depan dinding ( $h_2$ ) = 0,85 m
- Tebal telapak ( $h_3$ ) = 0,40 m
- Tinggi total ( $H$ ) = 4,50 m
- Lebar toe ( $b_1$ ) = 1,00 m
- Lebar heel ( $b_2$ ) = 1,55 m
- Tebal dinding atas ( $b_a$ ) = 0,30 m
- Tebal dinding bawah ( $b_b$ ) = 0,45 m
- Lebar total ( $B$ ) = 3,00 m
- Panjang Pondasi ( $L$ ) = 3,00 m
- $\alpha$  = sudut kemiringan tanah di atas DPT) = 0 °

cek :  
 gulung (Aman)  
 geser (Aman)  
 eksentrisita (Aman)  
 $q_{\text{toe}}$  (Aman)  
 $q_{\text{toe}}$  (Aman)



### 2. Data Tanah (asumsi)

- berat volume tanah ( $y$ ) = 16,51 kN/m³
- Sudut geser ( $\phi$ ) = 28,00 °
- cohesi ( $c$ ) = 35,00 kN/m²
- Beban merata tambahan di atas tanah /lalu lintas ( $q$ ) = 10,00 kN/m²

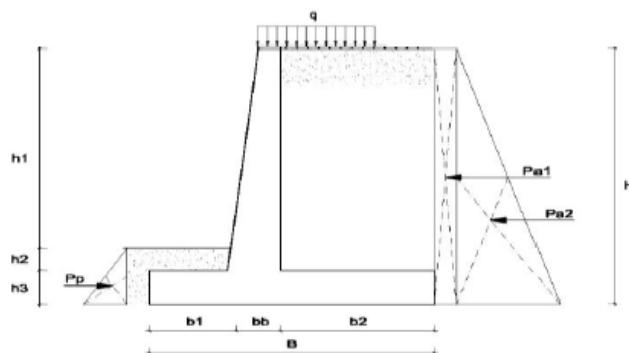
### 3. Koefisien Tekanan Tanah (Teori Rankine)

- Koefisien Tekanan Tanah aktif ( $K_a$ )
 
$$(K_a) = \frac{\tan^2(45 - \frac{\phi}{2})}{\tan^2(45 - \frac{\phi}{2}) + \frac{\tan^2(\phi)}{2}}$$

$$(K_a) = \frac{\tan^2(31)}{0,361}$$
- Koefisien Tekanan Tanah pasif ( $K_p$ )
 
$$(K_p) = \frac{\tan^2(45 + \frac{\phi}{2})}{\tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) + \frac{\tan^2(\phi)}{2}}$$

$$(K_p) = \frac{\tan^2(59)}{2,770}$$

## 4. Tekanan Tanah Aktif



- Akibat beban merata tambahan (Pa1)

$$\begin{aligned} hs &= \frac{q}{\gamma} = \frac{10}{16,508} \text{ kN/m}^2 \\ &= 0,606 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pa1 &= \frac{Ka}{0,361} \times 16,508 \times 0,606 \times 4,5 \\ &= 16,247 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Akibat tanah dibelakang dinding (Pa2)

$$\begin{aligned} Pa2 &= \frac{1/2 \times Ka}{1/2 \times 0,361} \times 16,508 \times 4,50 \times 4,50 \\ &= 60,344 \text{ kN} \end{aligned}$$

## 5. Tekanan Tanah Pasif

$$\begin{aligned} Pp &= \frac{1/2 \times Kp}{1/2 \times 2,770} \times 16,51 \times 1,25 \times (h2+h3) \\ &= 35,722 \text{ kN} \end{aligned}$$

## 6. Cek Terhadap Guling

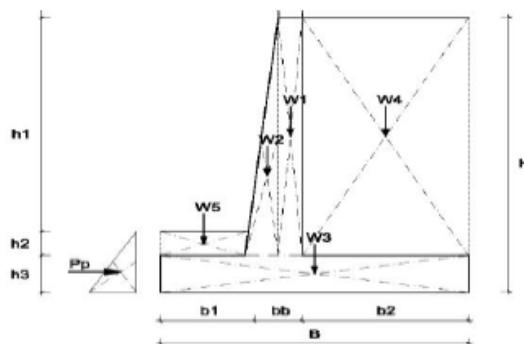
- Momen pengguling (Mo)

$$\begin{aligned} \text{Momen pengguling (Mo)} &= ( Pa1 \times \frac{H}{2} ) + ( Pa2 \times \frac{H}{3} ) \\ &- ( Pp \times \frac{(h3+h2)}{3} ) \\ &= ( 16,247 \times \frac{4,50}{2} ) + ( 60,344 \times \frac{4,50}{3} ) \\ &- ( 35,722 \times \frac{1,25}{3} ) \\ &= 112,18703 \text{ kNm} \end{aligned}$$

- Momen penahan (Mb)

Komponen	Berat (kN)	Lengan (m)	Momen (kNm)
W 1	29,52	1,30	38,38
W 2	7,38	1,10	8,12
W 3	28,80	1,50	43,20
W 4	104,91	2,23	233,42
W 5	14,03	0,50	7,02
Pp	35,72	0,42	14,88
Jumlah	R = 220,36	Mb =	345,02

berat beton = 24 k N/m<sup>3</sup>



- Cek terhadap guling ,  $F_s \text{ min} = 1,5$

$$F_s = \frac{M_b}{M_0} = \frac{345,02}{112,18703}$$

$$= \frac{3,075}{1,5} > 1,5 \quad \dots \quad (\text{Aman})$$

## 7. Cek Terhadap Geser

- Gaya geser ( $V_o$ )

$$V_o = P_a 1 + P_a 2$$

$$= 16,247 + 60,344$$

$$= 76,591 \text{ kN}$$

- Gaya penahan ( $V_b$ )

$$V_b = (\mu \times R) + P_p$$

$$= (0,6 \times 220,36) + 35,722$$

$$= 167,939 \text{ kN}$$

- Cek terhadap geser ,  $F_s \text{ min} = 1,5$ 

$$F_s = \frac{V_b}{V_o} = \frac{167,94}{76,591}$$

$$= \frac{2,193}{1,5} > 1,5 \quad \dots \quad (\text{Aman})$$

## 8. Cek Terhadap Daya Dukung Tanah

- Eksentrisitas ( $e$ )

$$e = \frac{B}{2} - \left( \frac{M_b - M_0}{R} \right)$$

$$= \frac{3,00}{2} - \left( \frac{345,02 - 112,187}{220,36} \right)$$

$$e = 0,443 \text{ m} < \frac{B}{6} = \frac{3,00}{6} = 0,500 \text{ m} \dots \quad (\text{Aman})$$

- Kapasitas tanah ijin tanah ( $Q_a$ ) di titik boring BH.1, pada kedalaman 6,00 m  
 $Q_{all} = 133,400 \text{ kN/m}^2$

- Tegangan tanah di bawah dinding ( $q_{toe}$  dan  $q_{heel}$ )

$$q_{toe} = \left( \frac{R}{B} \right) \times \left( 1 + \left( \frac{6 \times e}{B} \right) \right)$$

$$= \left( \frac{115,45}{3,00} \right) \times \left( 1 + \left( \frac{6 \times 0,443}{3,00} \right) \right)$$

$$= 72,615 \text{ kN/m}^2 < Q_a = 133,400 \text{ kN/m}^2 \dots \quad (\text{Aman})$$

$$q_{heel} = \left( \frac{R}{B} \right) \times \left( 1 - \left( \frac{6 \times e}{B} \right) \right)$$

$$= \left( \frac{115,45}{3,00} \right) \times \left( 1 - \left( \frac{6 \times 0,443}{3,00} \right) \right)$$

$$= 4,354 \text{ kN/m}^2 > 0 \dots \quad (\text{Aman})$$

## 9. Desain Tulangan Lentur

## a . Desain Tulangan lentur untuk 1/2 H bagian bawah

D = 13 mm  
 $f_y = 400 \text{ MPa}$   
 $f_c' = 21,7 \text{ MPa}$   
 tebal dinding ( $B_b$ )  
 selimut beton ( $T_s$ )  
 tebal efektif ( $d$ )  
 lebar ditinjau ( $b$ )

$$= 450 \text{ mm}$$

$$= 75 \text{ mm}$$

$$= 450 - 75 - (0,5 \times 13) = 368,5 \text{ mm}$$

$$= 0,3685 \text{ m}$$

$$= 1000 \text{ mm}$$

$$= 1 \text{ m}$$

Momen ultimit ( $M_u$ )

$$P_1 = 1,6 \times K_a \times y \times h_s \times (h_1 + h_2)$$

$$= 1,6 \times 0,361 \times 16,51 \times 0,606 \times (3,25 + 0,85)$$

$$= 23,684 \text{ kN}$$

$$P_2 = 1/2 \times 1,6 \times K_a \times y \times h_1 \times h_2 \times (h_1 + h_2)$$

$$= 1/2 \times 1,6 \times 0,361 \times 16,51 \times 3,25 \times 0,85 \times (3,25 + 0,85)$$

$$= 80,149 \text{ kN}$$

$$M_u = (P_1 \times \frac{h_1 + h_2}{2}) + (P_2 \times \frac{h_1}{3})$$

$$= (23,684 \times \frac{3,25 + 0,85}{2}) + (80,149 \times \frac{3,25}{3})$$

$$= 158,089 \text{ kNm}$$

Tulangan yang diperlukan ( $A_s$ )

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2}$$

$$= \frac{158,089}{0,9 \times 1 \times 0,3685^2}$$

$$= 1293,554 \text{ kN/m}^2$$

$$= 1,294 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 p &= \left( \frac{0,85}{f_y} \times \frac{f'_c}{21,7} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{R_n}{f'_c}} \right) \\
 &= \left( \frac{0,85}{400} \times \frac{21,7}{21,7} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{1,294}{21,7}} \right) \\
 &= (0,046113) \times \left( 1 - \sqrt{1 - 0,1402607} \right) \\
 &= 0,0461125 \times 0,0727787 \\
 &= 0,00336
 \end{aligned}$$

$$\text{As-perlu} = \frac{p}{f_y} \times \frac{b}{1000} \times \frac{d}{368,5}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As-min} &= 0,0015 \times \frac{b}{1000} \times \frac{bb}{450} \\
 &= 675,000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Digunakan D} &= 13 \quad - \quad 125 \quad (\text{As} = 1062 \text{ mm}^2) \\
 \text{2 sisi D} &= 13 \quad - \quad 125 \quad (\text{As} = 2124 \text{ mm}^2) \\
 &675,000 \text{ mm}^2 < (\text{As} = 2124,0 \text{ mm}^2) > 1236,689 \text{ mm}^2 \dots \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

b . Desain Tulangan lentur untuk 1/2 H bagian atas

$$\begin{aligned}
 D &= 13 \text{ mm} \\
 f_y &= 400 \text{ MPa} \\
 f'_c &= 21,7 \text{ MPa} \\
 \text{tebal dinding (Bd)} &= \frac{ba}{2} + \frac{bb}{2} \\
 &= \frac{300}{2} + \frac{450}{2} \\
 &= 375 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{selimut beton (Ts)} &= 75 \text{ mm} \\
 \text{tebal efektif (d)} &= 375 - 75 - (0,5 \times 13) \\
 &= 293,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{lebar ditinjau (b)} &= 1000 \text{ mm} \\
 &= 1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen ultimit (Mu)} \\
 P_1 &= 1,6 \times K_a \times y \times x \times h_s \times \left( \frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2} \right) \\
 &= 1,6 \times 0,361 \times 16,51 \times 0,606 \times \left( \frac{3,25}{2} + \frac{0,85}{2} \right) \\
 &= 11,842 \text{ kN} \\
 P_2 &= 1/2 \times 1,6 \times K_a \times y \times x \times \left( \frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2} \right) \times \left( \frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2} \right) \\
 &= 1/2 \times 1,6 \times 0,361 \times 16,51 \times \left( \frac{3,25}{2} + \frac{0,85}{2} \right) \times \left( \frac{3,25}{2} + \frac{0,85}{2} \right) \\
 &= 40,075 \text{ kN} \\
 Mu &= (P_1 \times \frac{h_1 + h_2}{4}) + (P_2 \times \frac{h_1 + h_2}{6}) \\
 &= (11,842 \times \frac{3,25 + 0,85}{4}) + (40,075 \times \frac{3,25 + 0,85}{6}) \\
 &= 39,522 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Tulangan yang diperlukan (As)

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{\mu}{\phi \times b \times d^2} \\
 &= \frac{39,522}{0,9 \times 1 \times 0,2935^2} \\
 &= 509,781 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 0,510 \text{ N/mm}^2 \\
 p &= \left( \frac{0,85}{f_y} \times \frac{f'_c}{21,7} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{R_n}{f'_c}} \right) \\
 &= \left( \frac{0,85}{400} \times \frac{21,7}{21,7} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{0,510}{21,7}} \right) \\
 &= (0,046113) \times \left( 1 - \sqrt{1 - 0,0552758} \right) \\
 &= 0,0461125 \times 0,0280307 \\
 &= 0,00129
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As-perlu} &= \frac{p}{f_y} \times \frac{b}{1000} \times \frac{d}{293,5} \\
 &= 0,00129 \times 1000 \times 293,5 \\
 &= 379,369 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As_{\text{min}} &= 0,0015 \times b \times bb \\
 &= 0,0015 \times 1000 \times 375 \\
 &= 562,500 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan D} & 13 - 250 \quad (As = 452 \text{ mm}^2) \\
 \text{2 sisi D} & 13 - 250 \quad (As = 904 \text{ mm}^2) \\
 & 562,500 \text{ mm}^2 < (As = 904,0 \text{ mm}^2) > 379,369 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

## c. Desain Tulangan Susut Dan Suhu Dinding ( tulangan Horizontal )

bagian bawah

Tulangan horizontal pada dasar dinding sesuai SNI 2847-2013 Pasal 14.3.3 adalah

$$\begin{aligned}
 As_{\text{min}} &= 0,0020 \times b \times bb \\
 &= 0,0020 \times 1000 \times 450 \\
 &= 900,00 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Sesuai SNI 2847-2013 Pasal 14.3.4 adalah, maka luas tulangan dibagi merata menjadi dua sisi

$$\begin{aligned}
 As &= 0,5 \times As_{\text{min}} \\
 &= 0,5 \times 900 \\
 &= 450,00 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan D} & 13 - 200 \quad (As = 664 \text{ mm}^2) > 450,00 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

bagian atas

Tulangan horizontal pada dasar dinding sesuai SNI 2847-2013 Pasal 14.3.3 adalah

$$\begin{aligned}
 As_{\text{min}} &= 0,0020 \times b \times bb \\
 &= 0,0020 \times 1000 \times 300 \\
 &= 600,00 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Sesuai SNI 2847-2013 Pasal 14.3.4 adalah, maka luas tulangan dibagi merata menjadi dua sisi

$$\begin{aligned}
 As &= 0,5 \times As_{\text{min}} \\
 &= 0,5 \times 600 \\
 &= 300,00 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan D} & 13 - 300 \quad (As = 442 \text{ mm}^2) > 300,00 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

## d. Desain Terhadap Geser

Penampang kritis untuk tinjauan geser adalah seja

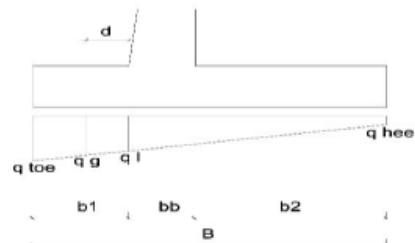
$$\begin{aligned}
 \text{yaitu sejarak dg} &= (h1 + h2) - d \\
 &= (3,25 + 0,85) - 0,3685 \text{ m} \\
 &= 3,73 \text{ m} \\
 \text{sehingga P1} &= 1,6 \times Ka \times y \times hs \times dg \\
 &= 1,6 \times 0,361 \times 16,51 \times 0,606 \times 3,73 \\
 &= 21,555 \text{ kN} \\
 P2 &= 1/2 \times 1,6 \times Ka \times y \times dg \times dg \\
 &= 1/2 \times 1,6 \times 0,361 \times 16,51 \times 3,73 \times 3,73 \\
 &= 66,389 \text{ kN} \\
 Vu &= P1 + P2 \\
 &= 21,555 + 66,389 \\
 &= 87,945 \text{ kN} \\
 \varphi Vc &= \varphi \times (0,17 \times 1 \times \sqrt{21,7} \times 1000 \times 368,5) \\
 &= 0,75 \times (0,17 \times 1 \times \sqrt{21,7} \times 1000 \times 368,5) \\
 &= 218865,62 \text{ N} \\
 &= 218,866 \text{ kN} \quad > \quad Vu = 87,945 \text{ kN} \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

