

TRAINERS MANAGEMENT INDONESIA

PROFESIONAL TRAINING PROVIDER FOR MANAGERIAL
IMPROVEMENT SYSTEM

MODUL TEKNIS K3 LISTRIK



DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PERUNDANG-UNDANGAN TEKNIKI K3 LISTRIK	1
1.1. UU NO.01 Tahun 1970.....	1
1.2. Permenaker No. 12 tahun 2015.....	7
1.3. Permenaker No. 33 Tahun 2015	14
1.4. Kepdirjen No. 48 Tahun 2015	18
BAB II PERSYARATAN K3 PEMASANGAN INSTALASI, PERLENGKAPAN, DAN PERALATAN LISTRIK PADA PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK	23
2.1. Pembangkit Tenaga Listrik.....	23
2.1.1. Generator Sinkron.....	23
2.2. Proses Pembangkitan Tenaga Listrik	27
2.3. Jenis-Jenis Pembangkit Listrik	28
2.3.1. Pembangkit Tenaga Listrik Terbarukan	28
2.3.2. Pembangkit Tenaga Listrik Tidak Terbarukan.....	35
2.4. Gambar Kerja.....	39
2.4.1. Shop Drawing.....	39
2.4.2. As-Built Drawing	39
2.5. <i>Job Safety Analysis (JSA)</i>	42
2.6. Persiapan Inspeksi Instalasi Pembangkit Tenaga Listrik	44
2.6.1. Persiapan Administrasi	44
2.6.2. Ceklist.....	44
2.7. Studi Kasus	45
2.8. Rangkuman	46
Bab III PERSYARATAN K3 PEMASANGAN INSTALASI, PERLENGKAPAN DAN PERALATAN LISTRIK DI TRANSMISI LISTRIK	48
3.1. Pemasangan Instalasi di Transmisi Listrik	48

3.1.1. Pengertian Instalasi Listrik.....	48
3.1.2. Pemilihan Rute Transmisi Listrik	49
3.1.3. Karakteristik Mekanik Jaringan Transmisi.....	50
3.2. Konduktor.....	51
3.3. Perhitungan Transmisi	53
3.4. Regulasi dan Efisiensi Jaringan Transmisi	54
3.5. Saluran Udara Tegangan Tinggi	56
3.5.1. Saluran Udara.....	56
3.5.2. Saluran Kabel.....	57
3.5.3. Perlengkapan SUTT dan Fungsinya.....	57
3.6. Persiapan yang perlu dilakukan	59
3.6.1. Persyaratan.....	59
3.6.2. Macam-macam alat kerja dan penggunaanya	59
3.7. Pemanfaatan pada transmisi	62
3.8. Lembar Kerja	63
3.8.1. Checklist Pemasangan Transmisi.....	63
3.8.2. JSA	71
3.9. Latihan Soal	72
3.10. Rangkuman.....	72
BAB IV PERSYARATAN K3 PEMASANGAN INSTALASI, PERLENGKAPAN, DAN PERALATAN LISTRIK PADA DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK.....	73
4.1. Sistem Distribusi Tenaga Listrik.....	73
4.2. Pembagian Jaringan Distribusi Tenaga Listrik	73
4.3. Prinsip Kerja Jaringan Distribusi.....	74
4.4 Peralatan Sistem Distribusi.....	76
4.5. Gardu Distribusi	87
4.6. Sistem Proteksi Jaringan Distribusi.....	94
4.7. Dasar-Dasar Perencanaan Jaringan Distribusi	102
4.7.1. Kriteria Teknik Saluran Listrik.....	102
4.7.2. Perencanaan Konstruksi.....	103
4.8. Gambar Instalasi Distribusi Listrik	111

4.8.1.	Gambar Situasi.....	111
4.8.2.	Gambar Instalasi.....	111
4.8.3.	Diagram Garis Tunggal.....	113
4.8.4.	Gambar Rinci	115
4.9.	<i>Job Safety Analysis</i>	117
4.10.	Persiapan Inspeksi Instalasi Distribusi Tenaga Listrik	118
4.10.1.	Persiapan Administrasi	118
4.10.2.	Alat yang digunakan pada Distribusi listrik.....	118
4.10.3.	Persiapan Ceklist	123
4.10.4.	Pelaksanaan Inspeksi Instalasi Distribusi Tenaga Listrik	124
4.11.	Studi Kasus.....	125
4.12.	Rangkuman.....	126
BAB V	PERSYARATAN K3 PEMASANGAN INSTALASI, PERLENGKAPAN, DAN PERALATAN LISTRIK DI PEMANFAATAN LISTRIK	128
5.1.	Jenis – Jenis Pemanfataan Listrik	128
5.2.	Jenis – Jenis Peralatan Listrik.....	134
5.3.	Lembar kerja	142
5.4.	Lembar Soal.....	144
5.5.	Rangkuman	144
BAB VI	PERSYARATAN PEMELIHARAAN INSTALASI PERLENGKAPAN PERALATAN DI PEMBANGKIT LISTRIK	145
6.1.	Pengertian dan Tujuan Pemeliharaan	145
6.2.	Jenis Pemeliharaan.....	146
6.3.	Obyek Pemeliharaan Pembangkit Listrik	148
6.4.	Obyek Pemeliharaan Peralatan Pembangkit Listrik	151
6.4.1.	Kebakaran Kelas A.....	152
6.4.2.	Kebakaran Kelas B	152
6.4.3.	Kebakaran Kelas C.....	152
6.4.4.	Kebakaran Kelas D	152
6.4.5.	Kebakaran Kelas K.....	152
6.4.6.	Kebakaran kelas E	153

6.4.7. Media Pemadam	153
6.5. Sistem proteksi	153
6.6. Jenis Potensi Bahaya Listrik	156
6.7. Lembar Kerja	162
6.8. Latihan / Study Kasus	165
6.9. Rangkuman	166
BAB VII PERSYARATAN K3 PEMELIHARAAN INSTALASI, PERLENGKAPAN, DAN PERALATAN LISTRIK DI TRANSMISI LISTRIK	167
7.1. Pengertian dan Pemeliharaan.....	167
7.2. Pemeliharaan SUTT/SUTET	167
7.3. Sistem Proteksi di Transmisi	176
7.4. Pencegahan gangguan trasmisi listrik	177
7.5. Lembar kerja	179
BAB VIII PERSYARATAN K3 PEMELIHARAAN INSTALASI, PERLENGKAPAN, DAN PERALATAN LISTRIK DI DISTRIBUSI LISTRIK	181
8.1. Jenis – Jenis Pemeliharaan Pada Sistem Distribusi	181
8.2. Gardu Distribusi	183
8.3. Tiang Distribusi.....	190
8.4. Sistem Proteksi pada distribusi listrik	215
8.5. Lembar Kerja	216
8.6. Latihan.....	220
8.7. Rangkuman	220
BAB IX PERSYARATAN K3 PEMELIHARAAN INSTALASI, PERLENGKAPAN DAN PERALATAN DI PEMANFAATAN LISTRIK	221
9.1. Pembahasan Materi	221
9.1.1. Pengertian dan tujuan pemeliharaan.....	221
9.1.2. Jenis pemeliharaan pada pemanfaatan.....	222
9.1.3. APP (Alat Pengukur dan Pembatas).....	223
9.1.4. KHA (Kuat Hantar Arus) dalam pemanfaatan listrik	251
9.2. Sistem Proteksi.....	284
9.3. Pemanfaatan	287

9.4.	Lembar Kerja	289
9.5.	Rangkuman	296
BAB X PERSYARATAN K3 SISTEM PENYALUR PETIR		297
10.1.	Latar Belakang Masalah.....	297
10.2.	Sistem Penyalur Petir	298
10.3.	Jenis - Jenis Penyalur Petir	299
10.4.	Pemasangan Penyalur Petir.....	304
10.5.	Pemeliharan Panyalur Petir.....	311
10.6.	Lembar Kerja.....	325
BAB XI PERSYARATAN K3 LISTRIK RUANG KHUSUS.....		331
11.1.	Latar Belakang.....	331
11.2.	K3 Listrik Ruang Khusus	331
11.3.	Lembar Kerja.....	339
BAB XII P3K PADA K3 KERJA LISTRIK.....		342
12.1.	Latar Belakang.....	342
12.2.	Keselamatan Kerja pada Kelistrikan.....	343
12.3.	P3K pada Kecelakaan Kerja Listrik.....	344
12.4.	Pelaporan Kecelakaan Kerja	351

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Stator.....	23
Gambar 2. 2 Sistem Eksitasi Dinamik	25
Gambar 2. 3 Eksitasi <i>Brushless Excitation</i>	25
Gambar 2. 5 Diagram Proses Pembangkitan Tenaga Listrik	26
Gambar 2. 5 Diagram Proses Pembangkitan Tenaga Listrik	27
Gambar 2. 6 Sistem Kerja PLTA.....	28
Gambar 2. 7 Sistem Kerja PLTS	33
Gambar 2. 8 Sistem Kerja PLTB	34
Gambar 2. 9 Sistem Kerja PLTD.....	35
Gambar 2. 10 Sistem Kerja PLTU.....	36
Gambar 2. 11 Sistem Kerja PLTN	38
Gambar 2. 12 Diagram Alur Persetujuan <i>Shop Drawing</i>	39
Gambar 2. 13 Contoh <i>As-built Drawing</i>	41
Gambar 2. 15 Format Sertifikat Laik Operasi Pembangkit Tenaga Listrik.....	44
Gambar 3. 1 Aliran Arus Pada Penampang Konduktor.....	51
Gambar 3. 2 Spesifikasi Kabel Twisted Untuk Transmisi Tegangan Rendah.....	53
Gambar 3. 3 SUTT 150kV dan SUTT 500kV	57
Gambar 3. 4 <i>Steel Pole</i>	58
Gambar 3. 5 Sarung Tangan dan Sarung Lengan.....	59
Gambar 3. 6 Topi Pelindung	60
Gambar 3. 7 Sepatu Safety.....	60
Gambar 3. 8 Pakaian Kerja	60
Gambar 3. 9 Tongkat Pentahanan.....	61
Gambar 3. 10 Alas Pengaman	61
Gambar 4. 1 Jaringan Sistem Distribusi Primer dan Sekunder	73
Gambar 4. 2 Pengantar Pejal dan Berlilit	77
Gambar 4. 3 Pengantar Serabut	78
Gambar 4. 4 Pengantar Persegii.....	78
Gambar 4. 5 Kabel NYA.....	79

Gambar 4. 6 Kabel NYM.....	79
Gambar 4. 7 Kabel NYAF	79
Gambar 4. 8 Kabel NYY.....	80
Gambar 4. 9 Kabel NYFGbYt.....	80
Gambar 4. 10 Kabel ACSR	80
Gambar 4. 11 Kabel AAAC.....	81
Gambar 4. 12 <i>Auto Voltage Regulator</i>	82
Gambar 4. 13 <i>Recloser</i>	83
Gambar 4. 14 Fuse Cut Out.....	84
Gambar 4. 15 Transformator.....	86
Gambar 4. 16 Isolator.....	86
Gambar 4. 17 <i>Air Break Switch</i>	87
Gambar 4. 18 <i>Load Break Switch</i>	87
Gambar 4. 19 Konstruksi Gardu Beton	91
Gambar 4. 20 Gardu Besi.....	92
Gambar 4. 21 Gardu Tipe Tiang Portal.....	92
Gambar 4. 22 Diagram Tipe Tiang Cantol.....	93
Gambar 4. 23 Gardu Mobil	94
Gambar 4. 24 Ground Fault Relay.....	95
Gambar 4. 25 Directional Ground Fault Relay	96
Gambar 4. 26 Over Current Relay	97
Gambar 4. 27 Pemutus Balik Otomatis	97
Gambar 4. 28 Arrester	98
Gambar 4. 29 Saklar Seksi Otomatis	98
Gambar 4. 30 Panel Hubung Bagi	99
Gambar 4. 31 Box PHB	101
Gambar 4. 32 Sistem Tegangan Rendah (TR).....	101
Gambar 4. 33 Daya Hantar Arus AAAC & XLPE cable TR	105
Gambar 4. 34 Konstruksi Tiang Penyangga (TMI-1).....	108
Gambar 4. 35 Konstruksi Tiang Penyangga Ganda (TM-2).....	108
Gambar 4. 36 Konstruksi Guy Wiret	108

Gambar 4. 37 Konstruksi Horizontal Guy Wire	109
Gambar 4. 38 Konstruksi Strut Pole	109
Gambar 4. 39 Konstruksi GTT Tipe Cantol	109
Gambar 4. 40 Konstruksi GTT Tipe Dua Tiang	109
Gambar 4. 41 Konstruksi Tiang Penyangga	110
Gambar 4. 42 Konstruksi Tiang Sudut.....	110
Gambar 4. 43 Gambar Situasi	111
Gambar 4. 44 Gambar Instalasi.....	112
Gambar 4. 45 System Wiring Diagram.....	113
Gambar 4. 46 Diagram Garis Tunggal	114
Gambar 4. 47 Konstruksi Pembesian dan Parit Kabel TM. Gardu Beton	116
Gambar 4. 48 Sarung Tangan dan Sarung Lengan.....	118
Gambar 4. 49 Topi Pelindung	119
Gambar 4. 50 Sepatu Safety.....	119
Gambar 4. 51 Pakaian Kerja.....	119
Gambar 4. 52 Tongkat Pentanahan.....	120
Gambar 4. 53 Alat Pengaman.....	120
Gambar 4. 54 Multi Tester.....	121
Gambar 4. 55 Meter Tahanan Isolasi.....	121
Gambar 4. 56 Meter Tahanan Pentanahan.....	122
Gambar 4. 57 Tester 20 kV	122
Gambar 4. 58 Torque Wrench	122
Gambar 4. 59 Ceklist Pemeliharaan Trafo Tenaga	123
Gambar 5. 1 Konsumen Listrik	128
Gambar 5. 2 Instalasi di bawah trotoar yang dibangun di negara belanda	130
Gambar 5. 3 Meteran analog kWh.....	135
Gambar 5. 3 Meteran analog kWh.....	135
Gambar 5. 4 MCB	136
Gambar 5. 5 Kabel NYA.....	138
Gambar 5. 6 Kabel NYM.....	139
Gambar 5. 7 Kabel NYY.....	139

Gambar 5. 8 Pipa Union.....	140
Gambar 5. 9 Pipa PVP	140
Gambar 5. 10 Klem	141
Gambar 6. 1 Predictif Maintenance	147
Gambar 6. 2 Thermografi Untuk deteksi Bearing mtor.....	148
Gambar 6. 3 UPS.....	151
Gambar 6. 3 UPS.....	151
Gambar 6. 4 Kelas (Golongan) Kebakaran.....	151
Gambar 6. 5 Pemadam api berbahan.....	153
Gambar 6. 6 Kebakaran Listrik	157
Gambar 6. 7 Electric arc damage caused by 240 volt arc.....	157
Gambar 6. 8 Arc menyebabkan kebakaran.....	158
Gambar 6. 9 Segitiga Api.....	158
Gambar 6. 10 Efek Blast.....	159
Gambar 6. 11 Transformato meledak (kiri), Batery meledak (kanan).....	160
Gambar 6. 12 Interior after Blast (kiri), Exteror after blast(kanan).....	160
Gambar 6. 13 Data “Interrupting Rating (Breaking Capacity)” gambar satu garis (single line diagram).....	161
Gambar 7. 1 Maintenance Method.....	168
Gambar 7. 2 Electromagnetic Spectrum.....	171
Gambar 7. 3 Metode Evaluasi hasil pemeliharaan SUTT/SUTET	172
Gambar 8. 1 Sistem Jaringan Distribusi	182
Gambar 8. 2 Gardu portal dan bagan satu garis	184
Gambar 8. 3 Bagan satu garis konfigurasi π section	185
Gambar 8. 4 Gardu Control.....	185
Gambar 8. 5 Gardu Beton	186
Gambar 8. 6 Gardu Kios	187
Gambar 8. 7 Bagan satu garis gardu pelanggan khusus.....	188
Gambar 8. 8 Gardu Hubung	189
Gambar 8. 9 Tiang kayu dalam bentuk segiempat.....	191
Gambar 8. 10 Tiang kayu dalam bentuk bulat.....	192

Gambar 8. 11 Konstruksi tiang kayu yang digunakan pada jaringan distribusi	194
Gambar 8. 12 Penampang Tiang Beton Pratekan.....	196
Gambar 8. 13 Gambar Tiang dalam konstruksi horizontal.....	199
Gambar 8. 14 Tiang dalam kontruksi vertical.....	200
Gambar 8. 15 Simbol untuk tiang singgung (tangent).....	200
Gambar 8. 16 Simbol untuk tiang ujung (deadend).....	201
Gambar 8. 17 Simbol untuk tiang sudut (angle pole).....	201
Gambar 8. 18 Simbol untuk tiang penegang (tention pole)	202
Gambar 8. 19 Konstruksi Pemasangan SKUTR Tiang Penyanga TR1	205
Gambar 8. 20 Konstruksi Pemasangan SKUTR Tiang Sudut TR2	205
Gambar 8. 21 Konstruksi Pemasangan SKUTR Tiang Awal/Ahir TR3	205
Gambar 8. 22 Konstruksi Pemasangan SKUTR Tiang Penyangga Pada Persimpangan TR4 ...	206
Gambar 8. 23 Konstruksi Pemasangan SKUTR Tiang Penegang TR5t	206
Gambar 8. 24 Konstruksi Pemasangan SKUTR Tiang Percabangan TR6.....	206
Gambar 8. 25 Konstruksi Pemasangan SKUTR dengan Existing TR7	207
Gambar 8. 26 Konstruksi Pemasangan SKUTR dengan Ajustable TR8.....	207
Gambar 8. 27 Konstruksu Pemasangan SKUTR Trafo Tiang TR9.....	207
Gambar 8. 28 Konstruksi Pemasangan SKUTR pada Trafo Tiang TR10.....	207
Gambar 8. 29 Konstruksi Tiang Penyangga TM-1 SUTM	208
Gambar 8. 30 Konstruksi Tiang Sudut TM-2 SUTM.....	209
Gambar 8. 31 Konstruksi Tiang Penegang TM-3 SUTM.....	209
Gambar 8. 32 Konstruksi Tiang Akhir TM-4 SUTM.....	210
Gambar 8. 33 Konstruksi Tiang Penegang TM-5 SUTM.....	210
Gambar 8. 34 Konstruksi Tiang Belokan TM-6 SUTM.....	211
Gambar 8. 35 Konstruksi Tiang Belokan TM-9 SUTM.....	212
Gambar 8. 36 Konstruksi Tiang opstijg kabel TM-11 SUTM	213
Gambar 8. 37 Konstruksi Tiang Akhir Dengan Arrester TM-15 SUTM	214
Gambar 8. 38 Konstruksi Tiang Portal (Single Arm) TM-16 SUTM.....	214
Gambar 8. 39 Konstruksi Tiang Portal (Double Arm) TM-16A SUTM.....	215
Gambar 8. 40 Konstruksi Tiang LBS TM-19	215
Gambar 9. 1 Diagram garis tunggal rangkaian tenaga listrik tegangan menengah	225

Gambar 9. 2 Pengawatan MCB 1 fasa dan 3 fasa	231
Gambar 9. 3 Konstruksi MCB.....	232
Gambar 9. 4 MCCB.....	232
Gambar 9. 5 Bagian-Bagian MCCB	233
Gambar 9. 6 NFB	234
Gambar 9. 7 Bagian-Bagian kWh.....	235
Gambar 9. 8 Papan Nama Meter Tarif Tunggal.....	237
Gambar 9. 9 Prinsip Suatu Meter Petunjuk, energi listrik B-B (jenis induksi).....	237
Gambar 9. 10 Prinsip Kerja kWh Meter.....	238
Gambar 9. 11 Proyeksi sudut	239
Gambar 9. 12 kWh 1 fasa dan 3 fasa	240
Gambar 9. 13 Sudut fasa kVARh	241
Gambar 9. 14 Perbandingan kWh dan KVARh	241
Gambar 9. 15 Perbandingan kWh dan kVARh	242
Gambar 9. 16 Lay out APP tipe khusus 1C	243
Gambar 9. 17 Tata Letak APP tipe 1	243
Gambar 9. 18 Diagram Internal kWh meter 1 fasa dan 3 fasa	243
Gambar 9. 19 Diagram penyambung	244
Gambar 9. 20 Diagram Garis Tunggal	244
Gambar 9. 21 Diagram Terminal.....	244
Gambar 9. 22 Diagram Pengawatan APP 1 fasa.....	245
Gambar 9. 23 Diagram Pengawatan APP 3 fasa.....	245
Gambar 9. 24 Pengawatan kWh dan kVARh	246
Gambar 9. 26 Pengawatan Normal.....	246
Gambar 9. 25 kWh meter 3 fasa pengawatan normal.....	246
Gambar 9. 27 Sambungan tenaga listrik tegangan rendah pada rusun atau ruko.....	248
Gambar 9. 28 Penghantar Pejal	252
Gambar 9. 29 Penghantar Berlilit	252
Gambar 9. 30 Penghantar Persegi.....	252
Gambar 9. 31 Kabel NYA.....	253
Gambar 9. 32 Kabel NYM.....	254

Gambar 9. 33 Kabel NYAF.....	254
Gambar 9. 34 Kabel NYY.....	254
Gambar 9. 35 Kabel NYFGbY.....	255
Gambar 9. 36 Kabel ACSR.....	255
Gambar 9. 37 Kabel AAAC.....	255
Gambar 9. 38 COntoh Jenis Kabel	256
Gambar 10. 1 Batang Penangkal Petir	298
Gambar 10. 2 Kawat Konduktor.....	298
Gambar 10. 3 Tempat Pembumian	298
Gambar 10. 4 Penyalur Petir Franklin.....	299
Gambar 10. 5 Sangkar Faraday	300
Gambar 10. 6 Radio Active.....	302
Gambar 10. 7 Electrostatik.....	303
Gambar 10. 8 Grounding	307
Gambar 10. 9 Contoh Surat Perintah Kerja (SPT)	313
Gambar 10. 10 Program Kerja Verifikasi Penangkal Petir	314
Gambar 10. 11 Pengukuran Normal (Metoda 3 Kutub)	315
Gambar 10. 12 Pengukuran Praktis (Metoda 2 Kutub).....	316
Gambar 10. 13 Gambar Kerja Instalasi Penangkal Petir Bangunan Rumah.....	318
Gambar 10. 14 Dokumen-Dokumen Terkait Inspeksi Penangkal Petir	320
Gambar 10. 15 Multimeter Analog dan Digital	321
Gambar 10. 16 Megger	322
Gambar 10. 17 Earth Tester	322
Gambar 12. 1 Penanganan Pertama Terhadap Korban Kejut Listrik	348