## e. Desain Tulangan Bagian Hell

$$\begin{aligned}
 Vu &= 1,2 \cdot ((b_1 \cdot (h_1 + h_2) \cdot y) + (b_2 \cdot h_3 \cdot 24)) + 1,6 \cdot (b_2 \cdot hs \cdot q) \\
 &= (1,2 \times 119,78834) + (1,6 \times 9,38939) \\
 &= 158,76903 \text{ kN} \\
 \varphi Vc &= \varphi \times (0,17 \times 1 \times \sqrt{21,7} \times 1000 \times 368,5) \\
 &= 218865,62 \text{ N} \\
 &= 218,866 \text{ kN} \quad > \quad Vu = 158,769 \text{ kN} \dots (\text{OK}) \\
 Mu &= Vu \times \left( \frac{b_2}{2} \right) \\
 &= 158,76903 \times \left( \frac{1,55}{2} \right) \\
 &= 123,046 \text{ kNm} \\
 \text{kebutuhan tulangan,} \\
 Rn &= \frac{Mu}{\varphi \times b \times d^2} \\
 &= \frac{123,046}{0,9 \times 1 \times 0,3685^2} \\
 &= 1006,8157 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 1,007 \text{ N/mm}^2 \\
 p &= \left( \frac{0,85 \times f_y \times f_c'}{400} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{Rn}{f_c'}} \right) \\
 &= \left( \frac{0,85 \times 21,7}{400} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{1,007}{21,7}} \right) \\
 &= (0,046113) \times \left( 1 - \sqrt{1 - 0,1091695} \right) \\
 &= 0,0461125 \times 0,0561618 \\
 &= 0,00259
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As\text{-perlu} &= p \times b \times d \\
 &= 0,00259 \times 1000 \times 368,5 \\
 &= 954,327 \text{ mm}^2 \\
 As\text{-min} &= 1,4 / fy \times (b \times d) \\
 &= 1,4 / 400 \times (1000 \times 368,5) \\
 &= 1289,75 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan D} & 13 - 125 (As = 1062 \text{ mm}^2) \\
 \text{2 sisi D} & 13 - 125 (As = 2124 \text{ mm}^2) \\
 & 1289,750 \text{ mm}^2 < (As = 2124,0 \text{ mm}^2) > 954,33 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

## e. Desain Tulangan Bagian Toe



$$\begin{aligned}
 d &= 368,5 \text{ mm} = 0,3685 \text{ m} \\
 q_{\text{toe}} &= 72,615 \text{ kN/m}^2 \\
 q_{\text{heel}} &= 4,354 \text{ kN/m}^2 \\
 q_l &= 49,861462 \text{ kN/m}^2 \text{ (tijaunan geser)} \\
 q_g &= 58,246183 \text{ kN/m}^2 \text{ (tijaunan lentur)} \\
 V_u &= 1,6 . ((b1-d).(q_{\text{toe}}+q_g/2)) - 1,2 . (h3.(b1-d).24) \\
 &= (1,6 \times 41,319) + (1,2 \times 6,0624) \\
 &= 73,386009 \text{ kN} \\
 \phi V_c &= \phi \times 0,17 \times 1 \times \sqrt{f'_c} \times 1000 \times 368,5 \\
 &= 218865,62 \text{ N} \\
 &= 218,866 \text{ kN} > V_u = 73,386 \text{ kN} \dots (\text{OK}) \\
 M_u &= 1,6 . (((q_l-q_{\text{heel}}).b1.(b1/2)) + (1/2. b1. (q_{\text{toe}}-(q_l-q_{\text{heel}})).2/3.b1)) - 1,2 . (b1. h3. (b1/2).24) \\
 &= 1,6 \times \{ 22,75 + 9,04 \} - 1,2 \times 4,80 \\
 &= 45,103345 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

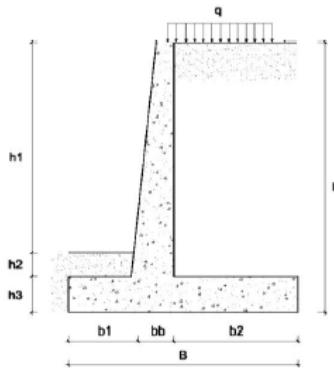
kebutuhan tulangan,

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\phi \times b \times d} \\
 &= \frac{45,10}{0,9 \times 1 \times 0,3685} \\
 &= 369,05514 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 0,369 \text{ N/mm}^2 \\
 p &= \left( \frac{0,85}{fy} \times \frac{f'_c}{21,7} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{R_n}{f'_c}} \right) \\
 &= \left( \frac{0,85}{400} \times \frac{21,7}{21,7} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{0,369}{21,7}} \right) \\
 &= (0,046113) \times (1 - \sqrt{1 - 0,0400168}) \\
 &= 0,0461125 \times 0,0202127 \\
 &= 0,00093 \\
 As\text{-perlu} &= p \times b \times d \\
 &= 0,00093 \times 1000 \times 368,5 \\
 &= 343,463 \text{ mm}^2 \\
 As\text{-min} &= 1,4 / fy \times (b \times d) \\
 &= 1,4 / 400 \times (1000 \times 368,5) \\
 &= 1289,75 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan D} & 13 - 125 (As = 1062 \text{ mm}^2) \\
 \text{2 sisi D} & 13 - 125 (As = 2124 \text{ mm}^2) \\
 & 1289,750 \text{ mm}^2 < (As = 2124,0 \text{ mm}^2) > 343,46 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

## f. Desain Tulangan Horizontal Telapak

Tulangan horizontal pada baian telapak tidak perlu diperhitungkan, sebagai perkutuan praktis diberikan tulangan horizontal dengan besaran D 13-250 mm

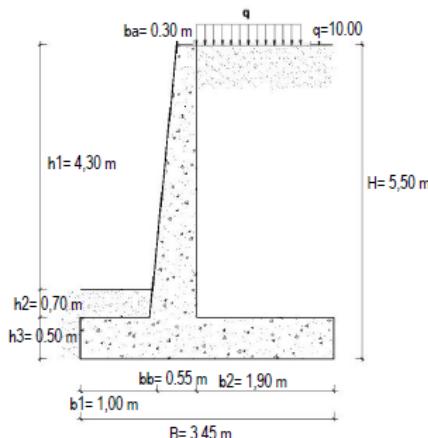
## 11. Analisa stabilitas dan penulangan Talud Kantilever type 6



## 1. DIMENSI DINDING PENAHAN TANAH

- Tinggi dari permukaan tanah ( $h_1$ ) = 4,30 m
- Tinggi tanah di depan dinding ( $h_2$ ) = 0,70 m
- Tebal telapak ( $h_3$ ) = 0,50 m
- Tinggi total ( $H$ ) = 5,50 m
- Lebar *toe* ( $b_1$ ) = 1,00 m
- Lebar *heel* ( $b_2$ ) = 1,90 m
- Tebal dinding atas ( $ba$ ) = 0,30 m
- Tebal dinding bawah ( $bb$ ) = 0,55 m
- Lebar total ( $B$ ) = 3,45 m
- Panjang Pondasi ( $L$ ) = 3,00 m
- $\alpha$  = sudut kemiringan tanah di atas DPT) = 0°

cek :  
 guling (Aman)  
 geser (Aman)  
 eksentrisita (Aman)  
 $q_{\text{toe}}$  (Aman)  
 $q_{\text{toe}}$  (Aman)



## 2. Data Tanah (asumsi)

- berat volume tanah ( $\gamma$ ) = 16,51 kN/m<sup>3</sup>
- Sudut geser ( $\phi$ ) = 28,00 °
- cohesi ( $c$ ) = 35,00 kN/m<sup>2</sup>
- Beban merata tambahan di atas tanah /lalu lintas ( $q$ ) = 10,00 kN/m<sup>2</sup>

## 3. Koefisien Tekanan Tanah (Teori Rankine)

- Koefisien Tekanan Tanah aktif ( $K_a$ )
 
$$(K_a) = \frac{\gamma H}{2} \left( \tan^2 \phi + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$(K_a) = \frac{\gamma H}{2} \left( \tan^2 \phi + \frac{28}{2} \right)$$

$$(K_a) = \frac{\gamma H}{2} \left( \tan^2 31 \right)$$

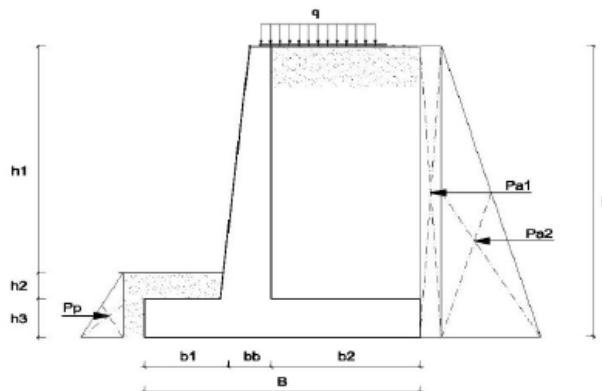
$$(K_a) = 0,361$$
- Koefisien Tekanan Tanah pasif ( $K_p$ )
 
$$(K_p) = \frac{\gamma H}{2} \left( \tan^2 \phi + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$(K_p) = \frac{\gamma H}{2} \left( \tan^2 \phi + \frac{28}{2} \right)$$

$$(K_p) = \frac{\gamma H}{2} \left( \tan^2 59 \right)$$

$$(K_p) = 2,770$$

## 4. Tekanan Tanah Aktif



- Akibat beban merata tambahan (Pa1)

$$hs = \frac{q}{\gamma} = \frac{10}{16,508} \text{ kN/m}^2$$

$$= 0,606 \text{ m}$$

$$Pa1 = \frac{Ka}{2} \times \frac{\gamma}{2} \times hs \times H$$

$$= \frac{0,361}{2} \times \frac{16,508}{2} \times 0,606 \times 5,5$$

$$= 19,857 \text{ kN}$$

- Akibat tanah dibelakang dinding (Pa2)

$$Pa2 = \frac{1}{2} \times \frac{Ka}{2} \times \frac{\gamma}{2} \times H$$

$$= \frac{1}{2} \times 0,361 \times 16,508 \times 5,5$$

$$= 90,144 \text{ kN}$$

## 5. Tekanan Tanah Pasif

$$Pp = \frac{1}{2} \times \frac{Kp}{2} \times \frac{\gamma}{2} \times (h_2 + h_3) \times H$$

$$= \frac{1}{2} \times 2,770 \times 16,51 \times 1,20 \times 5,5$$

$$= 32,921 \text{ kN}$$

## 6. Cek Terhadap Guling

- Momen pengguling (Mo)

$$Momen pengguling (Mo) = (Pa1 \times \frac{H}{2}) + (Pa2 \times \frac{H}{3})$$

$$- (Pp \times \frac{(h_3+h_2)}{3})$$

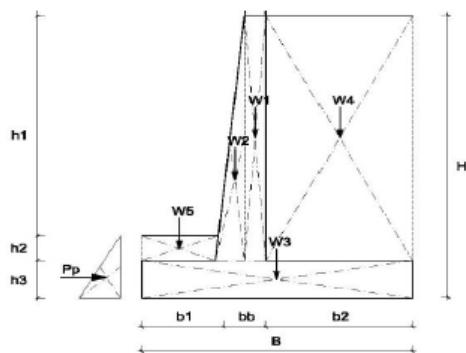
$$= (19,857 \times \frac{5,50}{2}) + (90,144 \times \frac{5,50}{3})$$

$$- (32,921 \times \frac{1,20}{3})$$

$$= 206,70191 \text{ kNm}$$

- Momen penahanan (Mb)

Komponen	Berat (kN)	Lengan (m)	Momen (kNm)
W1	36,00	1,40	50,40
W2	15,00	1,17	17,50
W3	41,40	1,73	71,42
W4	156,83	2,50	392,07
W5	11,56	0,50	5,78
Pp	32,92	0,40	13,17
Jumlah	R = 293,70		Mb = 550,33

berat beton = 24 k N/m<sup>3</sup>

- Cek terhadap guling ,  $F_s \text{ min} = 1,5$

$$F_S = \frac{M_b}{M_o} = \frac{550,33}{206,70191} = 2,662 > 1,5 \quad \dots \quad (\text{Aman})$$

## 7. Cek Terhadap Geser

- Gaya geser (  $V_o$  )

$$V_o = P_a 1 + P_a 2 \\ = 19,857 + 90,144 \\ = 110,001 \text{ kN}$$

- Gaya penahan (  $V_b$  )

$$V_b = (\mu x R) + P_p \\ = (0,6 x 293,70) + 32,921 \\ = 209,143 \text{ kN}$$

- Cek terhadap geser ,  $F_s \text{ min} = 1,5$ 

$$F_S = \frac{V_b}{V_o} = \frac{209,14}{110,001} \\ = 1,901 > 1,5 \quad \dots \quad (\text{Aman})$$

## 8. Cek Terhadap Daya Dukung Tanah

- Eksentrisitas (  $e$  )

$$e = \frac{B}{2} - \left( \frac{M_b - M_o}{R} \right) \\ = \frac{3,45}{2} - \left( \frac{550,33 - 206,702}{293,70} \right) \\ e = 0,555 \text{ m} < \frac{B}{6} = \frac{3,45}{6} = 0,575 \text{ m} \quad \dots \quad (\text{Aman})$$

- Kapasitas tanah ijin tanah (  $Q_a$  ) di titik boring BH.1, pada kedalaman -6,00 m

$$Q_{all} = 133,400 \text{ kN/m}^2$$

- Tegangan tanah di bawah dinding (  $q_{toe}$  dan  $q_{heel}$  )

$$q_{toe} = \left( \frac{R}{B} \right) \times \left( 1 + \left( \frac{6x e}{B} \right) \right) \\ = \left( \frac{136,88}{3,45} \right) \times \left( 1 + \left( \frac{6x 0,555}{3,45} \right) \right) \\ = 77,971 \text{ kN/m}^2 < Q_a = 133,400 \text{ kN/m}^2 \quad \dots \quad (\text{Aman})$$

$$q_{heel} = \left( \frac{R}{B} \right) \times \left( 1 - \left( \frac{6x e}{B} \right) \right) \\ = \left( \frac{136,88}{3,45} \right) \times \left( 1 - \left( \frac{6x 0,555}{3,45} \right) \right) \\ = 1,378 \text{ kN/m}^2 > 0 \quad \dots \quad (\text{Aman})$$

## 9. Desain Tulangan Lentur

## a . Desain Tulangan lentur untuk 1/2 H bagian bawah

$$\begin{aligned} D &= 16 \text{ mm} \\ f_y &= 400 \text{ MPa} \\ f'_c &= 21,7 \text{ MPa} \\ \text{tebal dinding (Bb)} &= 550 \text{ mm} \\ \text{selimut beton (Ts)} &= 75 \text{ mm} \\ \text{tebal efektif (d)} &= 550 - 75 - (0,5x 16) \\ &= 467 \text{ mm} \\ &= 0,467 \text{ m} \\ \text{lebar ditinjau (b)} &= 1000 \text{ mm} \\ &= 1 \text{ m} \end{aligned}$$

## Momen ultimit (Mu)

$$\begin{aligned} P_1 &= 1,6 \times K_a \times y \times h_s \times (h_1 + h_2) \\ &= 1,6 \times 0,361 \times 16,51 \times 0,606 \times (4,30 + 0,70) \\ &= 28,883 \text{ kN} \\ P_2 &= 1/2 \times 1,6 \times K_a \times y \times h_1 \times h_2 \times (h_1 + h_2) \\ &= 1/2 \times 1,6 \times 0,361 \times 16,51 \times 4,30 \times 0,70 \times (4,30 + 0,70) \\ &= 119,199 \text{ kN} \\ Mu &= (P_1 \times \frac{h_1 + h_2}{2}) + (P_2 \times \frac{h_1 + h_2}{3}) \\ &= (28,883 \times \frac{4,30 + 0,70}{2}) + (119,199 \times \frac{4,30 + 0,70}{3}) \\ &= 270,871 \text{ kNm} \end{aligned}$$

## Tulangan yang diperlukan (As)

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{\mu}{\Phi} \times \frac{b}{1} \times \frac{d}{0,467}^2 \\ &= \frac{270,871}{0,9 \times 1 \times 0,467^2} \\ &= 1380,025 \text{ kN/m}^2 \\ &= 1,380 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 p &= \left( \frac{0,85}{f_y} \times \frac{f'_c}{21,7} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{x}{d} \times \frac{R_n}{f'_c}} \right) \\
 &= \left( \frac{0,85}{400} \times \frac{21,7}{21,7} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{x}{d} \times \frac{1,380}{21,7}} \right) \\
 &= (0,046113) \times \left( 1 - \sqrt{1 - 0,1496367} \right) \\
 &= 0,0461125 \times 0,0778486 \\
 &= 0,00359
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As\text{-perlu} &= p \times b \times d \\
 &= 0,00359 \times 1000 \times 467 \\
 &= 1676,433 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As\text{-min} &= 0,0015 \times b \times bb \\
 &= 0,0015 \times 1000 \times 550 \\
 &= 825,000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Digunakan D} & 16 \quad - \quad 150 \quad (As = 1608 \text{ mm}^2) \\
 \text{2 sisi D} & 16 \quad - \quad 150 \quad (As = 3216 \text{ mm}^2) \\
 & 825,000 \text{ mm}^2 < (As = 3216,0 \text{ mm}^2) > 1676,433 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

b . Desain Tulangan lentur untuk 1/2 H bagian atas

$$\begin{aligned}
 D &= 16 \text{ mm} \\
 f_y &= 400 \text{ MPa} \\
 f'_c &= 21,7 \text{ MPa} \\
 \text{tebal dinding (Bd)} &= \frac{ba}{2} + \frac{bb}{2} \\
 &= \frac{300}{2} + \frac{550}{2} \\
 &= 425 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{selimut beton (Ts)} &= 75 \text{ mm} \\
 \text{tebal efektif (d)} &= 425 - 75 - (0,5 \times 16) \\
 &= 342 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{lebar ditinjau (b)} &= 1000 \text{ mm} \\
 &= 1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen ultimit (Mu)} \\
 P_1 &= 1,6 \times K_a \times y \times h_s \times \left( \frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2} \right) \\
 &= 1,6 \times 0,361 \times 16,51 \times 0,606 \times \left( \frac{4,30}{2} + \frac{0,70}{2} \right) \\
 &= 14,441 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_2 &= \frac{1}{2} \times 1,6 \times K_a \times y \times \left( h_1 + h_2 \right) \times \left( \frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2} \right) \\
 &= \frac{1}{2} \times 1,6 \times 0,361 \times 16,51 \times \left( \frac{4,30}{2} + \frac{0,70}{2} \right) \times \left( \frac{4,30}{2} + \frac{0,70}{2} \right) \\
 &= 59,599 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Tulangan yang diperlukan (As)