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Perbandingan Antara Dua Jenis Bahan Konduktor	52
Tabel 6. 1 Klasifikasi Relai Proteksi.....	155
Tabel 6. 2 Simbol Dan Kode Relai Proteksi.....	155
Tabel 8. 1 Ukuran Tiang Kayu	192
Tabel 8. 2 Kedalaman tiang dihitung seperenam dari tinggi tia	193
Tabel 8. 3 Standar Spesifikasi Tiang Beton Praktekan.....	196
Tabel 8. 4 Ukuran Tiang Dan Jarak Antar Tiang Menurut Peraturan AVE D210.....	202
Tabel 9. 1 Batas Daya Pelanggan	227
Tabel 9. 2 Kharakteristik pembatas arus	228
Tabel 9. 3 Kharakteristik relay	229
Tabel 9. 4 Kabel instalasi meter kWh /kVARh.....	249
Tabel 9. 5 Nomenklatur kode – kode kabel di Indonesia.....	281



BAB I

PER UNDANG-UNDANGAN TEKNIKI K3 LISTRIK

1.1. UU NO.01 Tahun 1970

KESELAMATAN KERJA

Undang-undang Nomor I Tahun 1970

PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA

Menimbang :

- a. bahwa setiap tenaga kerja berhak mendapat perlindungan atas keselamatannya dalam melakukan pekerjaan untuk kesejahteraan hidup dan meningkatkan produksi serta produktivitas Nasional
- b. bahwa setiap orang lainnya yang berada di tempat kerja terjamin pula keselamatannya
- c. bahwa setiap sumber produksi perlu dipakai dan dipergunakan secara aman dan efisien
- d. bahwa berhubung dengan itu perlu diadakan segala daya upaya untuk membina norma-norma perlindungan kerja;
- e. bahwa pembinaan norma-norma itu perlu diwujudkan dalam Undang-undang yang memuat ketentuan-ketentuan umum tentang keselamatan kerja yang sesuai dengan perkembangan masyarakat. Industrialasi, teknik dan teknologi

Mengingat :

1. Pasal-pasal 5.20 dan 27 Undang-undang Dasar 1945;
2. Pasal-pasal 9 dan 10 Undang-undang Nomor 14 tahun 1969 tentang Ketentuan-ketentuan Pokok mengenai Tenaga Kerja (Lembaran Negara Republik Indonesia tahun 1969 Nomor 35, Tambahan Lembaran negara Nomor 2912).

Dengan persetujuan Dewan Perwakilan Rakyat Gotong Royong;

MEMUTUSKAN:

1. Mencabut:

Veiligheidsreglement tahun 1910 (Stbl. No.406).

2. Menetapkan :

Undang-undang Tentang Keselamatan Kerja

BAB I

Tentang Istilah-istilah

Pasal 1

Dalam Undang-undang ini yang dimaksudkan dengan :

- (1) "Tempat kerja" ialah tiap ruangan atau lapangan, tertutup atau terbuka, bergerak atau tetap di mana tenaga kerja bekerja, atau yang sering dimasuki tenaga kerja untuk keperluan suatu usaha dan di mana terdapat sumber atau sumber-sumber bahaya sebagaimana diperinci dalam pasal 2.
- (2) Termasuk tempat kerja ialah semua ruangan, lapangan, halaman dan sekelilingnya yang merupakan bagian-bagian yang dengan tempat kerja tersebut.
- (3) "Pengurus" ialah orang yang mempunyai tugas pemimpin langsung sesuatu tempat kerja atau bagianya yang berdiri sendiri.
- (4) "Pengusaha" ialah :
 - a. orang atau badan hukum yang menjalankan sesuatu usaha milik sendiri dan untuk keperluan itu mempergunakan tempat kerja;
 - b. orang atau badan hukum yang secara berdiri sendiri menjalankan sesuatu usaha bukan miliknya dan untuk keperluan itu mempergunakan tempat kerja;
 - c. orang atau badan hukum yang di Indonesia mewakili orang atau badan hukum termasud pada (a) dan (b), jika lau yang diwakili berkedudukan di luar Indonesia.
- (5) "Direktur" ialah pejabat yang ditunjuk oleh Menteri Tenaga Kerja untuk melaksanakan Undang-undang ini.

- (6) "Pegawai Pengawas" ialah pegawai teknis berkeahlian khusus dari Departemen Tenaga Kerja yang ditunjuk oleh Menteri Tenaga Kerja.
- (7) "Ahli Keselamatan Kerja" ialah tenaga teknis yang berkeahlian khusus dari luar Departemen Tenaga Kerja yang ditunjuk oleh Menteri Tenaga Kerja untuk mengawasi ditaatinya Undang-undang ini.

BAB II **Ruang Lingkup**

Pasal 2

- (1) Yang diatur oleh Undang-undang ini ialah keselamatan kerja dalam segala tempat kerja, baik di darat, di dalam tanah, di permukaan air, di dalam air maupun di udara, yang berada di dalam wilayah kekuasaan hukum Republik Indonesia.
- (2) Ketentuan-ketentuan dalam ayat (1) tersebut berlaku dalam tempat kerja di mana :
 - a. dibuat, dicoba, dipakai atau dipergunakan mesin, pesawat, alat perkakas, peralatan atau instalasi yang berbahaya atau dapat menimbulkan kecelakaan, kebakaran atau peledakan;
 - b. dibuat, diolah, dipakai, dipergunakan, diperdagangkan, diangkut atau disimpan bahan atau barang yang : dapat meledak, mudah terbakar, menggigit, beracun, menimbulkan infeksi, bersuhu tinggi;
 - c. dikerjakan pembangunan, perbaikan, perawatan, pembersihan atau pembongkaran rumah, gedung atau bangunan lainnya termasuk bangunan perairan, saluran, atau terowongan di bawah tanah dan sebagainya atau di mana dilakukan pekerjaan persiapan;?
 - d. dilakukan usaha pertanian, perkebunan, pembukaan hutan, pengrajan hutan, pengolahan kayu atau hasil hutan lainnya, peternakan, perikanan dan lapangan kesehatan;???
 - e. dilakukan usaha pertambangan dan pengolahan emas, perak, logam atau bijih logam lainnya, batu-batuan, gas, minyak atau mineral lainnya, baik di permukaan atau di dalam bumi, maupun di dasar perairan;
 - f. dilakukan pengangkutan barang, binatang atau manusia, baik di daratan, melalui terowongan, di permukaan air, dalam air maupun di udara;
 - g. dikerjakan bongkar-muat barang muatan di kapal, perahu, dermaga, dok, stasiun atau gudang;
 - h. dilakukan penyelaman, pengambilan benda dan pekerjaan lain di dalam air;
 - i. dilakukan pekerjaan dalam ketinggian di atas permukaan tanah atau perairan;
 - j. dilakukan pekerjaan di bawah tekanan udara atau suhu yang tinggi atau rendah;
 - k. dilakukan pekerjaan yang mengandung bahaya tertimbun tanah, kejatuhan, terkena pelantingan benda, terjatuh atau terperosok, hanyut atau terpelanting;
 - l. dilakukan pekerjaan dalam tangki, sumur atau lobang;
 - m. terdapat atau menyebar suhu, kelembaban, debu, kotoran, api, asap, gas, hembusan angin, cuaca, sinar atau radiasi, suara atau getaran;
 - n. dilakukan pembuangan atau pemusnahan sampah atau timah;
 - o. dilakukan pemancaran, penyiaran atau penerimaan radio, radar, televisi, atau telepon;
 - p. dilakukan pendidikan, pembinaan, percobaan, penyelidikan atau riset (penelitian) yang menggunakan alat teknis;
 - q. dibangkitkan, dirobah, dikumpulkan, disimpan, dibagi-bagikan atau disalurkan listrik, gas, minyak atau air;
 - r. diputar pilem, dipertunjukkan sandiwara atau diselenggarakan rekreasi lainnya yang memakai peralatan, instalasi listrik atau mekanik.
- (3) Dengan peraturan perundangan dapat ditunjuk sebagai tempat kerja ruangan-ruangan atau lapangan-lapangan lainnya yang dapat membahayakan keselamatan atau kesehatan yang bekerja dan atau yang berada di ruangan atau lapangan itu dan dapat dirubah perincian tersebut dalam ayat (2).

BAB III **Syarat-syarat Keselamatan Kerja**

Pasal 3

- (1) Dengan peraturan perundangan-undangan ditetapkan syarat-syarat keselamatan kerja untuk:
 - a. mencegah dan mengurangi kecelakaan;
 - b. mencegah, mengurangi dan memadamkan kebakaran;
 - c. mencegah dan mengurangi bahaya peledakan;
 - d. memberi kesempatan atau jalan menyelamatkan diri pada waktu kebakaran atau kejadian-kejadian lain yang berbahaya;
 - e. memberi pertolongan pada kecelakaan;
 - f. memberi alat-alat perlindungan diri pada para pekerja;
 - g. mencegah dan mengendalikan timbul atau menyebar luasnya suhu, kelembaban, debu, kotoran, asap, uap, gas, hembusan angin, cuaca, sinar atau radiasi, suara dan getaran;
 - h. mencegah dan mengendalikan timbulnya penyakit akibat kerja baik fisik maupun psychis, peracunan, infeksi dan penularan;
 - i. memperoleh penerangan yang cukup dan sesuai;
 - j. menyelenggarakan suhu dan lembab udara yang baik;
 - k. menyelenggarakan penyegaran udara yang cukup;
 - l. memelihara kebersihan, kesehatan dan ketertiban;
 - m. memperoleh keserasian antara tenaga kerja, alat kerja, lingkungan, cara dan proses kerjanya;
 - n. mengamankan dan memperlancar pengangkutan orang, binatang, tanaman atau barang;
 - o. mengamankan dan memelihara segala jenis bangunan;
 - p. mengamankan dan memperlancar pekerjaan bongkar-muat, perlakuan dan penyimpanan barang;
 - q. mencegah terkena aliran listrik yang berbahaya;
 - r. menyeseuaikan dan menyempurnakan pengamanan pada pekerjaan yang bahaya kecelakaannya menjadi bertambah tinggi.
- (2) Dengan peraturan perundangan dapat dirobah perincian seperti tersebut dalam ayat (1) sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan, teknik dan teknologi serta pendapat-pendapat baru di kemudian hari.

Pasal 4

- (1) Dengan peraturan perundang-undangan ditetapkan syarat-syarat keselamatan kerja dalam perecanaan, pembuatan, pengangkutan, peredaran, perdagangan, pemasangan, pemakaian, penggunaan, pemeliharaan dan penyimpanan bahan, barang, produk teknis dan alat produksi yang mengandung dan dapat menimbulkan bahaya kecelakaan.
- (2) Syarat-syarat tersebut memuat prinsip-prinsip teknis ilmiah menjadi suatu kumpulan ketentuan yang disusun secara teratur, jelas dan praktis yang mencakup bidang konstruksi, bahan, pengolahan dan pembuatan, perlengkapan alat-alat perlindungan, pengujian, dan pengesahan, pengepakan atau pembungkusan, pemberian tanda-tanda pengenal atas bahan, barang, produksi teknis dan alat produksi guna menjamin keselamatan barang-barang itu sendiri, keselamatan tenaga kerja yang melakukannya dan keselamatan umum.
- (3) Dengan peraturan perundangan dapat dirobah perincian seperti tersebut dalam ayat (1) dan (2); dengan peraturan perundangan ditetapkan siapa yang berkewajiban memenuhi dan mentaati syarat-syarat keselamatan tersebut.

BAB IV
Pengawasan

Pasal 5

- (1) Direktur melakukan pelaksanaan umum terhadap Undang-undang ini, sedangkan para pegawai pengawas kerja ditugaskan menjalankan pengawasan langsung terhadap ditaatinya Undang-undang ini dan membantu pelaksanaannya.
- (2) Wewenang dan kewajiban direktur, pegawai pengawas dan ahli keselamatan kerja dalam melaksanakan Undang-undang ini diatur dengan peraturan perundangan.