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{\mu}{\phi} \times \frac{b}{d} \times \frac{d^2}{67,718} \\
 &= \frac{0,9}{643,292 \text{ kN/m}^2} \times \frac{1}{0,342} \times \frac{0,342^2}{67,718} \\
 &= 0,643 \text{ N/mm}^2 \\
 p &= \left( \frac{0,85}{f_y} \times \frac{f'_c}{21,7} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{x}{d} \times \frac{R_n}{f'_c}} \right) \\
 &= \left( \frac{0,85}{400} \times \frac{21,7}{21,7} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{x}{d} \times \frac{0,643}{21,7}} \right) \\
 &= (0,046113) \times \left( 1 - \sqrt{1 - 0,0697525} \right) \\
 &= 0,0461125 \times 0,0355066 \\
 &= 0,00164
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As\text{-perlu} &= p \times b \times d \\
 &= 0,00164 \times 1000 \times 342 \\
 &= 559,956 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As_{\text{min}} &= 0,0015 \times b \times bb \\
 &= 0,0015 \times 1000 \times 425 \\
 &= 637,500 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan D} & 16 - 300 \quad (As = 670 \text{ mm}^2) \\
 \text{2 sisi D} & 16 - 300 \quad (As = 1340 \text{ mm}^2) \\
 & 637,500 \text{ mm}^2 < (As = 1340,0 \text{ mm}^2) > 559,956 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

c . Desain Tulangan Susut Dan Suhu Dinding ( tulangan Horizontal )  
bagian bawah

Tulangan horizontal pada dasar dinding sesuai SNI 2847-2013 Pasal 14.3.3 adalah

$$\begin{aligned}
 As_{\text{min}} &= 0,0020 \times b \times bb \\
 &= 0,0020 \times 1000 \times 550 \\
 &= 1100,00 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Sesuai SNI 2847-2013 Pasal 14.3.4 adalah, maka luas tulangan dibagi merata menjadi dua sisi

$$\begin{aligned}
 As &= 0,5 \times As_{\text{min}} \\
 &= 0,5 \times 1100 \\
 &= 550,00 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan D} & 13 - 200 \quad (As = 664 \text{ mm}^2) > 550,00 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

bagian atas

Tulangan horizontal pada dasar dinding sesuai SNI 2847-2013 Pasal 14.3.3 adalah

$$\begin{aligned}
 As_{\text{min}} &= 0,0020 \times b \times bb \\
 &= 0,0020 \times 1000 \times 300 \\
 &= 600,00 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Sesuai SNI 2847-2013 Pasal 14.3.4 adalah, maka luas tulangan dibagi merata menjadi dua sisi

$$\begin{aligned}
 As &= 0,5 \times As_{\text{min}} \\
 &= 0,5 \times 600 \\
 &= 250,00 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan D} & 13 - 300 \quad (As = 531 \text{ mm}^2) > 250,00 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

d . Desain Terhadap Geser

Penampang kritis untuk tinjauan geser adalah seja

$$\begin{aligned}
 &\text{467 mm dari dasar dinding,} \\
 &\text{yaitu sejarak dg} = ( h1 + h2 ) - d \\
 &= ( 4,30 + 0,70 ) - 0,467 \text{ m} \\
 &= 4,53 \text{ m} \\
 \text{sehingga P1} &= 1,6 \times Ka \times y \times hs \times dg \\
 &= 1,6 \times 0,361 \times 16,51 \times 0,606 \times 4,53 \\
 &= 26,185 \text{ kN} \\
 P2 &= 1/2 \times 1,6 \times Ka \times y \times dg \times dg \\
 &= 1/2 \times 1,6 \times 0,361 \times 16,51 \times 4,53 \times 4,53 \\
 &= 97,972 \text{ kN} \\
 Vu &= P1 + P2 \\
 &= 26,185 + 97,972 \\
 &= 124,157 \text{ kN} \\
 \varphi Vc &= \varphi \times ( 0,17 \times \lambda \times \sqrt{fc'} \times b \times x \times d ) \\
 &= 0,75 \times ( 0,17 \times 1 \times \sqrt{21,7} \times 1000 \times 467 ) \\
 &= 277368,37 \text{ N} \\
 &= 277,368 \text{ kN} \quad > \quad Vu = 124,157 \text{ kN} \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

e . Desain Tulangan Bagian Hell

$$\begin{aligned}
 Vu &= 1,2 ((b2.(h1+h2).y)+(b2.h3.24)) + 1,6 (b2.hs.q) \\
 &= (1,2 \times 179,626) + (1,6 \times 11,5096) \\
 &= 233,96651 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \varphi Vc &= \varphi \times ( 0,17 \times \lambda \times \sqrt{fc'} \times b \times x \times d ) \\
 &= 0,75 \times ( 0,17 \times 1 \times \sqrt{21,7} \times 1000 \times 467 ) \\
 &= 277368,37 \text{ N}
 \end{aligned}$$

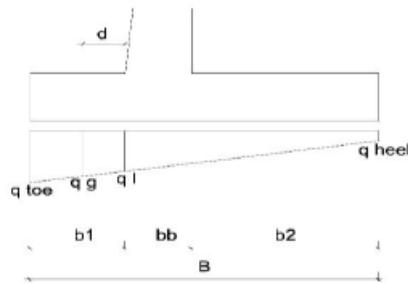
$$\begin{aligned}
 Mu &= Vu \times \left( \frac{b2}{2} \right) \\
 &= 233,96651 \times \left( \frac{1,90}{2} \right) \\
 &= 222,268 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{kebutuhan tulangan,} \\
 Rn &= \frac{Mu}{\varphi \times b \times d} \\
 &= \frac{222,27}{0,9 \times 1 \times 0,467} \\
 &= 1132,4031 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 p &= \left( \frac{0,85 \times fc'}{fy} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{Rn}{fc'}} \right) \\
 &= \left( \frac{0,85 \times 21,7}{400} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{1,132}{21,7}} \right) \\
 &= ( 0,046113 ) \times ( 1 - 0,122787 ) \\
 &= 0,0461125 \times 0,0634035 \\
 &= 0,00292
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As\text{-perlu} &= \frac{\rho}{0,00232} \times \frac{x}{1000} \times \frac{b}{x} \times \frac{d}{467} \\
 &= 1365,365 \text{ mm}^2 \\
 As\text{-min} &= \frac{1,4 / f_y}{400} \times \frac{x}{1000} \times \frac{b}{x} \times \frac{d}{467} \\
 &= 1634,50 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan D} & 16 - 150 \quad (As = 1340 \text{ mm}^2) \\
 \text{2 sisi D} & 16 - 150 \quad (As = 2680 \text{ mm}^2) \\
 & 1634,500 \text{ mm}^2 < (As = 2680,0 \text{ mm}^2) > 1365,37 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

## e. Desain Tulangan Bagian Toe



$$\begin{aligned}
 d &= 467 \text{ mm} = 0,467 \text{ m} \\
 q_{\text{toe}} &= 77,971 \text{ kN/m}^2 \\
 q_{\text{heel}} &= 1,378 \text{ kN/m}^2 \\
 q_l &= 55,770126 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{tijaunan geser}) \\
 q_g &= 66,137917 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{tijaunan lentur}) \\
 V_u &= 1,6 \cdot ((b_1 \cdot d) \cdot (q_{\text{toe}} + q_g/2)) - 1,2 \cdot (h_3 \cdot (b_1 \cdot d) \cdot 24) \\
 &= (1,6 \times 38,405) + (1,2 \times 6,396) \\
 &= 69,123227 \text{ kN} \\
 \phi V_c &= \frac{\phi}{0,75} \times \left( \frac{0,17}{0,17} \times \frac{\lambda}{1} \times \sqrt{\frac{f'_c}{21,7}} \times \frac{b}{1000} \times \frac{d}{467} \right) \\
 &= 277368,37 \text{ N} \\
 &= 277,368 \text{ kN} > V_u = 69,123 \text{ kN} \dots (\text{OK}) \\
 M_u &= 1,6 \cdot ((q_l - q_{\text{heel}}) \cdot b_1 \cdot (b_1/2)) + (1/2 \cdot b_1 \cdot (q_{\text{toe}} - (q_l - q_{\text{heel}})) \cdot 2/3 \cdot b_1) - 1,2 \cdot (b_1 \cdot h_3 \cdot (b_1/2) \cdot 24) \\
 &= 1,6 \times \{ 27,20 + 7,86 \} - 1,2 \times 6,00 \\
 &= 48,889061 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

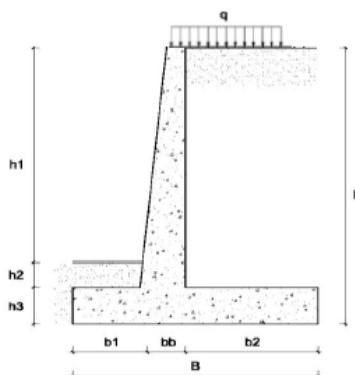
kebutuhan tulangan,

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\frac{\phi}{0,9} \times \frac{b}{1} \times \frac{d}{0,467}^2} \\
 &= \frac{48,89}{249,07803 \text{ kN/m}^2} \\
 &= 0,249 \text{ N/mm}^2 \\
 p &= \left( \frac{0,85}{f_y} \times \frac{f'_c}{21,7} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{R_n}{f'_c}} \right) \\
 &= \left( \frac{0,85}{400} \times \frac{21,7}{21,7} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{0,249}{21,7}} \right) \\
 &= 0,046113 \times \sqrt{1 - 0,0270076} \\
 &= 0,0461125 \times 0,0135963 \\
 &= 0,00063 \\
 As\text{-perlu} &= \frac{\rho}{0,00063} \times \frac{x}{1000} \times \frac{b}{x} \times \frac{d}{467} \\
 &= 292,789 \text{ mm}^2 \\
 As\text{-min} &= \frac{1,4 / f_y}{400} \times \frac{x}{1000} \times \frac{b}{x} \times \frac{d}{467} \\
 &= 1634,50 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan D} & 16 - 150 \quad (As = 1340 \text{ mm}^2) \\
 \text{2 sisi D} & 16 - 150 \quad (As = 2680 \text{ mm}^2) \\
 & 1634,500 \text{ mm}^2 < (As = 2680,0 \text{ mm}^2) > 292,79 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

## f. Desain Tulangan Horizontal Telapak

Tulangan horizontal pada baian telapak tidak perlu diperhitungkan, sebagai perkutu praktis diberikan tulangan horizontal dengan besaran D 13-200 mm

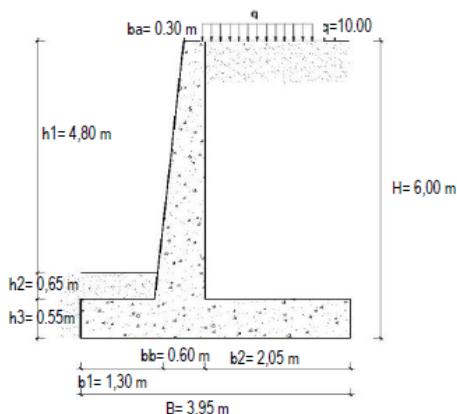
## 12. Analisa stabilitas dan penulangan Talud Kantilever type 7



### 1. DIMENSI DINDING PENAHAN TANAH

- Tinggi dari pemukaan tanah ( $h_1$ ) = 4,80 m
- Tinggi tanah di depan dinding ( $h_2$ ) = 0,65 m
- Tebal telapak ( $h_3$ ) = 0,55 m
- Tinggi total ( $H$ ) = 6,00 m
- Lebar toe ( $b_1$ ) = 1,30 m
- Lebar heel ( $b_2$ ) = 2,05 m
- Tebal dinding atas ( $b_a$ ) = 0,30 m
- Tebal dinding bawah ( $b_b$ ) = 0,60 m
- Lebar total ( $B$ ) = 3,95 m
- Panjang Pondasi ( $L$ ) = 3,00 m
- $\alpha$  = sudut kemiringan tanah di atas DPT = 0°

cek :  
 guling (Aman)  
 geser (Aman)  
 eksentrisita (Aman)  
 q toe (Aman)  
 q toe (Aman)



### 2. Data Tanah (asumsi)

- berat volume tanah ( $\gamma$ ) = 16,51 kN/m<sup>3</sup>
- Sudut geser ( $\phi$ ) = 28,00 °
- cohesi ( $c$ ) = 35,00 kN/m<sup>2</sup>
- Beban merata tambahan di atas tanah /lalu lintas ( $q$ ) = 10,00 kN/m<sup>2</sup>

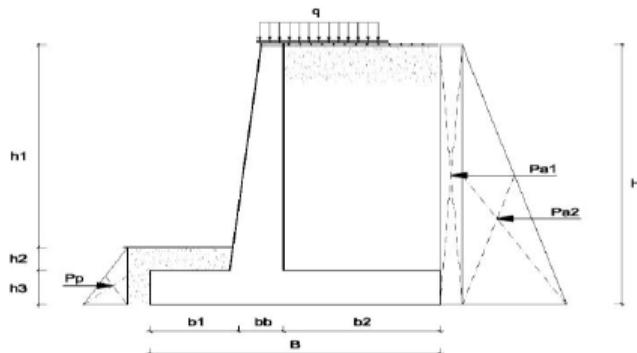
### 3. Koefisien Tekanan Tanah (Teori Rankine)

- Koefisien Tekanan Tanah aktif ( $K_a$ )
 
$$(K_a) = \frac{\tan^2(45 - \frac{\phi}{2})}{\tan^2(45 - \frac{\phi}{2}) + \frac{28}{2}}$$

$$(K_a) = \frac{\tan^2(31)}{0,361}$$
- Koefisien Tekanan Tanah pasif ( $K_p$ )
 
$$(K_p) = \frac{\tan^2(45 + \frac{\phi}{2})}{\tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) + \frac{28}{2}}$$

$$(K_p) = \frac{\tan^2(59)}{2,770}$$

## 4. Tekanan Tanah Aktif



- Akibat beban merata tambahan ( $Pa_1$ )

$$\begin{aligned} hs &= \frac{q}{\gamma} = \frac{10}{16,508} \text{ kN/m}^2 \\ &= 0,606 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pa_1 &= K_a \times \gamma \times hs \times H \\ &= 0,361 \times 16,508 \times 0,606 \times 6 \\ &= 21,662 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Akibat tanah dibelakang dinding ( $Pa_2$ )

$$\begin{aligned} Pa_2 &= \frac{1/2 \times K_a \times \gamma \times H}{1/2 \times 0,361 \times 16,508 \times 6,00} \\ &= 107,279 \text{ kN} \end{aligned}$$

## 5. Tekanan Tanah Pasif

$$\begin{aligned} P_p &= \frac{1/2 \times K_p \times \gamma \times (h_2 + h_3)}{1/2 \times 2,770 \times 16,51 \times 1,20} \\ &= 32,921 \text{ kN} \end{aligned}$$

## 6. Cek Terhadap Guling

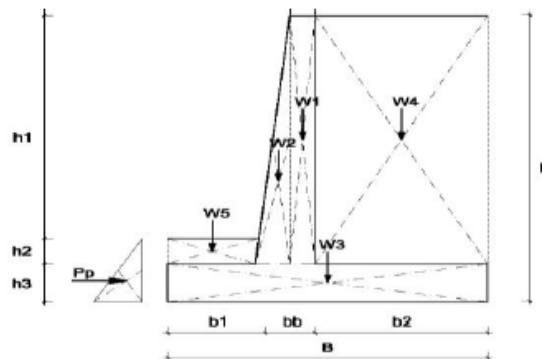
- Momen pengguling ( $M_o$ )

$$\begin{aligned} \text{Momen pengguling } (M_o) &= (Pa_1 \times \frac{H}{2}) + (Pa_2 \times \frac{H}{3}) \\ &- (P_p \times \frac{(h_2+h_3)}{3}) \\ &= (21,662 \times \frac{6,00}{2}) + (107,279 \times \frac{6,00}{3}) \\ &- (32,921 \times \frac{1,20}{3}) \\ &= 266,3753 \text{ kNm} \end{aligned}$$

- Momen penahanan ( $M_b$ )

Komponen	Berat (kN)	Lengan (m)	Momen (kNm)
W 1	39,24	1,75	68,67
W 2	19,62	1,50	29,43
W 3	52,14	1,98	102,98
W 4	184,44	2,93	539,47
W 5	13,95	0,65	9,07
Pp	32,92	0,40	13,17
Jumlah	R = 342,31		Mb = 762,79

berat beton = 24 k N/m<sup>3</sup>



- Cek terhadap guling ,  $F_s \text{ min} = 1,5$

$$F_s = \frac{Mb}{Mo} = \frac{762,79}{266,3753} = 2,864 > 1,5 \dots \text{(Aman)}$$

## 7. Cek Terhadap Geser

- Gaya geser (  $V_o$  )

$$V_o = Pa_1 + Pa_2 \\ = 21,662 + 107,279 \\ = 128,941 \text{ kN}$$

- Gaya penahan (  $V_b$  )

$$V_b = (\mu x R) + P_p \\ = (0,6 x 342,31) + 32,921 \\ = 238,305 \text{ kN}$$

- Cek terhadap geser ,  $F_s \text{ min} = 1,5$

$$F_s = \frac{V_b}{V_o} = \frac{238,31}{128,941} = 1,848 > 1,5 \dots \text{(Aman)}$$

## 8. Cek Terhadap Daya Dukung Tanah

- Eksentrisitas (  $e$  )

$$e = \frac{B}{2} - \left( \frac{Mb}{R} - \frac{Mo}{R} \right) \\ = \frac{3,95}{2} - \left( \frac{762,79}{342,31} - \frac{266,375}{342,31} \right) \\ e = 0,525 \text{ m} < \frac{B}{6} = \frac{3,95}{6} = 0,658 \text{ m} \dots \text{(Aman)}$$

- Kapasitas tanah ijin tanah (  $Q_a$  ) di titik boring BH.1, pada kedalaman - 6,00 m

$$Q_{all} = 133,400 \text{ kN/m}^2$$

- Tegangan tanah di bawah dinding (  $q_{toe}$  dan  $q_{heel}$  )

$$q_{toe} = \left( \frac{R}{B} \right) \times \left( 1 + \left( \frac{6x}{B} \right) \right) \\ = \left( \frac{157,87}{3,95} \right) \times \left( 1 + \left( \frac{6x}{3,95} \right) \right) \\ = 71,828 \text{ kN/m}^2 < Q_a = 133,400 \text{ kN/m}^2 \dots \text{(Aman)}$$

$$q_{heel} = \left( \frac{R}{B} \right) \times \left( 1 - \left( \frac{6x}{B} \right) \right) \\ = \left( \frac{157,87}{3,95} \right) \times \left( 1 - \left( \frac{6x}{3,95} \right) \right) \\ = 8,106 \text{ kN/m}^2 > 0 \dots \text{(Aman)}$$

## 9. Desain Tulangan Lentur

## a . Desain Tulangan lentur untuk 1/2 H bagian bawah

$$\begin{aligned} D &= 16 \text{ mm} \\ f_y &= 400 \text{ MPa} \\ f_{c'} &= 21,7 \text{ MPa} \\ \text{tebal dinding (Bb)} &= 600 \text{ mm} \\ \text{selimut beton (Ts)} &= 75 \text{ mm} \\ \text{tebal efektif (d)} &= 600 - 75 - (0,5 \times 16) \\ &= 517 \text{ mm} \\ \text{lebar ditinjau (b)} &= 0,517 \text{ m} \\ &= 1000 \text{ mm} \\ &= 1 \text{ m} \end{aligned}$$

## Momen ultimit (Mu)

$$\begin{aligned} P_1 &= 1,6 \times Ka \times y \times h_s \times (h_1 + h_2) \\ &= 1,6 \times 0,361 \times 16,51 \times 0,606 \times (4,80 + 0,65) \\ &= 31,482 \text{ kN} \\ P_2 &= 1/2 \times 1,6 \times Ka \times y \times h_1 \times (h_1 + h_2) \times (h_1 + h_2) \\ &= 1/2 \times 1,6 \times 0,361 \times 16,51 \times 4,80 \times (4,80 + 0,65) \\ &= 141,620 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mu &= (P_1 \times \left( \frac{h_1 + h_2}{2} \right)) + (P_2 \times \left( \frac{h_1 + h_2}{3} \right)) \\ &= (31,482 \times \left( \frac{4,80 + 0,65}{2} \right)) + (141,620 \times \left( \frac{4,80 + 0,65}{3} \right)) \\ &= 343,065 \text{ kNm} \end{aligned}$$

## Tulangan yang diperlukan (As)

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} \\ &= \frac{343,065}{0,9 \times 1 \times 0,517^2} \\ &= 1426,111 \text{ kN/m}^2 \\ &= 1,426 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 p &= \left( \frac{0,85}{f_y} \times \frac{f'_c}{21,7} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{R_n}{f'_c}} \right) \\
 &= \left( \frac{0,85}{400} \times \frac{21,7}{21,7} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{1426}{21,7}} \right) \\
 &= (0,046113) \times \left( 1 - \sqrt{1 - 0,1546338} \right) \\
 &= 0,0461125 \times 0,080562 \\
 &= 0,00371
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As\text{-perlu} &= \frac{p}{f_y} \times b \times d \\
 &= 0,00371 \times 1000 \times 517 \\
 &= 1920,612 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As\text{-min} &= 0,0015 \times b \times bb \\
 &= 0,0015 \times 1000 \times 600 \\
 &= 900,000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Digunakan D} & 16 \quad - \quad 125 \quad (As = 1608 \text{ mm}^2) \\
 \text{2 sisi D} & 16 \quad - \quad 125 \quad (As = 3216 \text{ mm}^2) \\
 & 900,000 \text{ mm}^2 < (As = 3216,0 \text{ mm}^2) > 1920,612 \text{ mm}^2 \dots \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

b . Desain Tulangan lentur untuk 1/2 H bagian atas

$$\begin{aligned}
 D &= 16 \text{ mm} \\
 f_y &= 400 \text{ MPa} \\
 f'_c &= 21,7 \text{ MPa} \\
 \text{tebal dinding (Bd)} &= \frac{ba}{2} + \frac{bb}{2} \\
 &= \frac{300}{2} + \frac{600}{2} \\
 &= 450 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{selimut beton (Ts)} &= 75 \text{ mm} \\
 \text{tebal efektif (d)} &= 450 - 75 - (0,5 \times 16) \\
 &= 367 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{lebar ditinjau (b)} &= 1000 \text{ mm} \\
 &= 1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen ultimit (Mu)} \\
 P_1 &= 1,6 \times K_a \times \gamma \times h_s \times \left( \frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2} \right) \\
 &= 1,6 \times 0,361 \times 16,51 \times 0,606 \times \left( \frac{4,80}{2} + \frac{0,65}{2} \right) \\
 &= 15,741 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_2 &= 1/2 \times 1,6 \times K_a \times \gamma \times h_1 \times \left( \frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2} \right) \times \left( \frac{4,80}{2} + \frac{0,65}{2} \right) \\
 &= 1/2 \times 1,6 \times 0,361 \times 16,51 \times \left( \frac{4,80}{2} + \frac{0,65}{2} \right) \times \left( \frac{4,80}{2} + \frac{0,65}{2} \right) \\
 &= 70,810 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mu &= (P_1 \times \left( \frac{h_1}{4} + \frac{h_2}{4} \right)) + (P_2 \times \left( \frac{h_1}{6} + \frac{h_2}{6} \right)) \\
 &= (15,741 \times \left( \frac{4,80}{4} + \frac{0,65}{4} \right)) + (70,810 \times \left( \frac{4,80}{6} + \frac{0,65}{6} \right)) \\
 &= 85,766 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Tulangan yang diperlukan (As)

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{\mu}{\varphi \times b \times d^2} \\
 &= \frac{85,766}{0,9 \times 1 \times 0,367^2} \\
 &= 707,526 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 p &= \left( \frac{0,85}{f_y} \times \frac{f'_c}{21,7} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{R_n}{f'_c}} \right) \\
 &= \left( \frac{0,85}{400} \times \frac{21,7}{21,7} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{707,526}{21,7}} \right) \\
 &= (0,046113) \times \left( 1 - \sqrt{1 - 0,0767173} \right) \\
 &= 0,0461125 \times 0,039124 \\
 &= 0,00180
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As\text{-perlu} &= \frac{p}{f_y} \times b \times d \\
 &= 0,00180 \times 1000 \times 367 \\
 &= 662,107 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As_{\min} &= 0,0015 \times b \times bb \\
 &= 0,0015 \times 1000 \times 450 \\
 &= 675,000 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan D} & 16 - 250 \quad (As = 804 \text{ mm}^2) \\
 \text{2 sisi D} & 16 - 250 \quad (As = 1608 \text{ mm}^2) \\
 & 675,000 \text{ mm}^2 < (As = 1608,0 \text{ mm}^2) > 662,107 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

c . Desain Tulangan Susut Dan Suhu Dinding ( tulangan Horizontal )

bagian bawah

Tulangan horizontal pada dasar dinding sesuai SNI 2847-2013 Pasal 14.3.3 adalah

$$\begin{aligned}
 As_{\min} &= 0,0020 \times b \times bb \\
 &= 0,0020 \times 1000 \times 600 \\
 &= 1200,00 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Sesuai SNI 2847-2013 Pasal 14.3.4 adalah, maka luas tulangan dibagi merata menjadi dua sisi

$$\begin{aligned}
 As &= 0,5 \times As_{\min} \\
 &= 0,5 \times 1200 \\
 &= 600,00 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan D} & 13 - 175 \quad (As = 758 \text{ mm}^2) > 600,00 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

bagian atas

Tulangan horizontal pada dasar dinding sesuai SNI 2847-2013 Pasal 14.3.3 adalah

$$\begin{aligned}
 As_{\min} &= 0,0020 \times b \times bb \\
 &= 0,0020 \times 1000 \times 300 \\
 &= 600,00 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Sesuai SNI 2847-2013 Pasal 14.3.4 adalah, maka luas tulangan dibagi merata menjadi dua sisi

$$\begin{aligned}
 As &= 0,5 \times As_{\min} \\
 &= 0,5 \times 600 \\
 &= 300,00 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan D} & 13 - 300 \quad (As = 442 \text{ mm}^2) > 300,00 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

d . Desain Terhadap Geser

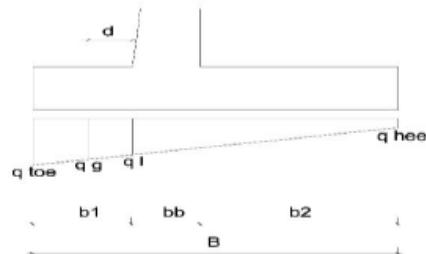
$$\begin{aligned}
 \text{Penampang kritis untuk tinjauan geser adalah seja} & 517 \text{ mm dari dasar dinding,} \\
 \text{yaitu sejarak dg} & = (h_1 + h_2) - d \\
 & = (4,80 + 0,65) - 0,517 \text{ m} \\
 & = 4,93 \text{ m} \\
 \text{sehingga P1} & = 1,6 \times K_a \times y \times h_s \times d_g \\
 & = 1,6 \times 0,361 \times 16,51 \times 0,606 \times 4,93 \\
 & = 28,496 \text{ kN} \\
 P2 & = 1/2 \times 1,6 \times K_a \times y \times d_g \times d_g \\
 & = 1/2 \times 1,6 \times 0,361 \times 16,51 \times 4,93 \times 4,93 \\
 & = 116,026 \text{ kN} \\
 Vu & = P1 + P2 \\
 & = 28,496 + 116,026 \\
 & = 144,521 \text{ kN} \\
 \varphi Vc & = \varphi \times (0,17 \times 1 \times \sqrt{f'_c}) \times b \times x \times d \\
 & = 0,75 \times (0,17 \times 1 \times \sqrt{21,7}) \times 1000 \times x \times 517 \\
 & = 307065,2 \text{ N} \\
 & = 307,065 \text{ kN} \quad > \quad Vu = 144,521 \text{ kN} \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

e . Desain Tulangan Bagian Hell

$$\begin{aligned}
 Vu & = 1,2 \cdot ((b_2 \cdot (h_1 + h_2) \cdot y) + (b_2 \cdot h_3 \cdot 2,4)) + 1,6 \cdot (b_2 \cdot h_s \cdot a) \\
 & = (1,2 \times 211,49563) + (1,6 \times 12,4182) \\
 & = 273,66391 \text{ kN} \\
 \varphi Vc & = \varphi \times (0,17 \times 1 \times \sqrt{f'_c}) \times b \times x \times d \\
 & = 0,75 \times (0,17 \times 1 \times \sqrt{21,7}) \times 1000 \times x \times 517 \\
 & = 307065,2 \text{ N} \\
 & = 307,065 \text{ kN} \quad > \quad Vu = 273,664 \text{ kN} \dots (\text{OK}) \\
 Mu & = Vu \times \left( \frac{b_2}{2} \right) \\
 & = 273,66391 \times \left( \frac{2,05}{2} \right) \\
 & = 280,506 \text{ kNm} \\
 \text{kebutuhan tulangan,} & \\
 Rn & = \frac{Mu}{\varphi \times b \times x \times d^2} \\
 & = \frac{280,51}{0,9 \times 1 \times 0,517^2} \\
 & = 1166,0517 \text{ kN/m}^2 \\
 & = 1,166 \text{ N/mm}^2 \\
 p & = \left( \frac{0,85 \times f'_c}{f_y} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{Rn}{f'_c}} \right) \\
 & = \left( \frac{0,85 \times 21,7}{400} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{1,166}{21,7}} \right) \\
 & = (0,046113) \times \left( 1 - \sqrt{1 - 0,1264355} \right) \\
 & = 0,0461125 \times 0,0653533 \\
 & = 0,00301
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As\text{-perlu} &= \frac{\rho}{f_y} \times b \times x \times d \\
 &= \frac{0,00301}{400} \times 1000 \times 517 \\
 &= 1558,033 \text{ mm}^2 \\
 As\text{-min} &= 1,4 / f_y \times x (b \times x \times d) \\
 &= 1,4 / 400 \times 1000 \times 517 \\
 &= 1809,50 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan D} & 16 - 150 \quad (As = 1340 \text{ mm}^2) \\
 2 \text{ sisi D} & 16 - 150 \quad (As = 2680 \text{ mm}^2) \\
 & 1809,50 \text{ mm}^2 < (As = 2680,0 \text{ mm}^2) > 1558,03 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

## e. Desain Tulangan Bagian Toe



$$\begin{aligned}
 d &= 517 \text{ mm} = 0,517 \text{ m} \\
 q_{\text{toe}} &= 71,828 \text{ kN/m}^2 \\
 q_{\text{heel}} &= 8,106 \text{ kN/m}^2 \\
 q_l &= 50,856411 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{tajaunan geser}) \\
 q_g &= 59,19668 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{tajaunan lentur}) \\
 V_u &= 1,6 . ((b_1-d).(q_{\text{toe}}+q_g/2)) - 1,2 . (h_3.(b_1-d).24) \\
 &= (1,6 \times 51,296) + (1,2 \times 10,3356) \\
 &= 94,476625 \text{ kN} \\
 \phi V_c &= \frac{\phi}{0,75} \times (0,17 \times 1 \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times 1000 \times 517) \\
 &= 307065,2 \text{ N} \\
 &= 307,065 \text{ kN} > V_u = 94,477 \text{ kN} \dots (\text{OK}) \\
 M_u &= 1,6 . (((q_l-q_{\text{heel}}).b_1.(b_1/2)) + (1/2.b_1.(q_{\text{toe}}-(q_l-q_{\text{heel}})).2/3b_1)) - 1,2 . (b_1.h_3.(b_1/2).24) \\
 &= 1,6 \times \{ 36,12 + 16,38 \} - 1,2 \times 11,15 \\
 &= 70,62204 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

kebutuhan tulangan,

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\frac{\phi}{0,9} \times \frac{b}{1} \times \frac{d}{0,517}} \\
 &= \frac{293,57406 \text{ kN/m}^2}{0,294 \text{ N/mm}^2} \\
 \rho &= \left( \frac{0,85}{f_y} \times \frac{f'_c}{21,7} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{R_n}{f'_c}} \right) \\
 &= \left( \frac{0,85}{400} \times \frac{21,7}{21,7} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{0,046113}{21,7}} \right) \\
 &= 0,046113 \times \sqrt{1 - 0,0318324} \\
 &= 0,0461125 \times 0,0160449 \\
 &= 0,00074 \\
 As\text{-perlu} &= \frac{\rho}{f_y} \times b \times x \times d \\
 &= \frac{0,00074}{400} \times 1000 \times 517 \\
 &= 382,513 \text{ mm}^2 \\
 As\text{-min} &= 1,4 / f_y \times x (b \times x \times d) \\
 &= 1,4 / 400 \times 1000 \times 517 \\
 &= 1809,50 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan D} & 16 - 150 \quad (As = 1340 \text{ mm}^2) \\
 2 \text{ sisi D} & 16 - 150 \quad (As = 2680 \text{ mm}^2) \\
 & 1809,50 \text{ mm}^2 < (As = 2680,0 \text{ mm}^2) > 382,51 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

## f. Desain Tulangan Horizontal Telapak

Tulangan horizontal pada baian telapak tidak perlu diperhitungkan, sebagai perkutu praktis diberikan tulangan horizontal dengan besaran D 13-200 mm

## 6.8 Stabilitas Lereng

### 6.8.1 Pengertian Umum

Lereng adalah bidang miring yang menghubungkan bidang-bidang lain yang mempunyai elevasi yang berbeda. Lereng terbentuk secara alamiah maupun dengan bantuan manusia. Ditinjau dari jenisnya, secara umum lereng terbagi atas 3 bagian yaitu :

- a. Lereng alam yaitu lereng yang terjadi akibat proses-proses alamiah, misalnya lereng pada perbukitan.
- b. Lereng yang dibuat dalam pada tanah asli misalnya bilamana tanah dipotong untuk pembuatan jalan atau saluran air irigasi.
- c. Lereng yang dibuat dari tanah yang dipadatkan misalnya tanggul atau bendungan urugan tanah.