Pasal 6

- (1) Barangsiapa tidak dapat menerima keputusan direktur dapat mengajukan permohonan banding kepada Panitia Banding.
- (2) Tata-cara permohonan banding, susunan Panitia Banding, tugas Panitia Banding dan lain-lainnya ditetapkan oleh Menteri Tenaga Kerja.
- (3) Keputusan Panitia Banding tidak dapat dibanding lagi.

Pasal 7

Untuk pengawasan berdasarkan Undang-undang ini pengusaha harus membayar retribusi menurut ketentuan-ketentuan yang akan diatur dengan peraturan perundangan.

Pasal 8

- (1) Pengurus diwajibkan memeriksakan kesehatan badan, kondisi mental dan kemampuan fisik dari tenaga kerja yang akan diterimanya maupun akan dipindahkan sesuai dengan sifat-sifat pekerjaan yang diberikan padanya.
- (2) Pengurus diwajibkan memeriksa semua tenaga kerja yang berada di bawah pimpinannya, secara berkala pada Dokter yang ditunjuk oleh Pengusaha dan dibenarkan oleh Direktur.
- (3) Norma-norma mengenai pengujian kesehatan ditetapkan dengan peraturan perundangan.

**BAB V
Pembinaan**

Pasal 9

- (1) Pengurus diwajibkan menunjukkan dan menjelaskan pada tiap tenaga kerja baru tentang :
 - a. Kondisi-kondisi dan bahaya-bahaya serta apa yang dapat timbul dalam tempat kerjanya;
 - b. Semua pengamanan dan alat-alat perlindungan yang diharuskan dalam semua tempat kerjanya;
 - c. Alat-alat perlindungan diri bagi tenaga kerja yang bersangkutan;
 - d. Cara-cara dan sikap yang aman dalam melaksanakan pekerjaannya.
- (2) Pengurus hanya dapat mempekerjakan tenaga kerja yang bersangkutan setelah ia yakin bahwa tenaga kerja tersebut telah memahami syarat-syarat tersebut di atas.
- (1) Pengurus diwajibkan menyelenggarakan pembinaan bagi semua tenaga kerja yang berada di bawah pimpinannya, dalam pencegahan kecelakaan dan pemberantasan kebakaran serta peningkatan keselamatan dan kesehatan kerja, pula dalam pemberian pertolongan pertama dalam kecelakaan.
- (2) Pengurus diwajibkan memenuhi dan mentaati semua syarat-syarat dan ketentuan-ketentuan yang berlaku bagi usaha dan tempat kerja yang dijalankannya.

**BAB VI
Panitia Pembina Keselamatan dan Kesehatan Kerja**

Pasal 10

- (1) Menteri Tenaga Kerja berwenang membentuk Panitia Keselamatan dan Kesehatan Kerja guna memperkembangkan kerja sama, saling pengertian dan partisipasi efektif dari pengusaha atau pengurus dan tenaga kerja dalam tempat-tempat kerja untuk melaksanakan tugas dan kewajiban bersama di bidang keselamatan dan kesehatan kerja, dalam rangka melancarkan usaha berproduksi.
- (2) Susunan Panitia Pembina Keselamatan dan Kesehatan Kerja, tugas dan lain-lainnya ditetapkan oleh Menteri Tenaga Kerja.

**BAB VII
Kecelakaan**

Pasal 11

- (1) Pengurus diwajibkan melaporkan tiap kecelakaan yang terjadi dalam tempat kerja yang dipimpinnya, pada pejabat yang ditunjuk oleh Menteri Tenaga Kerja.

- (2) Tata-cara pelaporan dan pemeriksaan kecelakaan oleh pegawai termasuk dalam ayat (1) diatur dengan peraturan perundangan.

BAB VIII
Kewajiban dan Hak Kerja

Pasal 12

Dengan peraturan perundangan diatur kewajiban dan atau hak tenaga kerja untuk:

- a. Memberikan keterangan yang benar bila diminta oleh pegawai pengawas atau ahli keselamatan kerja;
- b. Memakai alat-alat perlindungan diri yang diwajibkan;
- c. Memenuhi dan mentaati semua syarat-syarat keselamatan dan kesehatan yang diwajibkan;
- d. Meminta pada Pengurus agas dilaksanakan semua syarat keselamatan dan kesehatan yang diwajibkan;
- e. Menyatakan keberatan kerja pada pekerjaan di mana syarat keselamatan dan kesehatan kerja serta alat-alat perlindungan diri yang diwajibkan diragukan olehnya kecuali dalam hal-hal khusus ditentukan lain oleh pegawai pengawas dalam batas-batas yang masih dapat dipertanggung-jawabkan.

BAB IX
Kewajiban Bila Memasuki Tempat Kerja

Pasal 13

Barang siapa akan memasuki sesuatu tempat kerja, diwajibkan mentaati semua petunjuk keselamatan kerja dan memakai alat-alat perlindungan diri yang diwajibkan.

BAB X
Kewajiban Pengurus

Pasal 14

Pengurus diwajibkan :

- a. Secara tertulis menempatkan dalam tempat kerja yang dipimpinnya, semua syarat keselamatan kerja yang diwajibkan, sehelai Undang-undang ini dan semua peraturan pelaksanaannya yang berlaku bagi tempat kerja yang bersangkutan, pada tempat-tempat yang mudah dilihat dan terbaca dan menurut petunjuk pegawai pengawas atau ahli kesehatan kerja;
- b. Memasang dalam tempat kerja yang dipimpinnya, semua gambar keselamatan kerja yang diwajibkan dan semua bahan pembinaan lainnya, pada tempat-tempat yang mudah dilihat dan terbaca menurut petunjuk pegawai pengawas atau ahli keselamatan kerja;
- c. Menyediakan secara cuma-cuma, semua alat perlindungan diri yang diwajibkan pada tenaga kerja yang berada di bawah pimpinannya dan menyediakan bagi setiap orang lain yang memasuki tempat kerja tersebut, disertai dengan petunjuk-petunjuk yang diperlukan menurut petunjuk pegawai pengawas atau ahli keselamatan kerja.

BAB XI
Ketentuan-ketentuan Penutup

Pasal 15

- (1) Pelaksanaan ketentuan tersebut pada pasal-pasal di atas diatur lebih lanjut dengan peraturan perundangan.
- (2) Peraturan perundangan tersebut pada ayat (1) dapat memberikan ancaman pidana atas pelanggaran peraturannya dengan hukuman kurungan selama-lamanya 3 (tiga) bulan atau denda setinggi-tingginya Rp. 100.000,- (Seratus ribu rupiah).
- (3) Tindak pidana tersebut adalah pelanggaran.

Pasal 16

Pengusaha yang mempergunakan tempat-tempat kerja yang sudah ada pada waktu Undang-undang ini mulai berlaku wajib mengusahakan di dalam satu tahun sesudah Undang-undang ini mulai berlaku, untuk memenuhi ketentuan-ketentuan menurut atau berdasarkan Undang-undang ini.

Pasal 17

Selama peraturan perundangan untuk melaksanakan ketentuan dalam Undang-undang ini belum dikeluarkan, maka peraturan dalam bidang keselamatan kerja yang ada pada waktu Undang-undang ini mulai berlaku, tetap berlaku sepanjang tidak bertentangan dengan Undang-undang ini.

Pasal 18

Undang-undang ini disebut "Undang-undang Keselamatan Kerja" dan mulai berlaku pada hari diundangkannya.

Agar supaya setiap orang dapat mengetahuinya, memerintahkan pengundangan Undang-undang ini dengan penempatannya dalam Lembaran Negara Republik Indonesia.

Disahkan di Jakarta

Pada tanggal 12 Januari 1970.

PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA,

SUHARTO

Jenderal T.N.I.

Diundangkan di Jakarta

Pada tanggal 12 Januari 1970.

SEKRETARIS NEGARA REPUBLIK INDONESIA ,

ALAMSJAH.

Mayor Jenderal T.N.I.

LEMBARAN NEGARA REPUBLIK INDONESIA TAHUN 1970 NOMOR 1.



1.2. Permenaker No. 12 tahun 2015



**MENTERI KETENAGAKERJAAN
REPUBLIK INDONESIA**

**PERATURAN MENTERI KETENAGAKERJAAN
REPUBLIK INDONESIA**

NOMOR 12 TAHUN 2015

TENTANG

**KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA LISTRIK
DI TEMPAT KERJA**

DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA

MENTERI KETENAGAKERJAAN REPUBLIK INDONESIA,

Menimbang : bahwa untuk melaksanakan ketentuan Pasal 2 ayat (2) huruf q dan Pasal 3 ayat (1) huruf q Undang-Undang Nomor 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja perlu menetapkan Peraturan Menteri tentang Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Listrik di Tempat Kerja;

Mengingat : 1. Undang-Undang Nomor 3 Tahun 1951 tentang Pernyataan Belakunya Undang-Undang Pengawasan Perburuhan Tahun 1948 No. 23 dari Republik Indonesia untuk Seluruh Indonesia (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1951 Nomor 4);
2. Undang-Undang Nomor 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1970 Nomor 1, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 1918);
3. Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2003 Nomor 39, Tambahan Lembaran Republik Indonesia Negara Nomor 4279);
4. Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2014 tentang Pemerintahan Daerah (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 244, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5587);
5. Peraturan Pemerintah Nomor 50 Tahun 2012 tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2012 Nomor 100, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5309);

6. Peraturan Presiden Nomor 8 Tahun 2015 tentang Kementerian Ketenagakerjaan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 19);
7. Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor PER.02/MEN/1992 tentang Tata Cara Penunjukan, Kewajiban dan Wewenang Ahli Keselamatan dan Kesehatan Kerja;
8. Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor PER.04/MEN/1995 tentang Perusahaan Jasa Keselamatan dan Kesehatan Kerja;

MEMUTUSKAN:

Menetapkan : PERATURAN MENTERI KETENAGAKERJAAN TENTANG KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA LISTRIK DI TEMPAT KERJA.

**BAB I
KETENTUAN UMUM**

Pasal 1

Dalam Peraturan Menteri ini yang dimaksud dengan:

1. Keselamatan dan Kesehatan Kerja yang selanjutnya disingkat K3 adalah segala kegiatan untuk menjamin dan melindungi keselamatan dan kesehatan tenaga kerja melalui upaya pencegahan kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja.
2. Tempat kerja adalah tiap ruangan atau lapangan, tertutup atau terbuka, bergerak atau tetap, dimana tenaga kerja bekerja, atau sering dimasuki tenaga kerja untuk keperluan suatu usaha dan dimana terdapat sumber bahaya, termasuk tempat kerja ialah semua ruangan, lapangan, halaman dan sekelilingnya yang merupakan bagian-bagian atau yang berhubungan dengan tempat kerja tersebut.
3. Perusahaan adalah:
 - a. setiap bentuk usaha yang berbadan hukum atau tidak, milik orang perseorangan, milik persekutuan, atau milik badan hukum, baik milik swasta maupun milik negara yang mempekerjakan pekerja/buruh dengan membayar upah atau imbalan dalam bentuk lain;
 - b. usaha-usaha sosial dan usaha-usaha lain yang mempunyai pengurus dan mempekerjakan orang lain dengan membayar upah atau imbalan dalam bentuk lain.
4. Pembangkitan Listrik adalah kegiatan untuk memproduksi dan membangkitkan tenaga listrik dari berbagai sumber tenaga.
5. Transmisi Listrik adalah kegiatan penyaluran tenaga listrik dari tempat pembangkit tenaga listrik sampai ke saluran distribusi listrik.
6. Distribusi Listrik adalah kegiatan menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar sampai ke pemanfaat listrik.