Disetiap macam lereng, kemungkinan terjadi longsor selalu ada. Longsor terjadi akibat gaya dorong (driving force) melampaui gaya berlawanan yang berasal dari kekuatan geser tanah sepanjang bidang longsor (Das,1985). Secara teknik dapat dikatakan bahwa longsor terjadi apabila faktor keamaan tidak memenuhi ( $F_k < 1,5$ ).

### 6.8.2 Penyebab Terjadinya Longsor

Banyak faktor yang mempengaruhi stabilitas lereng seperti geologi dan hidrologi, topografi, iklim perubahan cuaca. Namun selain itu, kelongsoran juga terjadi akibat (Hardiyatmo, 2010) :

- Penambahan beban pada lereng. Tambahan beban pada lereng berupa bangunan baru, tambahan beban pada lereng oleh air yang masuk kedalam pori-pori tanah maupun yang menggenang di permukaan lereng.
- Penggalian atau pemotongan tanah pada kaki lereng
- Perubahan posisi muka air secara cepat (rapid drawdown) pada bendungan, sungai, dan lain-lain.
- Getaran atau gempa bumi
- Jenis tanah
- Kondisi geometrik lereng

### 6.8.3 Cara-Cara untuk Menstabilkan Lereng

Ada beberapa cara untuk menstabilkan atau memperbaiki lereng yang mungkin akan terjadi kelongsoran, yaitu :

- Membuat lereng lebih datar atau mengurangi sudut kemiringan dari lereng tersebut. Ini cocok untuk lereng yang tidak terlalu tinggi.
- Memperkecil ketinggian lereng
- Merubah lereng menjadi multy slope
- Dengan menambah counter weight yaitu tanah timbunan pada kaki lereng.

### 6.8.4 Analisis Kestabilan Lereng

Analisis kestabilan lereng pada umumnya berdasarkan pada konsep keseimbangan plastis batas (*limit plastic equilibrium*) (Hardiyatmo, 2010).

- Kelongsoran lereng terjadi disepanjang permukaan bidang longsor tertentu dan dapat dianggap sebagai masalah bidang 2 dimensi.
- Massa tanah yang longsor dianggap berupa benda yang pasif.
- Tahanan geser dari massa tanah yang setiap titik sepanjang bidang longsor tidak tergantung dari orientasi permukaan longsoran, atau dengan kata lain kuat geser tanah dianggap isotropis
- Faktor aman didefinisikan dengan memperhatikan tegangan geser rata-rata sepanjang bidang longsor yang potensial dan kuat geser tanah rata-rata sepanjang permukaan longsoran. Jadi, kuat geser tanah mungkin terlampaui di titik-titik tertentu pada bidang longsornya, padahal faktor aman hasil hitungan lebih besar 1,5.

### Metode Bishop

Metode Bishop adalah Metode yang diperkenalkan oleh A.W. Bishop menggunakan cara potongan dimana gaya-gaya yang bekerja pada tiap potongan. Metode Bishop dipakai untuk menganalisis permukaan gelincir (slip surface) yang berbentuk lingkaran. Dalam metode ini diasumsikan bahwa gaya-gaya normal total berada/bekerja dipusat alas potongan dan bisa ditentukan dengan menguraikan gaya-gaya pada potongan secara vertikal atau normal. Persyaratan keseimbangan dipakai pada potongan-potongan yang membentuk lereng tersebut. Metode Bishop menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada irisan mempunyai

resultan nol pada arah vertikal (Bishop,1955). Untuk lereng yang dibagi menjadi n buah slice (irisasi).

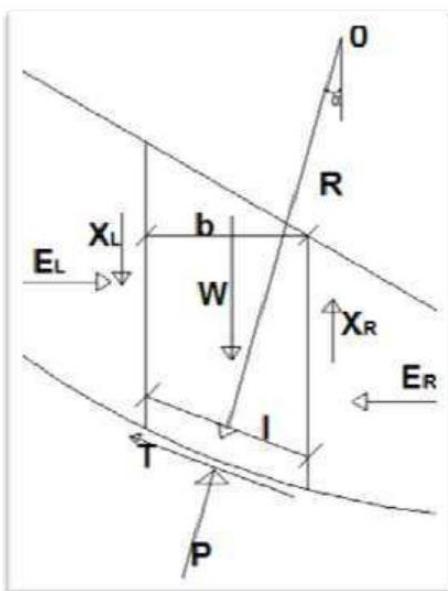
Secara umum ada tiga macam asumsi yang dapat dibuat :

- Asumsi mengenai distribusi tegangan normal sepanjang permukaan gelincir
- Asumsi mengenai inklinasi dari gaya-gaya antar potongan
- Asumsi mengenai posisi garis resultante gaya-gaya antar potongan.

Pada sebagian besar metode analisis, gaya normal diasumsi bekerja dipusat alas dari tiap potongan, sebab potongan tipis. Ini diterapkan pada sejumlah asumsi. Metode Bishop ini menggunakan asumsi sebanyak  $(2n - 1)$ . Prinsip dasarnya sebagai berikut:

- Kekuatan geser didefinisikan dengan menggunakan hubungan linier Mohr-Coulomb
- Menggunakan Keseimbangan normal
- Menggunakan keseimbangan tangensial
- Menggunakan keseimbangan momen

#### Rumus Metode Bishop :



Gaya-gaya yang bekerja pada suatu potongan

Keterangan :

$W$  = Berat total pada irisan EL,

$E_R$  = Gaya antar irisan yang bekerja secara horisontal pada penampang kiri dan kanan

$X_L, X_R$  = Gaya antar irisan yang bekerja secara vertikal pada penampang kiri dan kanan

- P = Gaya normal total pada irisan  
 T = Gaya geser pada dasar irisan  
 b = Lebar dari irisan  
 l = Panjang dari irisan  
 $\alpha$  = Sudut Kemiringan lereng

Dengan memperhitungkan seluruh keseimbangan gaya maka rumus untuk faktor keamanan Fk metode Bishop diperoleh sebagai berikut (Anderson dan Richards, 1987):

$$Fk = \frac{[c'l + (P - uL) \tan \phi]}{W \sin \alpha}$$

Faktor Keamanan Faktor keamanan terhadap longsoran didefinisikan sebagai perbandingan kekuatan geser maksimum yang dimiliki tanah dibidang longsor yang diandaikan ( $s$ ) dengan tahanan geser yang diperlukan untuk keseimbangan ( $\tau$ ), atau  $Fk = s / \tau$ .

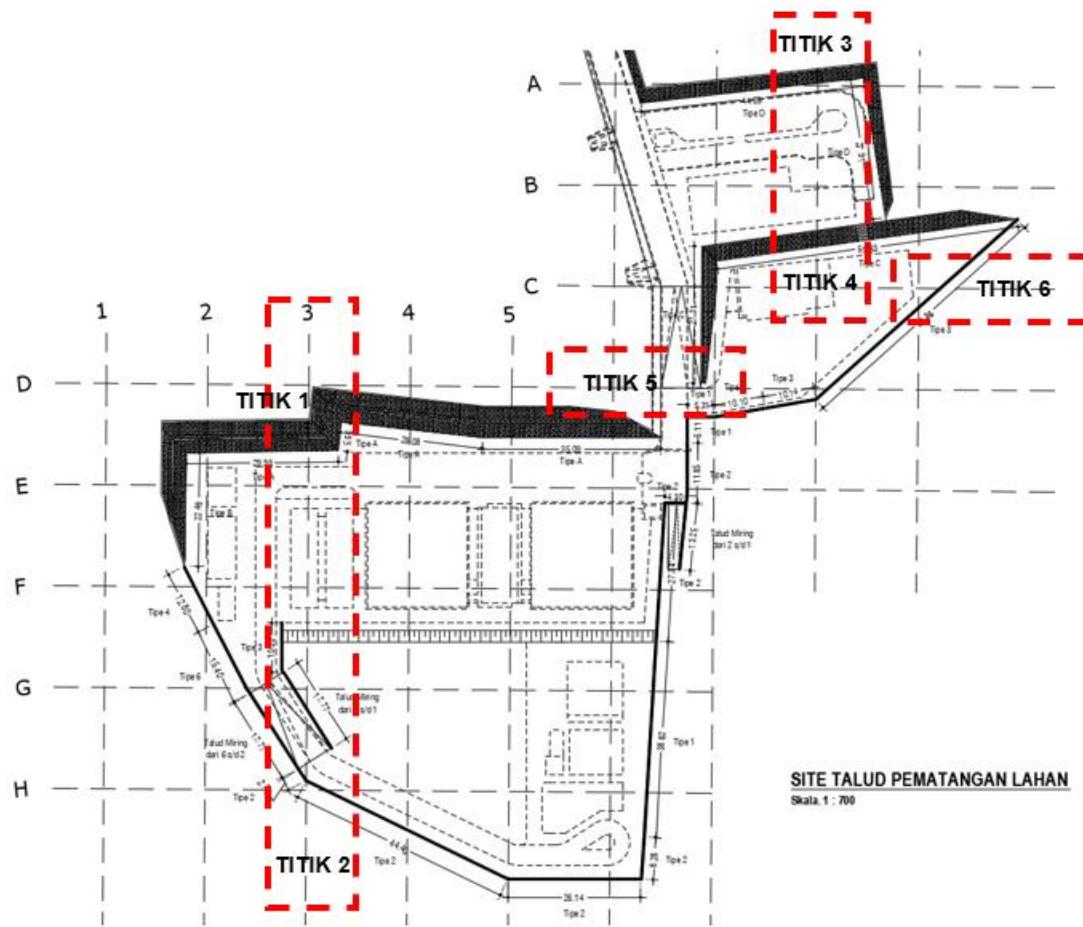
Dalam praktek (Bowles,1984) tingkat nilai faktor keamanan

Fk	Keterangan
>1,5	Stabil
1,07 < Fk < 1,5	Kritis
<1,07	Labil

### Kondisi Eksisting

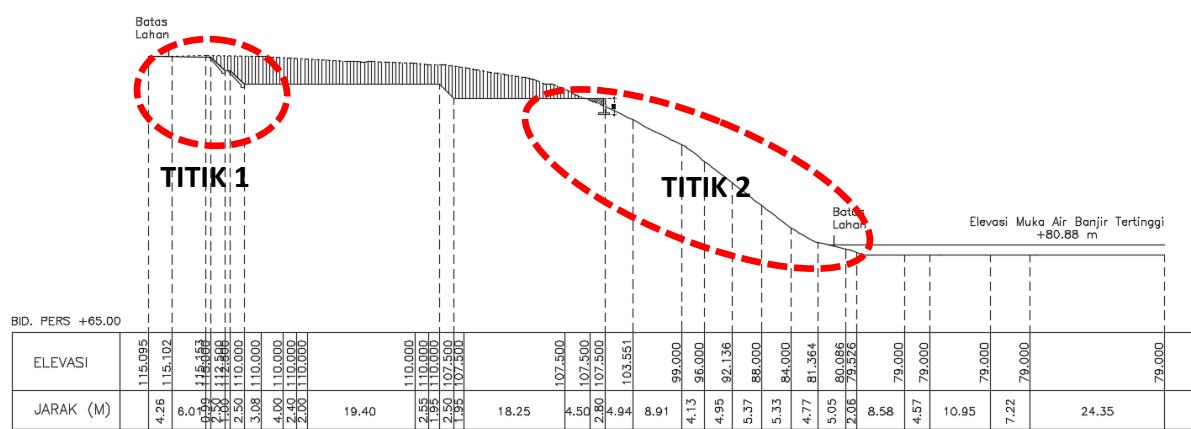
Untuk mengecek stabilitas lereng ini Konsultan menggunakan metode **Bishop**.

Ada enam titik yang di analisis, yaitu : titik P.10, P.11 dan P.12



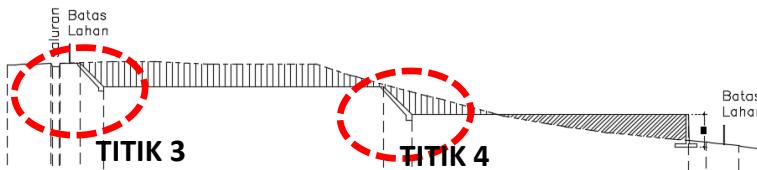
**Gambar 6. 35**  
**Site Lokasi Analisis Stabilitas Lereng**

1. Potongan melintang 3 (titik 1 dan 2)



CROSS SECTION 3

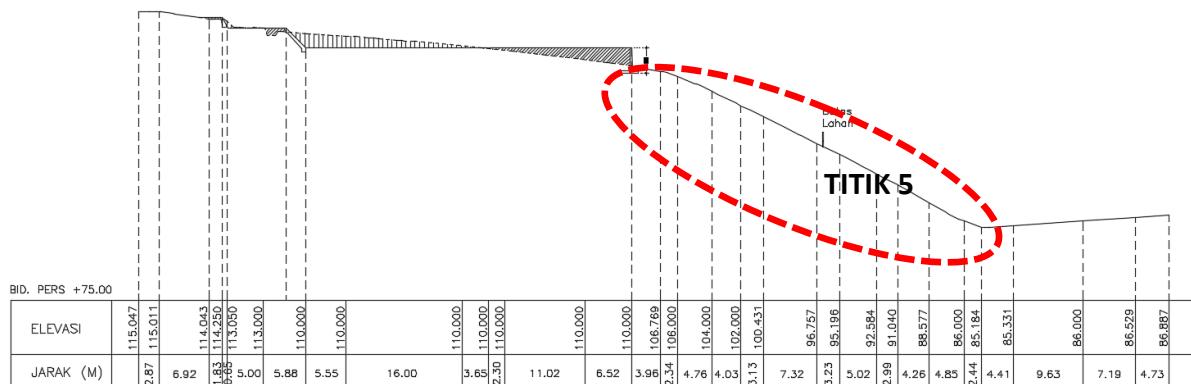
2. Potongan melintang 8 (titik 3 dan 4)



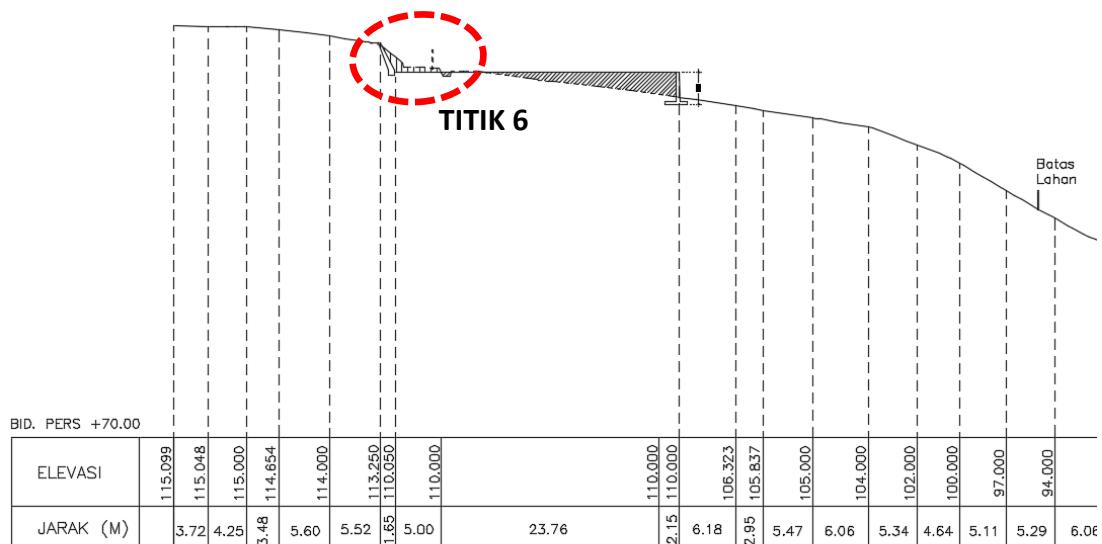
BID. PERS +50.00	
ELEVASI	115.286
JARAK (M)	4.66 115.480 3.70 115.519 2.16 115.569 2.50 113.000 2.00 113.000

**CROSS SECTION 8**

### 3. Potongan melintang C (titik 5)

**CROSS SECTION C**

### 4. Potongan melintang D (titik 6)

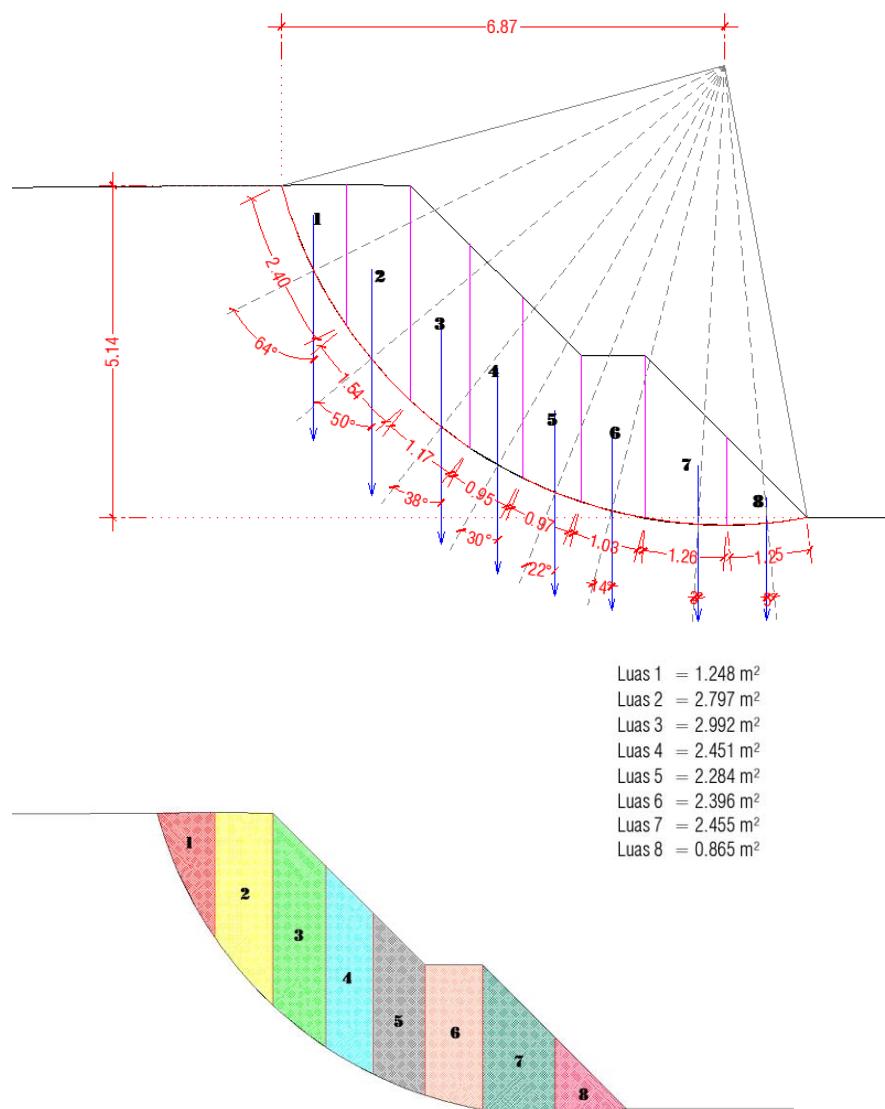
**CROSS SECTION D**

## Analisa Stabilitas Lereng

Seperti telah diuraikan diatas, bahwa Metode Bishop adalah menggunakan cara potongan dimana gaya-gaya yang bekerja pada tiap potongan. Dalam metode ini diasumsikan bahwa gaya-gaya normal total berada/bekerja dipusat alas potongan dan bisa ditentukan dengan menguraikan gaya-gaya pada potongan secara vertikal atau normal. Metode Bishop menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada irisan mempunyai resultan nol pada arah vertikal (Bishop,1955). Untuk lereng yang dibagi menjadi n buah slice (irisan).

Berikut ini diuraikan irisan untuk masing-masing lereng,

### 1. Potongan melintang 3 (titik 1)



Data tanah : BH.1 pada kedalaman -5,00 s/d -5,50  
 Berat Jenis tanah 16,192 KN/m<sup>3</sup>  
 Kohesi 20,00 KN/m<sup>2</sup>  
 Sudut Geser (φ) 16°

TTK.1 POTONGAN MELINTANG 3

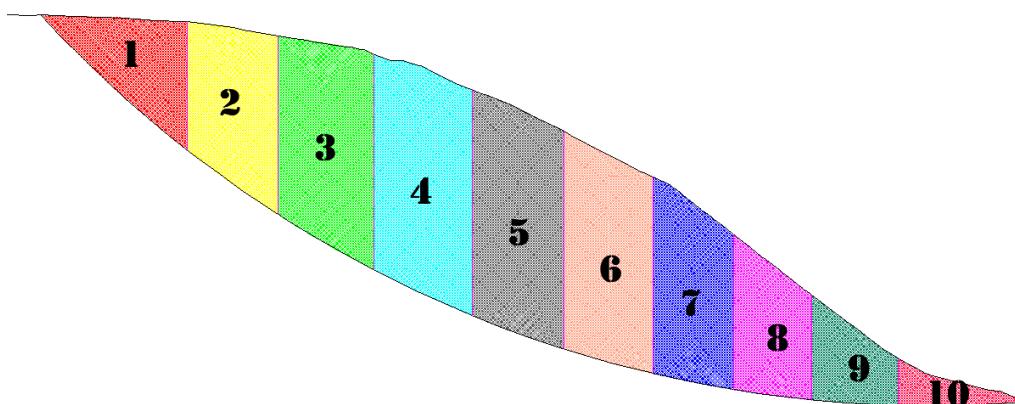
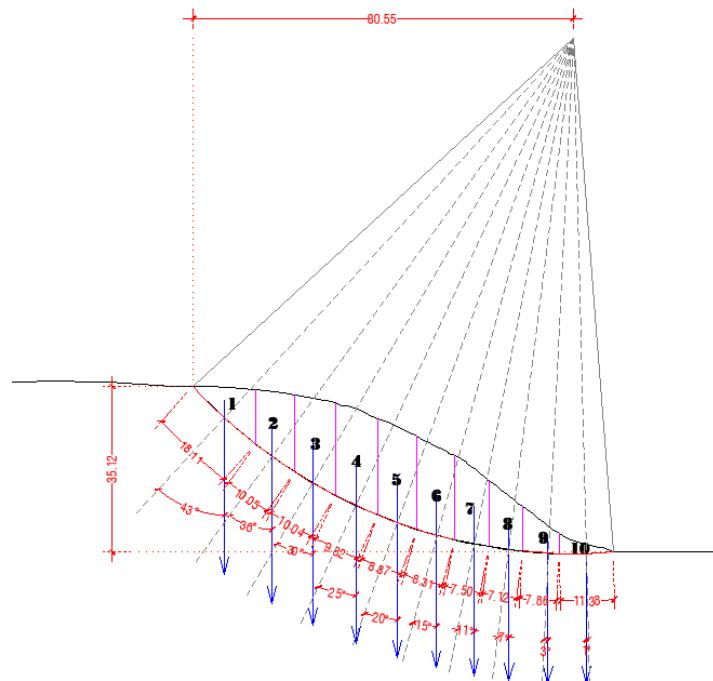
FS kiri	Irisan No.	A (m <sup>2</sup> )	C	φ	Wn (KN/m)	sudut (n°)	sin (n°)	cos (n°)	bn	tan (φ)	Wn.sin(n°)	Wn.Tan(n°)	c.bn	FS kanan	man	(c.bn * Wn.tanφ) <sup>1/2</sup> / mde
	1	1,248	20	16	20,208	64	0,899	0,438	2,40	0,287	18,16	5,79	48,00	2,85	0,53	101,73
	2	2,797	20	16	45,289	50	0,766	0,643	1,54	0,287	34,69	12,99	30,80	2,85	0,72	60,83
	3	2,992	20	16	48,446	38	0,616	0,788	1,17	0,287	29,83	13,89	23,40	2,85	0,85	43,88
	4	2,451	20	16	39,687	30	0,500	0,866	0,95	0,287	19,84	11,38	19,00	2,85	0,92	33,15
2,85	5	2,284	20	16	36,983	22	0,375	0,927	0,97	0,287	13,85	10,60	19,40	2,85	0,96	31,10
	6	2,396	20	16	38,796	14	0,242	0,970	1,03	0,287	9,39	11,12	20,60	2,85	0,99	31,90
	7	2,455	20	16	39,751	3	0,052	0,999	1,26	0,287	2,08	11,40	25,20	2,85	1,00	36,46
	8	0,865	20	16	14,006	5	0,087	0,996	1,25	0,287	1,22	4,02	25,00	2,85	1,00	28,87
						Jumlah	3,54	6,63	10,57		129,07	81,20	211,40		6,98	367,91

FS syarat stabilitas lereng stabil = 1,50

Dari analisis di atas angka FS didapat 2,85

FS &gt; FS syarat ----&gt; Lereng aman terhadap longsor

## 2. Potongan melintang 3 (titik 2)



Data tanah : BH.1 pada kedalaman -19,50 s/d -20,00  
 Berat Jenis tanah 16,679 KN/m<sup>3</sup>  
 Kohesi 61 KN/m<sup>2</sup>  
 Sudut Geser (φ) 27°

TTK.2 POTONGAN MELINTANG 3

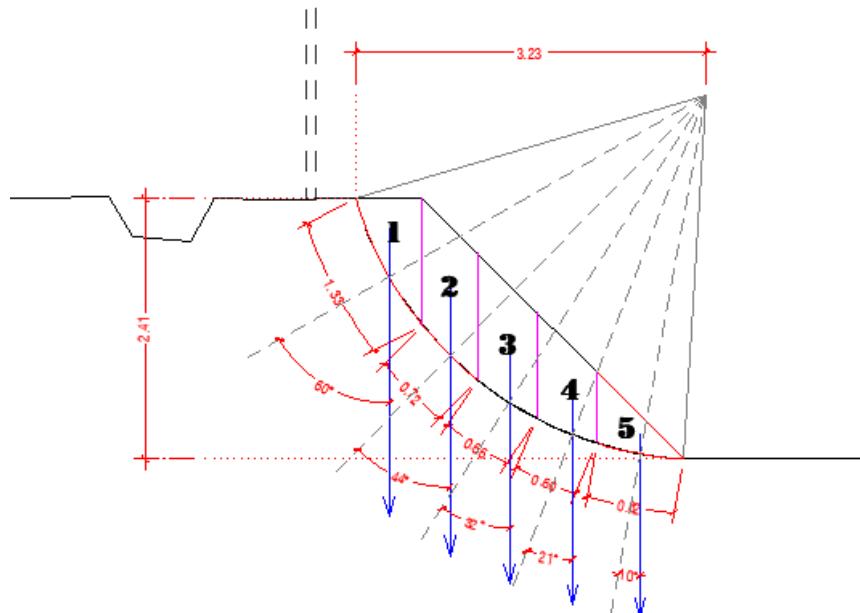
FS kiri	Irisan No.	A (m <sup>2</sup> )	C	φ	Wn (KN/m)	sudut (n <sup>0</sup> )	sin (n <sup>0</sup> )	Cos (n <sup>0</sup> )	bn	tan (φ)	Wn.Sin(n <sup>0</sup> )	Wn.Tan(n <sup>0</sup> )	c.bn	FS kanan	man	(c.bn + Wn.tanφ)*1/m <sub>ce</sub>
	1	82,247	61	27	1.371,798	43	0,682	0,731	18,11	0,510	935,56	698,97	1.104,71	2,32	0,88	2.046,99
	2	115,455	61	27	1.925,674	36	0,588	0,809	10,05	0,510	1.131,88	981,18	613,05	2,32	0,94	1.699,41
	3	157,070	61	27	2.619,771	30	0,500	0,866	10,04	0,510	1.309,89	1.334,84	612,44	2,32	0,98	1.995,50
	4	180,573	61	27	3.011,777	25	0,423	0,906	9,82	0,510	1.272,83	1.534,58	599,02	2,32	1,00	2.135,47
2,32	5	168,806	61	27	2.815,515	20	0,342	0,940	8,87	0,510	962,96	1.434,58	541,07	2,32	1,01	1.946,82
	6	150,320	61	27	2.507,187	15	0,259	0,966	8,31	0,510	648,91	1.277,48	506,91	2,32	1,02	1.744,66
	7	118,904	61	27	1.983,200	11	0,191	0,982	7,50	0,510	378,41	1.010,49	457,50	2,32	1,02	1.434,24
	8	83,232	61	27	1.388,227	7	0,122	0,993	7,12	0,510	169,18	707,34	434,32	2,32	1,02	1.120,03
	9	53,681	61	27	895,345	3	0,052	0,999	7,86	0,510	46,86	456,20	479,46	2,32	1,01	926,28
	10	23,391	61	27	390,138	1	0,017	1,000	11,38	0,510	6,81	198,79	694,18	2,32	1,00	889,69
					Jumlah		3,18	9,19	99,06		6.863,30	9.634,43	6.042,66		9,89	15.939,08

FS syarat stabilitas lereng stabil = 1,50

Dari analisis di atas angka FS didapat 2,32

FS &gt; FS syarat ----&gt; Lereng aman terhadap longsor

### 3. Potongan melintang 8 (titik 3)



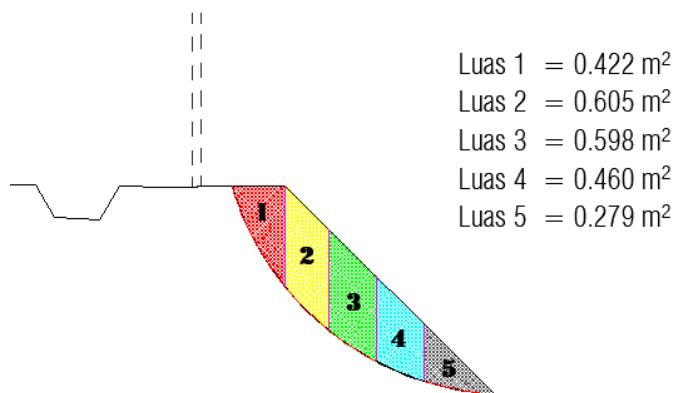
$$\text{Luas } 1 = 0,422 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas } 2 = 0,605 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas } 3 = 0,598 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas } 4 = 0,460 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas } 5 = 0,279 \text{ m}^2$$



Data tanah : BH.1 pada kedalaman -2,50 s/d -3,00  
 Berat Jenis tanah 16,069 KN/m<sup>3</sup>  
 Kohesi 17,00 KN/m<sup>2</sup>  
 Sudut Geser (ø) 12°

TTK.3 POTONGAN MELINTANG 7

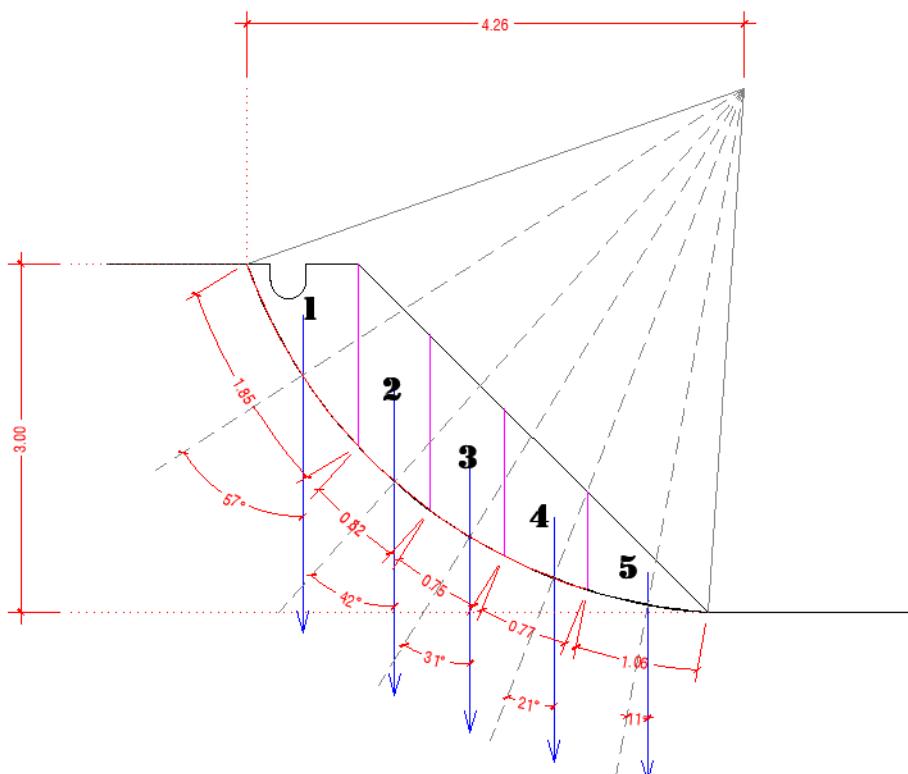
FS kiri	Irisan No.	A (m <sup>2</sup> )	C	ø	Wn (KN/m)	sudut (n <sup>0</sup> )	sin (n <sup>0</sup> )	cos (n <sup>0</sup> )	bn	tan (ø)	Wn.sin(n <sup>0</sup> )	Wn.Tan(n <sup>0</sup> )	c.bn	FS kanan	man	$(c.bn + Wn.tanø)^{1/2}$	
	1	0,422	17	12	6,781	60	0,866	0,500	1,33	0,213	5,87	1,44	22,61	5,04	0,54	44,83	
	2	0,605	17	12	9,722	44	0,695	0,719	0,72	0,213	6,75	2,07	12,24	5,04	0,75	19,11	
<b>5,04</b>	3	0,598	17	12	9,609	32	0,530	0,848	0,66	0,213	5,09	2,04	11,22	5,04	0,87	15,24	
	4	0,460	17	12	7,392	21	0,358	0,934	0,60	0,213	2,65	1,57	10,20	5,04	0,95	12,41	
	5	0,279	17	12	4,483	10	0,174	0,985	0,82	0,213	0,78	0,95	13,94	5,04	0,99	15,01	
					Jumlah		2,62	3,99	4,13			21,15	8,07	70,21		4,10	106,59