7. Pemanfaatan Listrik adalah kegiatan mengubah energi listrik menjadi energi bentuk lain.
8. Perusahaan Jasa Keselamatan dan Kesehatan Kerja yang selanjutnya disebut PJK3 adalah Perusahaan yang usahanya di bidang jasa keselamatan dan kesehatan kerja untuk membantu pelaksanaan pemenuhan syarat-syarat keselamatan dan kesehatan kerja sesuai dengan peraturan perundang-undangan.
9. Instalasi Listrik adalah jaringan perlengkapan listrik yang membangkitkan, memakai, mengubah, mengatur, mengalihkan, mengumpulkan atau membagikan tenaga listrik.
10. Perlengkapan Listrik adalah setiap benda yang digunakan untuk keperluan pembangkitan, konversi, transmisi, distribusi atau pemanfaatan energi listrik.
11. Peralatan Listrik adalah barang pemanfaatan listrik yang merupakan unit lengkap dan dapat mengubah energi listrik menjadi energi bentuk lain.
12. Pegawai Pengawas Ketenagakerjaan yang selanjutnya disebut Pengawas Ketenagakerjaan adalah Pegawai Negeri Sipil yang diangkat dan ditugaskan dalam jabatan fungsional Pengawas Ketenagakerjaan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.
13. Pengawas Ketenagakerjaan Spesialis K3 Listrik adalah Pengawas Ketenagakerjaan yang mempunyai keahlian khusus di bidang K3 listrik yang berwenang untuk melakukan kegiatan pembinaan, pemeriksaan, dan pengujian bidang listrik serta pengawasan, pembinaan, dan pengembangan sistem pengawasan ketenagakerjaan sesuai dengan peraturan perundang-undangan.
14. Pengurus adalah orang yang mempunyai tugas memimpin langsung sesuatu tempat kerja atau bagiannya yang berdiri sendiri.
15. Pengusaha adalah:
 - a. orang perseorangan, persekutuan, atau badan hukum yang menjalankan suatu Perusahaan milik sendiri;
 - b. orang perseorangan, persekutuan, atau badan hukum yang secara berdiri sendiri menjalankan Perusahaan bukan miliknya;
 - c. orang perseorangan, persekutuan, atau badan hukum yang berada di Indonesia mewakili Perusahaan sebagaimana dimaksud dalam huruf a dan b yang berkedudukan di luar wilayah Indonesia.
16. Ahli Keselamatan dan Kesehatan Kerja bidang Listrik yang selanjutnya disebut Ahli K3 bidang Listrik adalah tenaga teknis dari luar instansi yang membidangi ketenagakerjaan yang mempunyai keahlian di bidang K3 listrik yang ditunjuk oleh Menteri atau pejabat yang ditunjuk.
17. Teknisi Keselamatan dan Kesehatan Kerja Listrik yang selanjutnya disebut Teknisi K3 Listrik adalah tenaga teknis yang mempunyai keterampilan di bidang K3 listrik dan memiliki lisensi dari Menteri atau pejabat yang ditunjuk.
18. Dinas Provinsi adalah instansi yang bertanggung jawab di bidang ketenagakerjaan di provinsi.

19. Menteri adalah menteri yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang ketenagakerjaan.

Pasal 2

Pengusaha dan/atau Pengurus wajib melaksanakan K3 listrik di tempat kerja.

Pasal 3

Pelaksanaan K3 listrik sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 bertujuan:

- a. melindungi keselamatan dan kesehatan tenaga kerja dan orang lain yang berada di dalam lingkungan tempat kerja dari potensi bahaya listrik;
- b. menciptakan instalasi listrik yang aman, handal dan memberikan keselamatan bangunan beserta isinya; dan
- c. menciptakan tempat kerja yang selamat dan sehat untuk mendorong produktivitas.

**BAB II
RUANG LINGKUP**

Pasal 4

(1) Pelaksanaan K3 listrik sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 merupakan pelaksanaan persyaratan K3 yang meliputi:

- a. perencanaan, pemasangan, penggunaan, perubahan, pemeliharaan;
- b. pemeriksaan dan pengujian.

(2) Persyaratan K3 sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilaksanakan pada kegiatan:

- a. pembangkitan listrik;
 - b. transmisi listrik;
 - c. distribusi listrik; dan
 - d. pemanfaatan listrik;
- yang beroperasi dengan tegangan lebih dari 50 (lima puluh) volt arus bolak balik atau 120 (seratus dua puluh) volt arus searah.

**BAB III
PERENCANAAN, PEMASANGAN, PENGGUNAAN,
PERUBAHAN, DAN PEMELIHARAAN**

Pasal 5

(1) Kegiatan perencanaan, pemasangan, penggunaan, perubahan, dan pemeliharaan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 4 ayat (1) huruf a yang dilaksanakan pada kegiatan pembangkitan, transmisi, distribusi dan pemanfaatan listrik wajib mengacu kepada standar bidang kelistrikan dan ketentuan peraturan perundang-undangan.

(2) Kegiatan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan terhadap instalasi, perlengkapan, dan peralatan listrik.

(3) Standar bidang kelistrikan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi:

- a. Standar Nasional Indonesia;
- b. Standar Internasional; dan/atau

- c. Standar Nasional Negara lain yang ditentukan oleh Pengawas Ketenagakerjaan Spesialis K3 Listrik.

Pasal 6

- (1) Perencanaan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 ayat (1) wajib dilakukan pada pemasangan dan perubahan untuk kegiatan pembangkitan, transmisi, distribusi dan pemanfaatan listrik.
- (2) Pemeliharaan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 ayat (1) wajib dilakukan pada penggunaan untuk kegiatan pembangkitan, transmisi, distribusi dan pemanfaatan listrik.
- (3) Perencanaan, pemasangan, perubahan, dan pemeliharaan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 ayat (1) dilakukan oleh:
 - a. Ahli K3 bidang Listrik pada Perusahaan; atau
 - b. Ahli K3 bidang Listrik pada PJK3.
- (4) Dalam hal kegiatan yang dilaksanakan berupa pemasangan dan pemeliharaan pada pembangkitan, transmisi, distribusi dan pemanfaatan listrik, dapat dilakukan oleh:
 - a. Teknisi K3 Listrik pada perusahaan; atau
 - b. Teknisi K3 Listrik pada PJK3.

Pasal 7

Untuk perusahaan yang memiliki pembangkitan listrik lebih dari 200 (dua ratus) kilo Volt-Ampere wajib mempunyai Ahli K3 bidang Listrik.

Pasal 8

Ketentuan dan tata cara penunjukan PJK3, Ahli K3 bidang Listrik dan Teknisi K3 Listrik sebagaimana dimaksud dalam Pasal 6 dan Pasal 7 dilaksanakan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

BAB IV
PEMERIKSAAN DAN PENGUJIAN

Pasal 9

- (1) Pemeriksaan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 4 ayat (1) huruf b merupakan kegiatan penilaian dan pengukuran terhadap instalasi, perlengkapan dan peralatan listrik untuk memastikan terpenuhinya standar bidang kelistrikan dan ketentuan peraturan perundang-undangan
- (2) Pengujian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 4 ayat (1) huruf b merupakan kegiatan penilaian, perhitungan, pengetesan dan pengukuran terhadap instalasi, perlengkapan dan peralatan listrik untuk memastikan terpenuhinya standar bidang kelistrikan dan ketentuan peraturan perundang-undangan.
- (3) Pemeriksaan dan pengujian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dan ayat (2) wajib dilakukan pada perencanaan, pemasangan, penggunaan, perubahan, dan pemeliharaan untuk kegiatan pembangkitan, transmisi, distribusi dan pemanfaatan listrik.

- (4) Pemeriksaan dan pengujian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dan ayat (2) mengacu kepada standar bidang kelistrikan dan peraturan perundangan undangan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5.

Pasal 10

- (1) Pemeriksaan dan pengujian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) dan ayat (2) dilakukan oleh:
- Pengawas Ketenagakerjaan Spesialis K3 Listrik;
 - Ahli K3 bidang Listrik pada Perusahaan; dan/atau
 - Ahli K3 bidang Listrik pada PJK3.
- (2) Pemeriksaan dan pengujian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan:
- sebelum penyerahan kepada pemilik/pengguna;
 - setelah ada perubahan/perbaikan; dan
 - secara berkala.
- (3) Hasil pemeriksaan dan pengujian sebagaimana dimaksud pada ayat (2) huruf a dan huruf b yang dilakukan oleh Pengawas Ketenagakerjaan Spesialis K3 Listrik dan Ahli K3 bidang Listrik pada PJK3 sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf a dan huruf c digunakan sebagai bahan pertimbangan penerbitan pengesahan dan/atau pembinaan dan/atau tindakan hukum.
- (4) Hasil pemeriksaan dan pengujian sebagaimana dimaksud pada ayat (2) huruf a dan huruf b yang dilakukan oleh Ahli K3 bidang Listrik pada Perusahaan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf b digunakan sebagai bahan pertimbangan pembinaan dan/atau tindakan hukum oleh Pengawas Ketenagakerjaan.
- (5) Pengesahan sebagaimana dimaksud pada ayat (3) diterbitkan oleh Kepala Dinas Provinsi.

Pasal 11

- (1) Pemeriksaan secara berkala sebagaimana dimaksud dalam Pasal 10 ayat (2) huruf c dilakukan paling sedikit 1 (satu) tahun sekali.
- (2) Pengujian secara berkala sebagaimana dimaksud dalam Pasal 10 ayat (2) huruf c dilakukan paling sedikit 5 (lima) tahun sekali.
- (3) Hasil pemeriksaan dan pengujian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dan ayat (2) harus dilaporkan kepada Kepala Dinas Provinsi.
- (4) Hasil pemeriksaan dan pengujian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dan ayat (2) digunakan sebagai bahan pertimbangan pembinaan dan/atau tindakan hukum oleh Pengawas Ketenagakerjaan

Pasal 12

Perusahaan yang menggunakan perlengkapan dan peralatan listrik wajib menggunakan perlengkapan dan peralatan listrik yang telah mempunyai sertifikat yang diterbitkan oleh lembaga atau instansi yang berwenang.

**BAB V
PENGAWASAN**

Pasal 13

Pengawasan pelaksanaan K3 listrik di tempat kerja dilaksanakan oleh Pengawas Ketenagakerjaan.

**BAB VI
SANKSI**

Pasal 14

Pengusaha dan/atau pengurus yang tidak memenuhi ketentuan dalam Peraturan Menteri ini dikenakan sanksi sesuai dengan Undang-Undang Nomor 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja dan Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan.

**BAB VII
KETENTUAN PENUTUP**

Pasal 15

Pada saat Peraturan Menteri ini mulai berlaku, Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor KEP.75/MEN/2002 tentang Pemberlakuan Standar Nasional Indonesia Nomor SNI 04-0225-2000 mengenai Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000) di Tempat Kerja, dicabut dan dinyatakan tidak berlaku.

Pasal 16

Peraturan Menteri ini mulai berlaku pada tanggal diundangkan.

Agar setiap orang mengetahuinya, memerintahkan pengundangan Peraturan Menteri ini dengan penempatannya dalam Berita Negara Republik Indonesia.