FS syarat stabilitas lereng stabil = 1,50

Dari analisis di atas angka FS didapat 5,04

FS &gt; FS syarat ----&gt; Lereng aman terhadap longsor

#### 4. Potongan melintang 8 (titik 4)



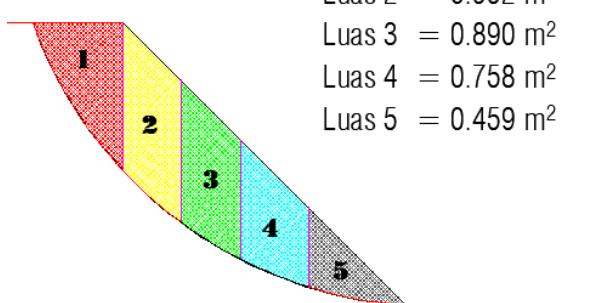
$$\text{Luas } 1 = 0.860 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas } 2 = 0.952 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas } 3 = 0.890 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas } 4 = 0.758 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas } 5 = 0.459 \text{ m}^2$$



Data tanah : BH.1 pada kedalaman -2,50 s/d -3,00  
 Berat Jenis tanah 16,069 KN/m<sup>3</sup>  
 Kohesi 17,00 KN/m<sup>2</sup>  
 Sudut Geser (ø) 12°

TTK.4 POTONGAN MELINTANG 7

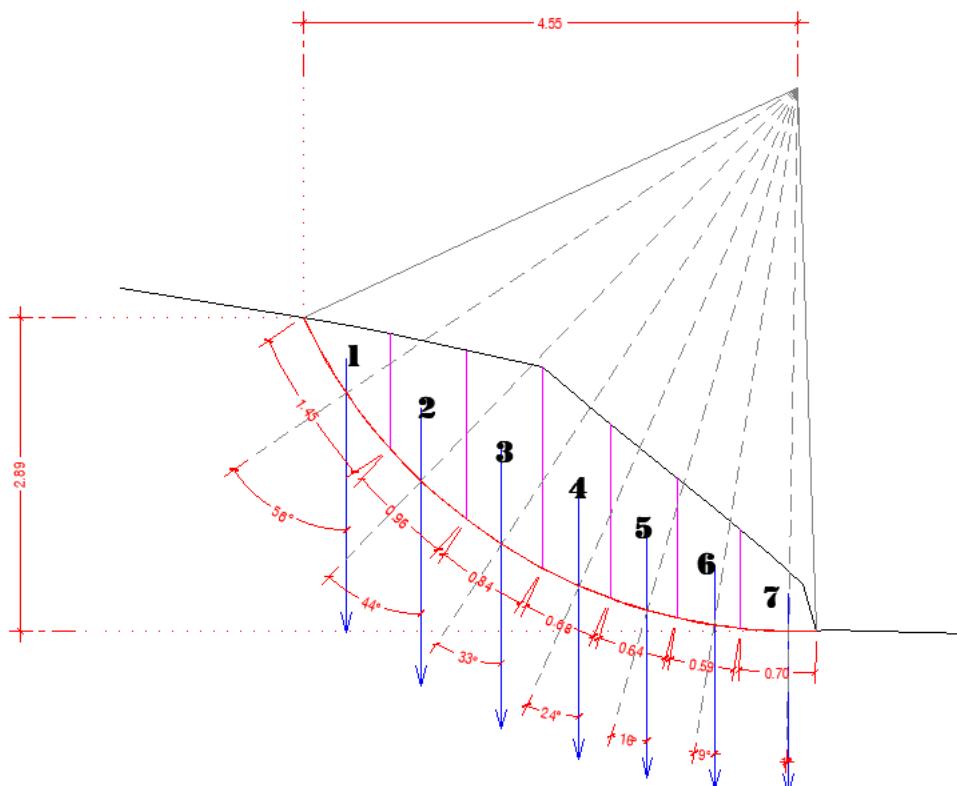
FS kiri	Irisan No.	A (m <sup>2</sup> )	C	ø	Wn (KN/m)	sudut (n <sup>0</sup> )	Sin (n <sup>0</sup> )	Cos (n <sup>0</sup> )	bn	tan ( ø )	Wn.Sin(n <sup>0</sup> )	Wn.Tan(n <sup>0</sup> )	c.bn	FS kanan	man	(c.bn +Wn.tanø)*1/m <sub>ø</sub>
	1	0,860	17	12	13,819	57	0,839	0,545	1,85	0,213	11,59	2,94	31,45	3,84	0,59	58,18
	2	0,952	17	12	15,298	42	0,669	0,743	0,82	0,213	10,24	3,25	13,94	3,84	0,78	22,04
3,84	3	0,890	17	12	14,301	31	0,515	0,857	0,75	0,213	7,37	3,04	12,75	3,84	0,89	17,83
	4	0,758	17	12	12,180	21	0,358	0,934	0,77	0,213	4,37	2,59	13,09	3,84	0,95	16,45
	5	0,459	17	12	7,376	11	0,191	0,982	1,06	0,213	1,41	1,57	18,02	3,84	0,99	19,74
						Jumlah	2,57	4,06	5,25		34,96	13,39	89,25		4,20	134,23

FS syarat stabilitas lereng stabil = 1,50

Dari analisis di atas angka FS didapat 3,84

FS &gt; FS syarat ----&gt; Lereng aman terhadap longsor

## 5. Potongan melintang C (titik 5)



$$\text{Luas } 1 = 0,475 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas } 2 = 0,938 \text{ m}^2$$

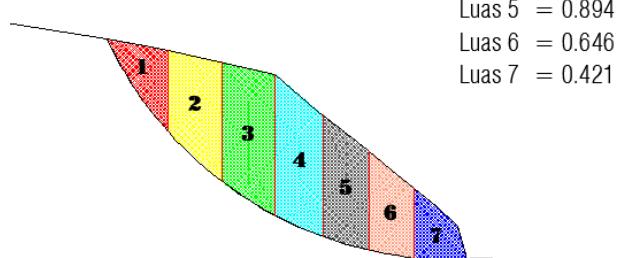
$$\text{Luas } 3 = 1,211 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas } 4 = 1,082 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas } 5 = 0,894 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas } 6 = 0,646 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas } 7 = 0,421 \text{ m}^2$$



Data tanah : BH.1 pada kedalaman -2,50 s/d -3,00  
 Berat Jenis tanah 16,069 KN/m<sup>3</sup>  
 Kohesi 17,00 KN/m<sup>2</sup>  
 Sudut Geser (φ) 12°

## TTK.5 POTONGAN MELINTANG D

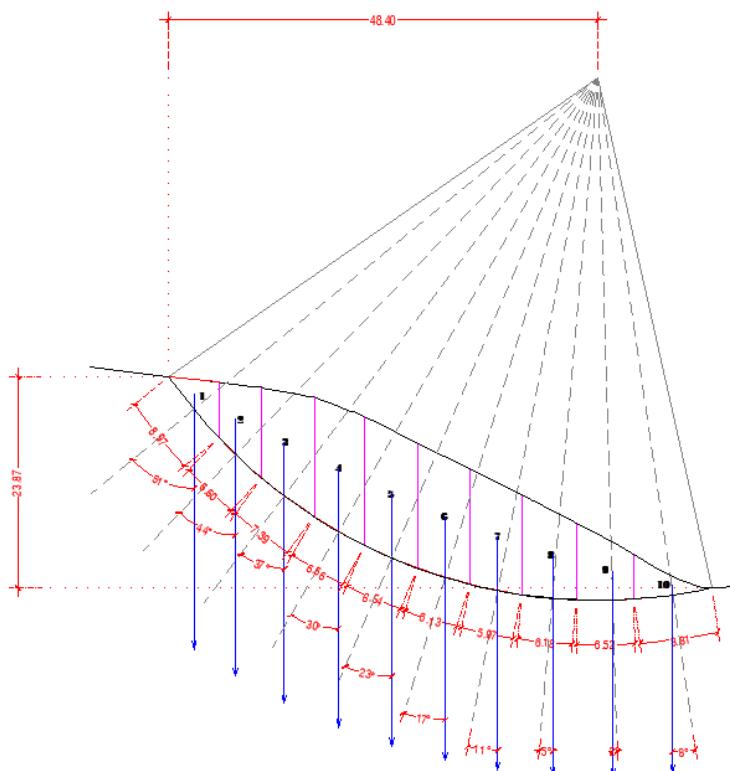
FS kin	Irisan No.	A (m <sup>2</sup> )	C	φ	Wn (KN/m)	sudut (n <sup>0</sup> )	sin (n <sup>0</sup> )	cos (n <sup>0</sup> )	bn	tan (φ)	Wn.sin(n <sup>0</sup> )	Wn.Tan(n <sup>0</sup> )	c.bn	FS kanan	mon	(c.bn + Wn.tanφ)*1/ max <sub>n</sub>
	1	0,475	17	12,00	7,633	56	0,829	0,559	1,45	0,213	6,33	1,62	24,65	3,64	0,61	43,24
	2	0,938	17	12	15,073	44	0,695	0,719	0,96	0,213	10,47	3,20	16,32	3,64	0,76	25,69
	3	1,211	17	12	19,460	33	0,545	0,839	0,84	0,213	10,60	4,14	14,28	3,64	0,87	21,16
3,64	4	1,082	17	12	17,387	24	0,407	0,914	0,68	0,213	7,07	3,70	11,56	3,64	0,94	16,28
	5	0,894	17	12	14,366	16	0,276	0,961	0,64	0,213	3,96	3,05	10,88	3,64	0,98	14,26
	6	0,646	17	12	10,381	9	0,156	0,988	0,59	0,213	1,62	2,21	10,03	3,64	1,00	12,28
	7	0,421	17	12	6,765	1	0,017	1,000	0,70	0,213	0,12	1,44	11,90	3,64	1,00	13,33
					Jumlah	2,92	5,98	5,86			40,17	19,36	99,62		6,15	146,22

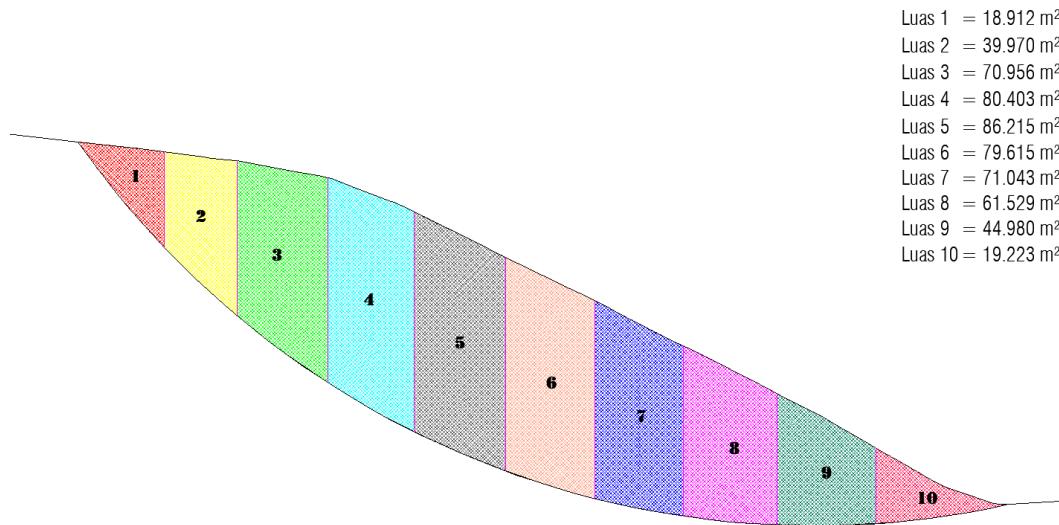
FS syarat stabilitas lereng stabil = 1,50

Dari analisis di atas angka FS didapat 3,64

FS &gt; FS syarat ----&gt; Lereng aman terhadap longsor

## 6. Potongan melintang D (titik 6)





ARAH KE TEBING SUNGAI  
 Data tanah : BH.1 pada kedalaman -17,50 s/d -18,00  
 Berat Jenis tanah 16,069 KN/m<sup>3</sup>  
 Kohesi 52,00 KN/m<sup>2</sup>  
 Sudut Geser (θ) 26°

TTK.6 POTONGAN MELINTANG C

FS kiri	Irisan No.	A (m <sup>2</sup> )	C	Ø	Wn (KN/m)	sudut (n <sup>0</sup> )	sin (n <sup>0</sup> )	cos (n <sup>0</sup> )	bn	tan (θ)	Wn.sin(n <sup>0</sup> )	Wn.Tan(n <sup>0</sup> )	c.bn	FS kanan	man	(c.bn + Wn.tanθ)*1/m <sub>re</sub>
	1	18,912	14,1	26	303,897	51	0,777	0,629	8,97	0,488	236,17	148,22	126,48	1,74	0,85	324,26
	2	39,970	14,1	26	642,278	44	0,695	0,719	6,60	0,488	446,16	313,26	93,06	1,74	0,91	444,52
	3	70,956	14,1	26	1.140,192	37	0,602	0,799	7,39	0,488	686,18	556,11	104,20	1,74	0,97	682,61
	4	80,403	14,1	26	1.291,996	30	0,500	0,866	6,56	0,488	646,00	630,15	92,50	1,74	1,01	718,21
1,74	5	86,215	14,1	26	1.385,389	23	0,391	0,921	6,54	0,488	541,31	675,70	92,21	1,74	1,03	745,53
	6	79,615	14,1	26	1.279,333	17	0,292	0,956	6,13	0,488	374,04	623,97	86,43	1,74	1,04	684,23
	7	71,043	14,1	26	1.141,590	11	0,191	0,982	5,97	0,488	217,83	556,79	84,18	1,74	1,04	619,23
	8	61,529	14,1	26	988,710	5	0,087	0,996	6,18	0,488	86,17	482,23	87,14	1,74	1,02	557,86
	9	44,980	14,1	26	722,784	-2-	0,035	0,999	6,52	0,488	- 25,22	352,53	91,93	1,74	0,99	449,12
	10	19,223	14,1	26	308,894	-8-	0,139	0,990	8,81	0,488	- 42,99	150,66	124,22	1,74	0,95	288,96
						Jumlah	3,36	8,86	69,67		3.165,66	4.489,61	982,35		9,80	5.514,52

FS syarat stabilitas lereng stabil = 1,50  
 Dari analisis di atas angka FS didapat 1,74  
 FS > FS syarat ----> Lereng aman terhadap longsor

Dari hasil analisa **Bhishop** untuk ketiga titik didapat hasil sebagai berikut :

1. Potongan Melintang Titik 1, FS = 2,85 > 1,50 → Tebing/lereng aman terhadap longsor.
2. Potongan Melintang Titik 2, FS = 2,32 > 1,50 → Tebing/lereng aman terhadap longsor.
3. Potongan Melintang Titik 3, FS = 5,04 > 1,50 → Tebing/lereng aman terhadap longsor.
4. Potongan Melintang Titik 4, FS = 3,84 > 1,50 → Tebing/lereng aman terhadap longsor.
5. Potongan Melintang Titik 5, FS = 3,64 > 1,50 → Tebing/lereng aman terhadap longsor.
6. Potongan Melintang Titik 6, FS = 1,74 > 1,50 → Tebing/lereng aman terhadap longsor.

Dari hasil analisa dengan metode **Bhisop** ketiga potongan tebing di kawasan rencana pembangunan IPLT Regional angka FS (Safety Faktor) > 1,50. Jadi tebing/lereng aman terhadap longsor dari tekanan horisontal akibat beban tanah pada tebing tersebut, sehingga tebing/lereng tersebut **Tidak Memerlukan Struktur Dinding Penahan Tanah**.

Untuk mengamankan tebing dari kemungkinan longsor akibat scouring/gerusan karena air hujan, terutama lokasi-lokasi yang berbatasan dengan pemukiman penduduk (titik 1, 3, 4 dan 5) maka dinding tebing diperkuat dengan **Dinding Pengaman Tebing** yang mana struktur bangunan tersebut bersandar pada tebing/lereng eksisting. Material dari konstruksi Dinding Pengaman Tebing adalah pasangan batu kali

## 6.9 Jalan Akses/Masuk

Jalan akses/masuk kelokasi IPLT memanfaatkan jalan eksisting, dimana lebar jalan eksisting adalah 3 meter dengan jenis perkerasan ada 3 :

1. Perkerasan beton
2. Perkerasan Makadam dan
3. Jalan Tanah

Lebar perkerasan dibuat 1 jalur/2 arah, dengan lebar 5 m, dengan perkerasan beton. Untuk desain ketebalan dihitung berdasarkan tonase truk tinja yang masuk ke IPLT. Tabel korelasi ketebalan perkerasan dengan tonase kendaraan yang lewat dapat dilihat dibawah ini.

**Tabel 6. 17**  
**Katalog Perancangan Jalan**

Uraian	Kriteria Jalan		
	Jalan lokal	Jalan kolektor	Jalan khusus <sup>3)</sup>
1. LHR <sub>N</sub>	< 50	50 - 500	≤ 500
2. Beban MST <sup>1)</sup>	Maks. 5 Ton	Maks. 8 Ton	Maks. 12 Ton
3. Tebal beton	150 mm	200 mm	230 mm
4. Kuat lentur minimum, S <sub>c</sub>	3,5 (MPa)	3,8 (MPa)	4,1 (MPa)
5. Tebal beton kurus <sup>2)</sup>	50 mm	100 mm	100 mm
6. Tebal Lapis Pondasi bawah	CBR tanah dasar, 4% ≤ CBR < 6%	250 mm	250 mm
	CBR tanah dasar, CBR ≥ 6%	150 mm	150 mm
7. Jarak Sambungan melintang	4,0 m	4,0 m	4,0 m
8. Batang Pengikat (Tie Bars)	Mutu Baja Min.	BjTS 30	BjTS 30
	Diameter, Ø	13 mm	16 mm
	Panjang, L	600 mm	700 mm
	Spasi, S	750 mm	750 mm
9. Ruji (Dowel)	Mutu Baja Min.	Tanpa Ruji	BjTP 30
	Diameter, Ø		25 mm
	Panjang, L		450 mm
	Spasi, S		300 mm

Catatan :

<sup>1)</sup> Jumlah kendaraan dengan Beban MST (Muatan Sumbu Terberat) yang melewati ruas jalan ditentukan maksimal 10% LHR<sub>N</sub>

<sup>2)</sup> Beton kurus berfungsi sebagai lantai kerja dan tidak diperhitungkan dalam perhitungan kekuatan struktur.

<sup>3)</sup> Akses ke kawasan Industri

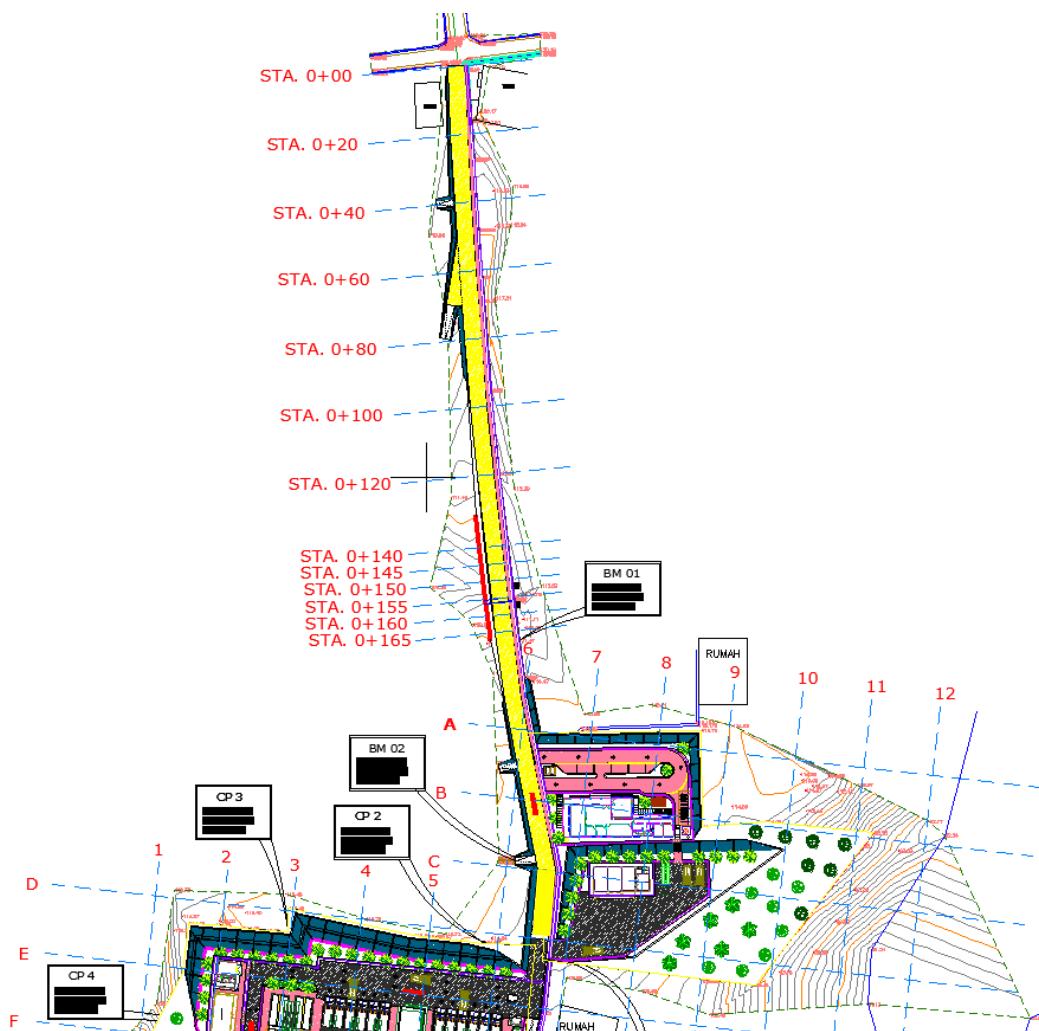
Sumber : SNI 8457:2017, Rancangan tebal jalan beton untuk lalu lintas rendah

Kapasitas truk tangki yang digunakan adalah 5.000 liter, dari kondisi ini maka desain Jalan Akses ke lokasi IPLT Regional sesuai dengan standar Jalan Kolektor dengan beban MST 8 ton.

Berdasarkan Tabel 6. 17, maka susunan struktur Jalan Akses ke lokasi IPLT adalah :

- LPB (agregat klas A) tebal = 25 cm
- LPA (beton f'c 7,4 MPa) tebal = 10 cm
- Perkerasan (beton f'c 26,4 MPa) tebal = 20 cm
- Ruji (Dowel) = dia.25-300, dengan panjang masing-masing dowel 45 cm.
- Dipasang tulangan susut D13-200, tulangan tunggal.
- Kemiringan jalan dibuat miring 2% ke arah saluran drainase

Berhubung jalan tersebut juga merupakan akses masyarakat setempat, maka untuk pelaksanaan dibagi menjadi 2 (dua) segmen. Antar segmen dipasang batang pengikat (Tie Bars) D16-750, dengan panjang masing-masing tie bars 70 cm.



**Gambar 6. 36**  
**Site Trase Jalan Akses/Masuk**

## 6.10 Jalan Kawasan

Jalan Kawasan terbagi menjadi beberapa blok, terdiri :

1. Blok A, berupa Jalan Area Kantor Pengelola dan Parkir dengan konstruksi Paving Blok tebal 8 cm.
2. Blok B, berupa Jalan Area Bengkel dan Garasi dengan konstruksi Beton tebal 20 cm.
3. Blok C, berupa :
  - a. Loding Area dengan konstruksi Beton tebal 20 cm.
  - b. Jalan Inspeksi dengan konstruksi Beton tebal 20 cm.
  - c. Jalan Kawasan bak IPLT dengan konstruksi Paving Block tebal 6 cm
4. Jalan Inspeksi ke Outlet IPLT/sungai dengan konstruksi Paving Block tebal 8 cm dan tebal 6 cm.

Adapun susunan struktur masing-masing jalan adalah :

1. Jalan Area Kantor Pengelola dan Parkir dengan susunan struktur :

- Lapisan pondasi berupa urugan sirtu dipadatkan dengan ketebalan 20 cm
- Lapisan pasir beton dengan ketebalan 6 cm
- Paving abu-abu tebal 8 cm dengan mutu K-300

2. Jalan Area Bengkel dan Garasi dengan konstruksi Beton tebal 20 cm

- Lapisan pondasi berupa urugan sirtu dipadatkan dengan ketebalan 20 cm
- LPA (beton  $f'c$  7,4 MPa) dengan ketebalan 10 cm
- Perkerasan (beton  $f'c$  26,4 MPa) dengan ketebalan 20 cm
- Tulangan susut D13-250, tulangan tunggal.

3. Loding Area dengan susunan struktur :

- LPB (agregat klas A) dengan ketebalan 25 cm
- LPA (beton  $f'c$  7,4 MPa) ketebalan 10 cm
- Perkerasan (beton  $f'c$  26,4 MPa) dengan ketebalan 20 cm
- Ruji (Dowel) dia.25-300, dengan panjang masing-masing dowel 45 cm.
- Batang pengikat (Tie Bars) D16-750, dengan panjang masing-masing tie bars 70 cm.
- Dipasang tulangan susut wiremesh M.12, tulangan tunggal.

4. Jalan Inspeksi area bak IPLT dengan susunan struktur :

- Lapisan pondasi berupa urugan sirtu dipadatkan dengan ketebalan 20 cm
- LPA (beton  $f'c$  7,4 MPa) dengan ketebalan 5 cm
- Perkerasan (beton  $f'c$  26,4 MPa) dengan ketebalan 15 cm
- Tulangan susut dia.10-250, tulangan tunggal.

5. Jalan Kawasan bak IPLT dengan susunan struktur :

- Lapisan pondasi berupa urugan sirtu dipadatkan dengan ketebalan 15 cm
- Lapisan pasir beton dengan ketebalan 6 cm
- Paving abu-abu tebal 6 cm dengan mutu K-200

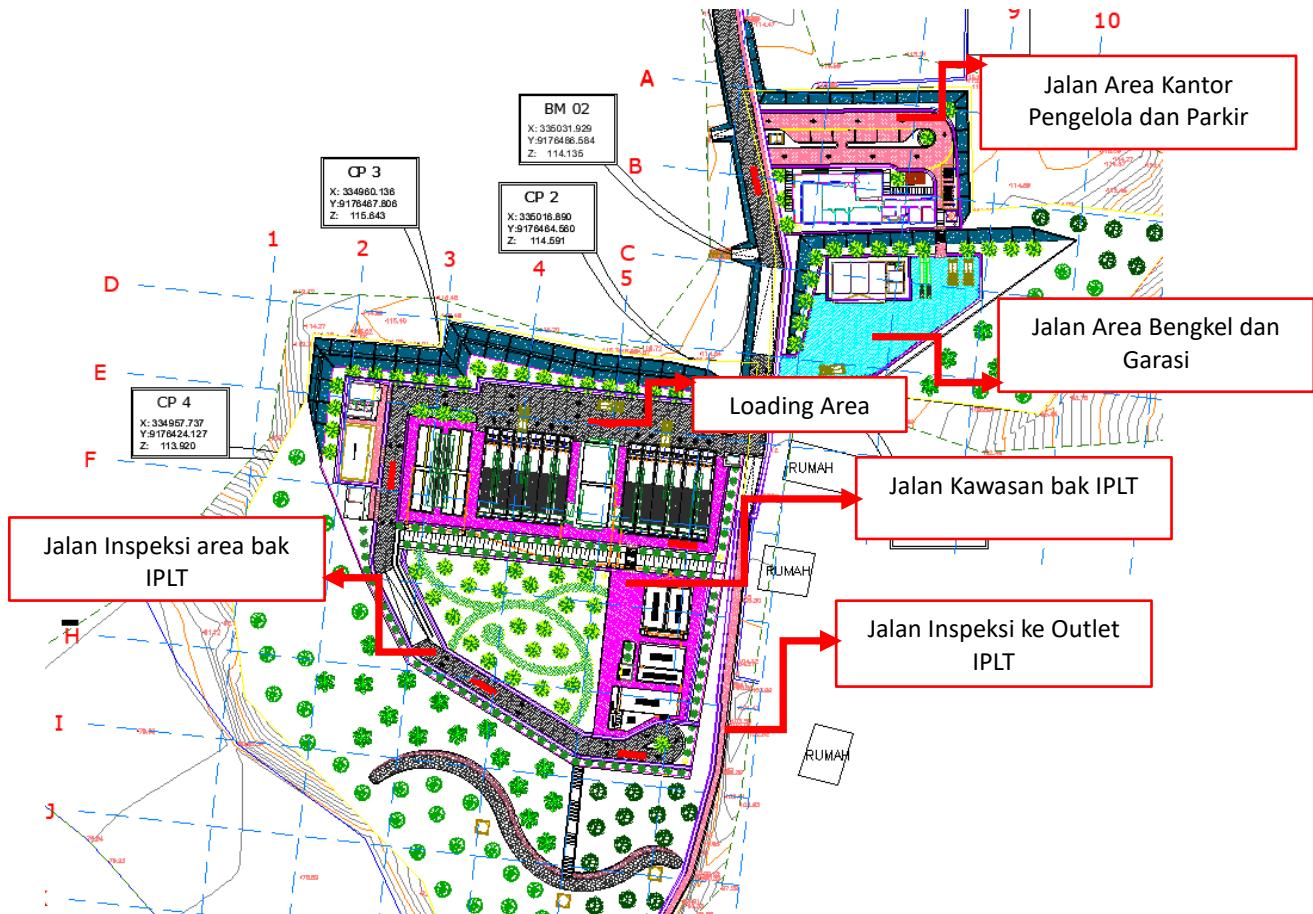
6. Jalan Inspeksi ke Outlet IPLT/sungai dengan susunan struktur :

a. Jalan paving block lebar 2 m

- Lapisan pondasi berupa urugan sirtu dipadatkan dengan ketebalan 15 cm
- Lapisan pasir beton dengan ketebalan 6 cm
- Paving abu-abu tebal 8 cm dengan mutu K-300

b. Jalan paving block lebar 1,5 m

- Lapisan pondasi berupa urugan sirtu dipadatkan dengan ketebalan 15 cm
- Lapisan pasir beton dengan ketebalan 6 cm
- Paving abu-abu tebal 6 cm dengan mutu K-200



**Gambar 6. 37**  
Site Trase Jalan Akes/Masuk

# DAFTAR PUSTAKA

BPS Kabupaten Purbalingga

BPS Kabupaten Banjarnegara

*Balai Pelatihan Air Bersih & Penyehatan Lingkungan Permukiman, 2000*

*Buku Panduan A IPLT, 2018*

Heinss et al., 1998; *Solids Separation and Pond Systems for the Treatment of Faecal Sludges in the Tropics 2nd Edition*. Switzerland: SANDEC.

IUWASH.2016. *The USAID Indonesia Urban Water, Sanitation and Hygiene Penyehatan Lingkungan untuk Semua*. www.iuwashplus.or.id.

Hermana,Joni. 2008. *Tahap-Tahap Perencanaan Pendahuluan*. Surabaya: ITS.

Jurnal A Survey on the Removal Efficiency of Fat, Oil and Grease in Shiraz Municipal Wastewater Treatment Plant, 2014

Kabupaten Bangka. 2015. *SOP IPLT Kabupaten Bangka*.

Lawrence K Wang, Yung-Tse Hung dan Nazih K Shammal. 2006. *Advanced Physichoshemical Treatment Process, Handbook of Environmental Engineering. Volume 4*. New Jersey: Human Press Inc.

Mara, Duncan. 2003. *Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries*. USA: Earthscan.

Module 5: *Disinfection and Chlorination, Penn State Harrisburg Environmental Training, 2016*  
*Manual Teknologi Tepat Guna Pengolahan Air Limbah, 2014*

Natural Resources Management and Environment Department. 2010. Waste Water Treatment. www.fao.org.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 04/PRT/M/2017 tentang Penyelenggaraan Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik.

Petunjuk Teknis CT/AL/Re-TC/001/98 tentang Tata Cara Perencanaan IPLT Sistem Kolam.

Qasim, Montgomery. 1985. *Water Treatment Principle and Design*. Canada: John Wiley and Sons Inc.

Strande, Linda, et al. 2014. *Fecal Sludge Management*. London, UK: IWA Publishing

Tchobanoglous, George; Franklin L; Stensel, David. 2003. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse 4th ed.* New York: McGraw-Hill.

Tchobanoglous, George; Franklin L; Stensel, David. 1993. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse 2th ed.* New York: McGraw-Hill.

Tchobanoglous, George; Franklin L; Stensel, David. 1991. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse.* New York: McGraw-Hill.

*Wastewater Technology Fact Sheet Aerated, Partial Mix Lagoons, epa.gov*