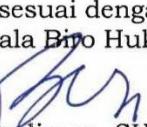
Ditetapkan di Jakarta
pada tanggal 9 April 2015

MENTERI KETENAGAKERJAAN
REPUBLIK INDONESIA,
ttd.
M. HANIF DHAKIRI

Diundangkan di Jakarta
pada tanggal 16 April 2015

MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
REPUBLIK INDONESIA,
ttd.
YASONNA H. LAOLY

BERITA NEGARA REPUBLIK INDONESIA TAHUN 2015 NOMOR 540

Salinan sesuai dengan aslinya
Kepala Biro Hukum,

Budiman, SH
NIP. 19600324 198903 1 001

1.3. Permenaker No. 33 Tahun 2015



**MENTERI KETENAGAKERJAAN
REPUBLIK INDONESIA**

PERATURAN MENTERI KETENAGAKERJAAN

REPUBLIK INDONESIA

NOMOR 33 TAHUN 2015

TENTANG

**PERUBAHAN ATAS PERATURAN MENTERI KETENAGAKERJAAN
NOMOR 12 TAHUN 2015 TENTANG KESELAMATAN DAN
KESEHATAN KERJA LISTRIK DI TEMPAT KERJA**

DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA

MENTERI KETENAGAKERJAAN REPUBLIK INDONESIA,

Menimbang : a. bahwa Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 12 Tahun 2015 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Listrik di Tempat Kerja sudah tidak sesuai dengan prosedur pelayanan keselamatan dan kesehatan kerja listrik di tempat kerja;

b. bahwa berdasarkan pertimbangan sebagaimana dimaksud dalam huruf a, perlu menetapkan Peraturan Menteri tentang Perubahan Atas Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 12 Tahun 2015 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Listrik di Tempat Kerja;

Mengingat : 1. Undang-Undang Nomor 3 Tahun 1951 tentang Pernyataan Berlakunya Undang-Undang Pengawasan Perburuhan Tahun 1948 No. 23 dari Republik Indonesia untuk Seluruh Indonesia (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1951 Nomor 4);

2. Undang-Undang Nomor 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1970 Nomor 1, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 1918);
3. Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2003 Nomor 39, Tambahan Lembaran Republik Indonesia Nomor 4279);
4. Peraturan Presiden Nomor 18 Tahun 2015 tentang Kementerian Ketenagakerjaan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 15);
5. Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 8 Tahun 2015 tentang Tata Cara Mempersiapkan Pembentukan Rancangan Undang-Undang, Rancangan Peraturan Pemerintah, dan Rancangan Peraturan Presiden Serta Pembentukan Rancangan Peraturan Menteri di Kementerian Ketenagakerjaan (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 411);
6. Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 12 Tahun 2015 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Listrik di Tempat Kerja (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 540);

MEMUTUSKAN:

Menetapkan : PERATURAN MENTERI KETENAGAKERJAAN TENTANG PERUBAHAN ATAS PERATURAN MENTERI KETENAGAKERJAAN NOMOR 12 TAHUN 2015 TENTANG KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA LISTRIK DI TEMPAT KERJA.

Pasal I

Ketentuan Pasal 10 dalam Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 12 Tahun 2015 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Listrik di Tempat Kerja (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 540), diubah sehingga berbunyi sebagai berikut:

Pasal 10

- (1) Pemeriksaan dan pengujian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) dan ayat (2) dilakukan oleh:
 - a. Pengawas Ketenagakerjaan Spesialis K3 Listrik;
 - b. Ahli K3 bidang Listrik pada Perusahaan; dan/atau
 - c. Ahli K3 bidang Listrik pada PJK3.
- (2) Pemeriksaan dan pengujian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan:
 - a. sebelum penyerahan kepada pemilik/pengguna;
 - b. setelah ada perubahan/perbaikan; dan
 - c. secara berkala.
- (3) Hasil pemeriksaan dan pengujian sebagaimana dimaksud pada ayat (2) digunakan sebagai bahan pertimbangan pembinaan dan/atau tindakan hukum oleh Pengawas Ketenagakerjaan.
- (4) Dihapus.
- (5) Dihapus.

Pasal II

Peraturan Menteri ini mulai berlaku pada tanggal diundangkan.

Agar setiap orang mengetahuinya, memerintahkan pengundangan Peraturan Menteri ini dengan penempatannya dalam Berita Negara Republik Indonesia.

Ditetapkan di Jakarta
pada tanggal 16 Oktober 2015

MENTERI KETENAGAKERJAAN
REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

M. HANIF DHAKIRI

Diundangkan di Jakarta
pada tanggal 20 Oktober 2015

DIREKTUR JENDERAL
PERATURAN PERUNDANG-UNDANGAN
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

WIDODO EKATJAHJANA

BERITA NEGARA REPUBLIK INDONESIA TAHUN 2015 NOMOR 1535

SALINAN SESUAI DENGAN ASLINYA
KEPALA BIRO HUKUM,



BUDIMAN, SH
NIP. 19600324 198903 1 001

1.4. Kepdirjen No. 48 Tahun 2015



KEMENTERIAN KETENAGAKERJAAN R.I.

DIREKTORAT JENDERAL

PEMBINAAN PENGAWASAN KETENAGAKERJAAN DAN
KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA

Jl. Jenderal Gatot Subroto Kav. 51, Jakarta Selatan 12950, Telp. 5255733, Ext. 604, 257

Telp. 021.5275249, 5260955, Faks. 5279365, 5213572

Home page : <http://www.kemnaker.go.id>

KEPUTUSAN

DIREKTUR JENDERAL

PEMBINAAN PENGAWASAN KETENAGAKERJAAN DAN K3

NO. : KEP. 48 /PPK&K3/VIII/2015

TENTANG

**PEMBINAAN TEKNISI
KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (K3) LISTRIK**

DIREKTUR JENDERAL

PEMBINAAN PENGAWASAN KETENAGAKERJAAN DAN K3

Menimbang :



- a. bahwa listrik mengandung potensi bahaya yang dapat mengancam keselamatan tenaga kerja dan orang lain yang berada di dalam lingkungan tempat kerja, dan mengancam keamanan bangunan beserta isinya;
- b. bahwa untuk memberikan perlindungan keselamatan dan kesehatan kerja listrik di tempat kerja maka perlu dilakukan pemasangan dan pemeliharaan terhadap instalasi, perlengkapan dan peralatan listrik yang dilaksanakan oleh Ahli K3 bidang Listrik dan/atau Teknisi K3 Listrik;
- c. bahwa untuk itu perlu dikeluarkan ketentuan mengenai pembinaan Teknisi K3 Listrik yang ditetapkan dengan Surat Keputusan.

Mengingat :

1. Undang-undang Nomor 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja;
2. Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan;
3. Peraturan Pemerintah No 50 Tahun 2012 tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja;
4. Peraturan Menteri Ketenagakerjaan R.I Nomor 12 Tahun 2015 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Listrik di Tempat Kerja;
5. Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 13 Tahun 2015 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Ketenagakerjaan;
6. Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor Per-04/MEN/1995 tentang Perusahaan Jasa Keselamatan dan Kesehatan Kerja.

- Menetapkan :
- KESATU : Pemasangan dan pemeliharaan terhadap instalasi, perlengkapan dan peralatan listrik di tempat kerja selain harus dilakukan oleh Ahli K3 Bidang Listrik dapat juga dilaksanakan oleh Teknisi K3 Listrik yang memiliki sertifikat dan lisensi yang dikeluarkan oleh Menteri Ketenagakerjaan atau pejabat yang ditunjuk.
- KEDUA : a. Untuk mendapatkan sertifikat dan lisensi sebagaimana dimaksud Diktum KESATU wajib mengikuti pembinaan Teknisi K3 Listrik dan dinyatakan lulus;
b. Pedoman pembinaan Teknisi K3 Listrik sebagaimana tercantum dalam lampiran keputusan ini.
- KETIGA : Lisensi sebagaimana dimaksud Diktum KEDUA huruf a berlaku untuk jangka waktu 3 (tiga) tahun dan setelah berakhir dapat diperpanjang lagi.
- KEEMPAT : Penyelenggaraan pembinaan Teknisi K3 Listrik sebagaimana dimaksud Diktum KEDUA huruf a dapat dilaksanakan oleh perusahaan jasa keselamatan dan kesehatan kerja sebagaimana dimaksud dalam Peraturan Menteri Tenaga Kerja No. Per.04/Men/1995 tentang Perusahaan Jasa Keselamatan dan Kesehatan Kerja.
- KELIMA : Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan, dengan ketentuan apabila dikemudian hari terdapat kekeliruan, akan diperbaiki sebagaimana semestinya.



LAMPIRAN
KEPUTUSAN DIREKTUR JENDRAL PEMBINAAN
PENGAWASAN KETENAGAKERJAAN DAN K3
TENTANG PEMBINAAN TEKNIKI KESELAMATAN
DAN KESEHATAN KERJA (K3) LISTRIK
No. : KEP. 48 /PPK&K3/ VIII /2015
TANGGAL : 05 Agustus 2015

**PEDOMAN PEMBINAAN TEKNIKI
KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (K3) LISTRIK**

A. TUJUAN

Pembinaan Teknisi K3 Listrik, bertujuan :

A.1. Umum

- a. Meningkatkan kemampuan dan keterampilan dalam pelaksanaan norma K3 listrik di tempat kerja;
- b. Meningkatkan kemampuan dan keterampilan dalam melakukan pemasangan dan pemeliharaan terhadap instalasi, perlengkapan dan peralatan listrik secara aman di tempat kerja.

A.2. Khusus

- a. Meningkatkan pengetahuan sekurang-kurangnya meliputi:
 1. persyaratan K3 pemasangan instalasi, perlengkapan dan peralatan listrik di pembangkitan listrik;
 2. persyaratan K3 pemasangan instalasi, perlengkapan dan peralatan listrik di transmisi listrik;
 3. persyaratan K3 pemasangan instalasi, perlengkapan dan peralatan listrik di distribusi listrik;
 4. persyaratan K3 pemasangan instalasi, perlengkapan dan peralatan listrik di pemanfaatan listrik;
 5. persyaratan K3 pemeliharaan instalasi, perlengkapan dan peralatan listrik di pembangkitan listrik;
 6. persyaratan K3 pemeliharaan instalasi, perlengkapan dan peralatan listrik di transmisi listrik;
 7. persyaratan K3 pemeliharaan instalasi, perlengkapan dan peralatan listrik di distribusi listrik;
 8. persyaratan K3 pemeliharaan instalasi, perlengkapan dan peralatan listrik di pemanfaatan listrik;
 9. persyaratan K3 sistem penyalur petir;
 10. persyaratan K3 listrik ruang khusus;
 11. identifikasi potensi bahaya listrik; dan
 12. pertolongan pertama pada kecelakaan (P3K) di pekerjaan listrik.
- b. Meningkatkan keterampilan teknik K3 sekurang-kurangnya meliputi:
 1. pemasangan instalasi, perlengkapan dan peralatan listrik di pembangkitan listrik;
 2. pemasangan instalasi, perlengkapan dan peralatan listrik di transmisi listrik;
 3. pemasangan instalasi, perlengkapan dan peralatan listrik di distribusi listrik;
 4. pemasangan instalasi, perlengkapan dan peralatan listrik di pemanfaatan listrik;
 5. pemeliharaan instalasi, perlengkapan dan peralatan listrik di pembangkitan listrik;
 6. ...

7. pemeliharaan instalasi, perlengkapan dan peralatan listrik di distribusi listrik;
8. pemeliharaan instalasi, perlengkapan dan peralatan listrik di pemanfaatan listrik;
9. pemasangan dan pemeliharaan sistem penyalur petir;
10. pemasangan dan pemeliharaan listrik ruang khusus;
11. pelaksanaan identifikasi potensi bahaya listrik; dan
12. pelaksanaan tindakan pertolongan pertama pada kecelakaan (P3K) di pekerjaan listrik.

B. PERSYARATAN PESERTA

Untuk dapat mengikuti pembinaan Teknisi K3 Listrik harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Berpendidikan sekurang-kurangnya Sekolah Menengah Kejuruan bidang teknik atau sederajat;
2. Pengalaman kerja di bidang kelistrikan sekurang-kurangnya 2 tahun;
3. Berbadan sehat;
4. Berkelakuan baik; dan
5. Bekerja penuh di instansi/perusahaan yang bersangkutan.

C. PEMBINA/NARASUMBER

Pembina atau narasumber yang melaksanakan pembinaan Teknisi K3 Listrik adalah :

1. Pejabat struktural dari Direktorat Pengawasan Norma Keselamatan dan Kesehatan Kerja atau Dinas yang membidangi Pengawasan Ketenagakerjaan;
2. Pengawas Ketenagakerjaan Spesialis K3 Listrik;
3. Pengawas Ketenagakerjaan;
4. Ahli K3 bidang Listrik, dan/atau
5. Akademisi atau praktisi yang mendapat persetujuan dari Direktur Pengawasan Norma Keselamatan dan Kesehatan Kerja.

D. METODE PEMBINAAN

Pembinaan Teknisi K3 Listrik dilaksanakan melalui :

1. ceramah;
2. diskusi;
3. praktik pemasangan dan pemeliharaan instalasi, perlengkapan dan peralatan listrik; dan
4. evaluasi.

E. MATERI PEMBINAAN

Pembinaan Teknisi K3 Listrik dilakukan sekurang-kurangnya selama 65 jam pelajaran dan 45 menit per jam pelajaran, dengan materi sebagai berikut :

No.	Materi	Jumlah (Jam Pelajaran)
I	KELOMPOK DASAR 1. Kebijakan, pembinaan dan pengawasan K3 2. Pembinaan dan pengawasan norma K3 listrik	2 3
II	KELOMPOK INTI 1. Persyaratan K3 pemasangan instalasi, perlengkapan dan peralatan listrik di pembangkitan listrik	5

	2. Persyaratan K3 pemasangan instalasi, perlengkapan dan peralatan listrik di transmisi listrik 3. Persyaratan K3 pemasangan instalasi, perlengkapan dan peralatan listrik di distribusi listrik 4. Persyaratan K3 pemasangan instalasi, perlengkapan dan peralatan listrik di pemanfaatan listrik 5. Persyaratan K3 pemeliharaan instalasi, perlengkapan dan peralatan listrik di pembangkitan listrik 6. Persyaratan K3 pemeliharaan instalasi, perlengkapan dan peralatan listrik di transmisi listrik 7. Persyaratan K3 pemeliharaan instalasi, perlengkapan dan peralatan listrik di distribusi listrik 8. Persyaratan K3 pemeliharaan instalasi, perlengkapan dan peralatan listrik di pemanfaatan listrik 9. Persyaratan K3 sistem penyalur petir 10. Persyaratan K3 listrik ruang khusus 11. Praktek	5 5 5 5 5 5 5 5 2 3 5
III	KELOMPOK PENUNJANG 1. Identifikasi potensi bahaya listrik 2. Pertolongan pertama pada kecelakaan (P3K) di pekerjaan listrik	3 2
IV	EVALUASI 1. Teori	5
	Jumlah	65

Ditetapkan di : Jakarta
 Tanggal : 5 Agustus 2015

Direktur Jenderal
 Pembinaan Pengawasan Ketenagakerjaan dan K3



Drs. A. Mudji Handaya, M.Si
 NIP. 19591213 198203 1 010

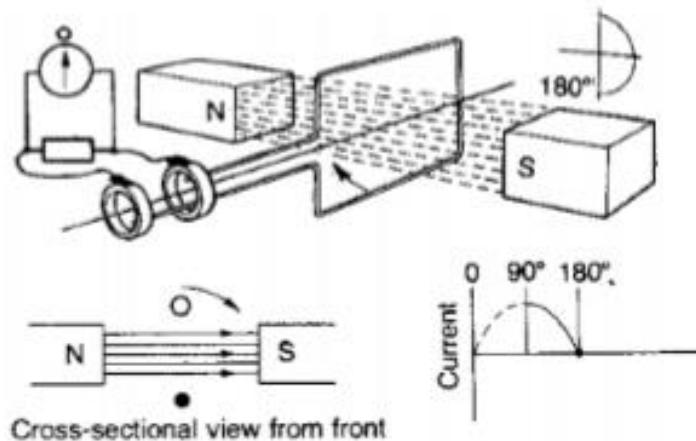
BAB II

**PERSYARATAN K3 PEMASANGAN INSTALASI, PERLENGKAPAN, DAN
PERALATAN LISTRIK PADA PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK**

2.1. Pembangkit Tenaga Listrik

Pembangkitan sumber tegangan tinggi adalah sumber tegangan tinggi arus bolak-balik yang dapat diubah menjadi tegangan tinggi arus searah, sumber tegangan tinggi *impulse*, dan sumber tegangan tinggi bolak-balik dengan frekuensi tinggi. Umumnya pembangkitan tenaga listrik dilakukan dengan memutar generator sinkron sehingga menghasilkan tenaga listrik arus bolak-balik tiga fasa dengan frekuensi dan tegangan yang telah disesuaikan. Pembangkitan tenaga listrik skala besar menggunakan generator sinkron sebagai komponen yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik.

Gaya gerak listrik yang dibangkitkan adalah tegangan bolak-balik seperti gambar di bawah:



Gambar 2. 1 Stator

2.1.1. Generator Sinkron

Generator listrik sinkron (alternator) terdiri dari stator (bagian diam) dan rotor merupakan bagian bergerak yang memiliki putaran rotor sama dengan putaran magnet pada stator. Berdasarkan hukum Faraday, apabila suatu lilitan penghantar diputar memotong garis gaya magnet yang diam maka pada penghantar tersebut akan muncul gaya gerak listrik. Generator

sinkron adalah alat yang digunakan untuk mengonversi energi mekanik menjadi energi listrik dengan arus bolak-balik. Generator sinkron memiliki dua tipe rotor, yaitu:

a. Salient Pole Rotor

Kumparan *Salient Pole Rotor* dibelitkan pada tangkai kutub, dimana kutub-kutub dilberi laminasi untuk mengurangi panas yang ditimbulkan arus Eddy. Pada belitan-belitan medannya dihubung seri, Ketika belitan medan ini disuplai oleh eksiter maka kutub yang berdekatan akan menjadi kutub berlawanan. Secara umumnya digunakan pada mesin listrik dengan kecepatan rendah, misalnya 100 RPM sampai 1500 RPM (*Rotation per Minute*). Karena kecepatan rotor lebih rendah, lebih banyak jumlah kutub diperlukan untuk mencapai frekuensi yang dibutuhkan $(N_S = \frac{120f}{P}, f = \frac{N_S \times P}{120})$ frekuensi sebanding dengan jumlah kutub. *Salient Pole Rotor* umumnya membutuhkan lilitan peredam untuk mencegah osilasi rotor selama beroperasi. Rotor jenis ini umum digunakan untuk pembangkit listrik tenaga air.

b. Non Salient Pole Rotor

Non Salient Pole Rotor terbuat dari plat baja berbentuk silinder yang mempunyai sejumlah slot sebagai tempat kumparan. Hal ini menyebabkan jumlah kutub yang terbentuk menjadi sedikit. *Non Salient Pole Rotor* umumnya digunakan pada generator sinkron dengan kecepatan putaran tinggi sebesar 1500 atau 300 RPM karena distribusi disekelilingi rotor mendekati bentuk gelombang sinus sehingga lebih baik dari kutub menonjol dan juga konstruksinya memiliki kekuatan mekanik pada kecepatan putar tinggi. Rotor jenis ini umum digunakan pada pembangkit listrik tenaga nuklir, gas, dan panas.

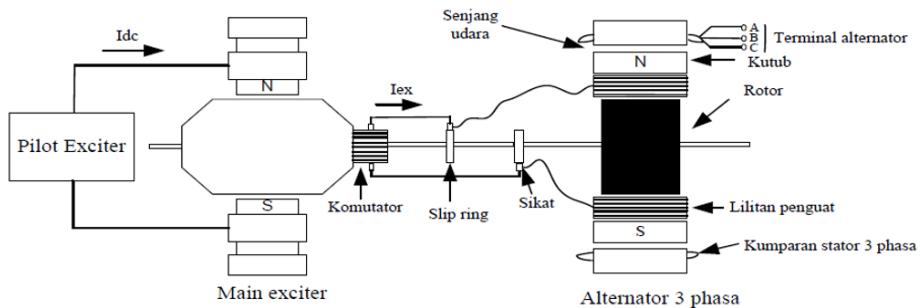
2.1.1.Sistem Eksitasi Pada Generator Sinkron

Eksitasi adalah suatu perangkat yang memberikan arus penguat (I_f) kepada kumparan medan generator arus bolak-balik (*alternating current*) yang dijalankan dengan cara membangkitkan medan magnetnya dengan bantuan arus searah. Eksitasi Generator terbagi menjadi dua, yaitu:

a. Eksitasi Menggunakan Sikat (*Brush Excitation*)

Pada sistem eksitasi yang menggunakan sikat, sumber tegangan yang digunakan adalah tegangan searah (*direct current*) atau sumber tegangan bolakbalik yang di searahkan

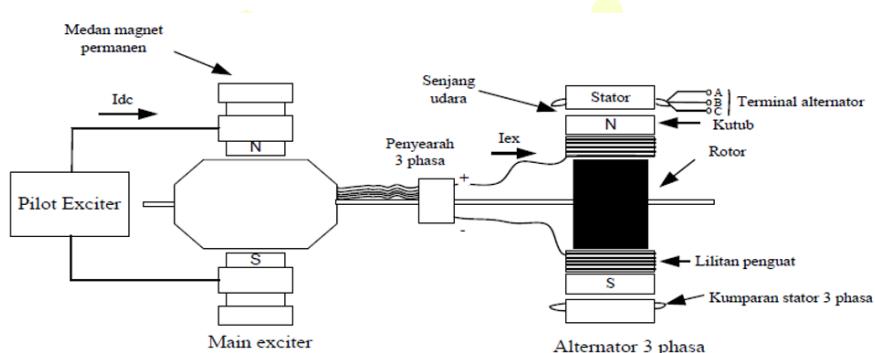
menggunakan *rectifier*. Untuk mengalirkan arus eksitasi digunakan komponen bantu yaitu *slip ring* dan sikat arang.



Gambar 2. 2 Sistem Eksitasi Dinamik

b. Eksitasi Tanpa Sikat (*Brushless Excitation*)

Sistem eksitasi tanpa sikat dilakukan oleh dua generator penguat, yaitu generator penguat pertama (*pilot exciter*) dan generator penguat kedua (*main exciter*).



Gambar 2. 3 Eksitasi *Brushless Excitation*

2.1.1.2. Prinsip Kerja Generator Sinkron

Kumparan medan yang terdapat pada rotor dihubungkan dengan sumber eksitasi yang akan disuplai oleh arus searah sehingga menimbulkan fluks yang besarnya tetap terhadap waktu. Kemudian penggerak mula (*Prime Mover*) yang sudah terkopel dengan rotor segera dioperasikan sehingga rotor akan berputar pada kecepatan nominalnya sesuai dengan persamaan:

$$n = \frac{120f}{p}$$

dimana:

n = Kecepatan putar rotor (rpm),

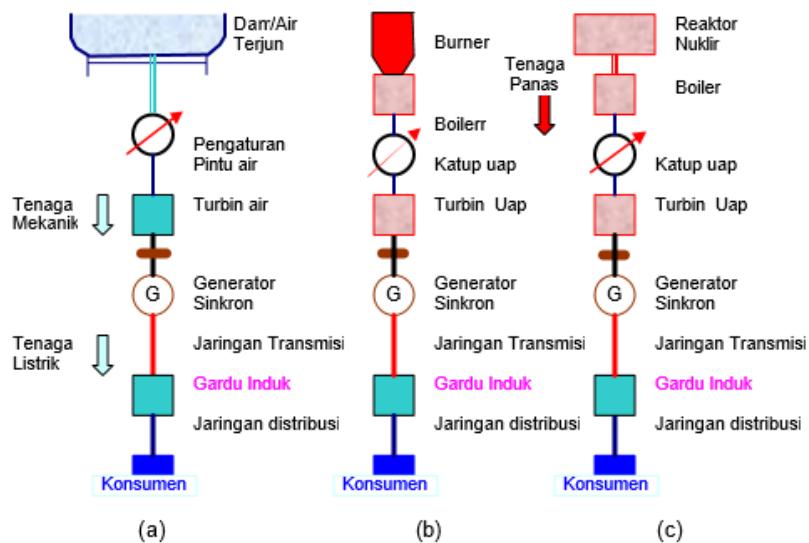
p = Jumlah kutub rotor,

f = frekuensi (Hz)

Perputaran rotor tersebut sekaligus akan memutar medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan medan. Medan putar yang dihasilkan pada rotor akan menginduksikan tegangan tiga fasa pada kumparan jangkar sehingga akan menimbulkan medan putar pada stator. Perputaran tersebut menghasilkan fluks magnetik yang berubah-ubah besarnya terhadap waktu. Adanya perubahan fluks magnetik yang melingkupi suatu kumparan akan menimbulkan GGL induksi pada ujung-ujung kumparan tersebut. Pada pembangkit tenaga listrik terdapat beberapa instalasi untuk menunjang proses pembangkitan energi listrik diantaranya:

- 1) Instalasi energi primer, adalah instalasi yang digunakan sebagai suplai bahan bakar atau sumber energi pertama seperti instalasi bahan bakar dan instalasi air.
- 2) Instalasi penggerak generator, adalah instalasi yang berfungsi untuk mengubah energi primer menjadi energi mekanik untuk di transfer kepada generator. Penggerak generator dapat berupa turbin dan mesin diesel atau pun bensin.
- 3) Instalasi pendingin, di dalam proses pembangkitan dapat dipastikan komponen-komponen yang bergerak akan menghasilkan panas. Untuk membuang panas yang dihasilkan oleh komponen pembangkit maka diperlukan saluran pendingin yang berfungsi untuk mendinginkan komponen-komponen di dalam pembangkit tenaga listrik.
- 4) Instalasi listrik, secara garis besar instalasi listrik dapat dibagi menjadi tiga yaitu:
 - a. Instalasi listrik searah, instalasi ini digunakan sebagai instalasi sistem kontrol dari pembangkit tenaga listrik.
 - b. Instalasi listrik tegangan rendah, instalasi ini merupakan instalasi yang digunakan untuk penerangan maupun instalasi tenaga yang ada di dalam bangunan pembangkit tenaga listrik.
 - c. Instalasi tegangan menengah, tegangan menengah dihasilkan oleh generator. Umumnya tegangan generator adalah 9 kV hingga 11 kV.
 - d. Instalasi tegangan tinggi, instalasi ini merupakan instalasi terakhir yang menghubungkan tegangan yang dihasilkan oleh pembangkit kepada jaringan transmisi PT. PLN Persero.

Tegangan tinggi dihasilkan oleh transformator step-up yang mengubah tegangan rendah menjadi tegangan tinggi (20 atau 150 kV).



Gambar 2. 5 Diagram Proses Pembangkitan Tenaga Listrik

2.2. Proses Pembangkitan Tenaga Listrik

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan instalasi tenaga listrik adalah:

a. Prakiraan Beban (*Load Forecast*)

Perencanaan yang dilakukan agar mengetahui jumlah kebutuhan sebuah pembangkit tenaga listrik untuk beroperasi dalam kurun waktu 15-20 tahun. Beban yang diperkirakan diantaranya beban puncak, beban harian, dan beban tahunan.

b. Perencanaan Pengembangan (*Generation Planning*)

Perencanaan yang dilakukan agar mengetahui jumlah kapasitas yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik, biaya produksi tenaga listrik, dan biaya investasi.

c. Perencanaan Penyaluran (*Transmission Planning*)

Dilakukan untuk merencanakan jalur transmisi energi listrik dari satu tempat ke tempat yang lain. Hal yang direncanakan diantaranya lahan, rangkaian transmisi, konstruksi transmisi, dll.

d. Perencanaan Sub-Transmisi (*Subtransmission Planning*)

Digunakan untuk merencanakan jaringan transmisi sekunder pembangkit tenaga listrik.

e. Perencanaan Distribusi (*Distribution Planning*)

Untuk mengetahui kapasitas penyaluran tenaga listrik saluran transmisi, kapasitas tegangan transmisi, dsb.

f. Perencanaan Operasi (*Operation Planning*)

Untuk mengetahui proses kerja dari pembangkit tenaga listrik mulai dari bahan bakar hingga menjadi energi listrik.

g. Suplai Bahan Bakar (*Fuel Supply Planning*)

Untuk merencanakan kebutuhan bahan bakar atau sumber energi primer, ketersediaan bahan bakar, sistem pengiriman, dll.

h. Perencanaan Lingkungan (*Environment Planning*)

Untuk mengetahui nilai jual dari energi listrik yang dihasilkan dengan nilai bahan baku yang digunakan sehingga dapat tercapai profit atau keuntungan bagi perusahaan.

i. Perencanaan dan Pengembangan (*Research and Development*)

Riset dan pengembangan terkait pengembangan sistem pembangkit, meliputi biaya, karakteristik, dan kelayakan alternatif sumber energi dan pengembangan teknologi, dll.

2.3. Jenis-Jenis Pembangkit Listrik

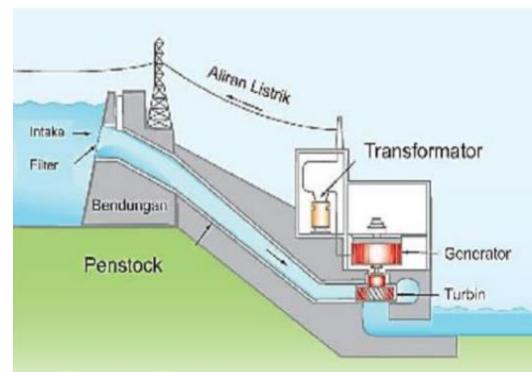
Pada umumnya proses pembangkitan tenaga listrik dibagi menjadi dua, yaitu: Pembangkit Tenaga Listrik Terbarukan dan Pembangkit Tenaga Listrik Tidak Terbarukan. Berikut ini penjelasannya:

2.3.1. Pembangkit Tenaga Listrik Terbarukan

2.3.1.1. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

Prinsip kerja PLTA adalah merubah energi potensial menjadi energi mekanik dan dari energi mekanik dirubah menjadi energi listrik. Besarnya energi listrik yang dihasilkan oleh PLTA dipengaruhi oleh dua hal, yaitu:

- a. Ketinggian Jatuh Air: Semakin tinggi air yang jatuh, maka semakin besar energi potensial yang dihasilkan oleh air tersebut.
- b. Jumlah Air Jatuh (Debit Air): Semakin deras



Gambar 2. 6 Sistem Kerja PLTA

air yang mengalir, maka semakin cepat putaran turbin, semakin cepat putaran turbin, semakin besar juga daya listrik yang dihasilkan.

Untuk bisa menghasilkan energi listrik dari air, harus melalui beberapa tahapan perubahan energi, yaitu:

- a. Energi Potensial: Energi yang terjadi akibat adanya beda potensial, yaitu akibat adanya perbedaan ketinggian. Besarnya energi potensial yaitu:

$$Ep = m \cdot g \cdot h$$

Dimana:

Ep = Energi Potensial

m = massa (kg)

g = gravitasi (9.8 kg/m²)

h = head (m)

- b. Energi Kinetis: Energi yang dihasilkan akibat adanya aliran air sehingga timbul air dengan kecepatan tertentu, yang dirumuskan:

$$Ek = 0,5m \cdot v^2$$

Dimana:

Ek = Energi kinetis

m = Massa (kg)

v = Kecepatan (m/s)

- c. Energi Mekanis: Energi yang timbul akibat adanya pergerakan turbin. Besarnya energi mekanis tergantung dari besarnya energi potensial dan energi kinetis. Besarnya energi mekanis dirumuskan:

$$Em = T \cdot \Theta \cdot t$$

Dimana:

Em = Energi mekanis

T = torsi

Θ = sudut putar

t = waktu (s)

- d. Energi Listrik: Ketika turbin berputar maka rotor juga berputar sehingga menghasilkan energi listrik sesuai persamaan:

$$El = V \cdot I \cdot t$$

Dimana:

El = Energi Listrik

V = tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

t = waktu (s)

Pembangkit Listrik Tenaga Air secara umum memiliki beberapa komponen yang digunakan selama proses berlangsung, sebagai berikut.

- a. *Reservoir*



Berfungsi untuk menyimpan atau menaikan tingkat permukaan air sehingga tinggi jatuh air dapat ditingkatkan agar energi potensial yang dihasilkan semakin besar.

- b. *Penstock*

Berfungsi untuk mengarahkan aliran air dari bendungan menuju turbin.

- c. Turbin

Berfungsi untuk mengubah energi potensial menjadi energi mekanik. Air akan mengisi bagian turbin sehingga turbin berputar yang dihubungkan ke generator. Terdapat beberapa jenis turbin, yaitu:

- 1) Turbin *Impulse*: Umumnya menggunakan kecepatan dari air untuk menggerakan runner dan dilepaskan pada tekanan atmosfir. Aliran air menyemprot setiap piringan pada *runner*. Tidak ada bagian yang menghisap dibawah turbin dan air mengalir kebawah rumah turbin setelah mengenai runner. Turbin *impulse* umumnya cocok untuk yang memiliki head tinggi dan volume air rendah.

- 2) Turbin Pelton: Jenis Turbin ini memiliki satu atau beberapa jet penyemprot air untuk memutar piringan. Turbin Pelton tidak memerlukan tabung *diffuser*. Ketinggian air (*head*) = 200 s.d 2000 meter. Debit air = 4 s.d 15 m³/s.
 - 3) Turbin Kaplan: Turbin Kaplan merupakan turbin jenis baling-baling yang sudut kemiringan baling-balingnya dapat diatur. Turbin ini dikembangkan oleh Viktor Kaplan pada tahun 1913. Turbin Kaplan dapat digunakan pada PLTA atau PLTMH dengan ketinggian head dari 2 hingga 40 meter dengan kecepatan putaran 50 hingga 430 rpm.
 - 4) Turbin Francis: Turbin Francis adalah turbin air yang dikembangkan oleh James B. Francis. Turbin ini adalah turbin jenis reaksi yang menggabungkan antara konsep aliran radial dan aksial. Turbin ini dapat digunakan pada PLTA atau PLTMH dengan ketinggian head 10 hingga 350 meter dengan kecepatan putaran 75 hingga 1000 rpm.
- d. Generator
- Berfungsi untuk mengubah energi mekanik yang disalurkan oleh turbin menjadi energi listrik. Tegangan yang dihasilkan adalah tegangan bolak-balik dengan besar nilai tegangan dan nilai frekuensi yang disesuaikan dengan spesifikasi yang disesuaikan setiap Negara.
- e. Transformator
- Berfungsi untuk menaikkan tegangan yang dihasilkan oleh generator. Umumnya tegangan yang dihasilkan oleh generator 6,3 kilovolt (kV) hingga 11 kilovolt (kV) kemudian dinaikkan menjadi 20 kV atau 150 kV.

2.3.1.2.Pembangkit Listrik Tenaga Surya

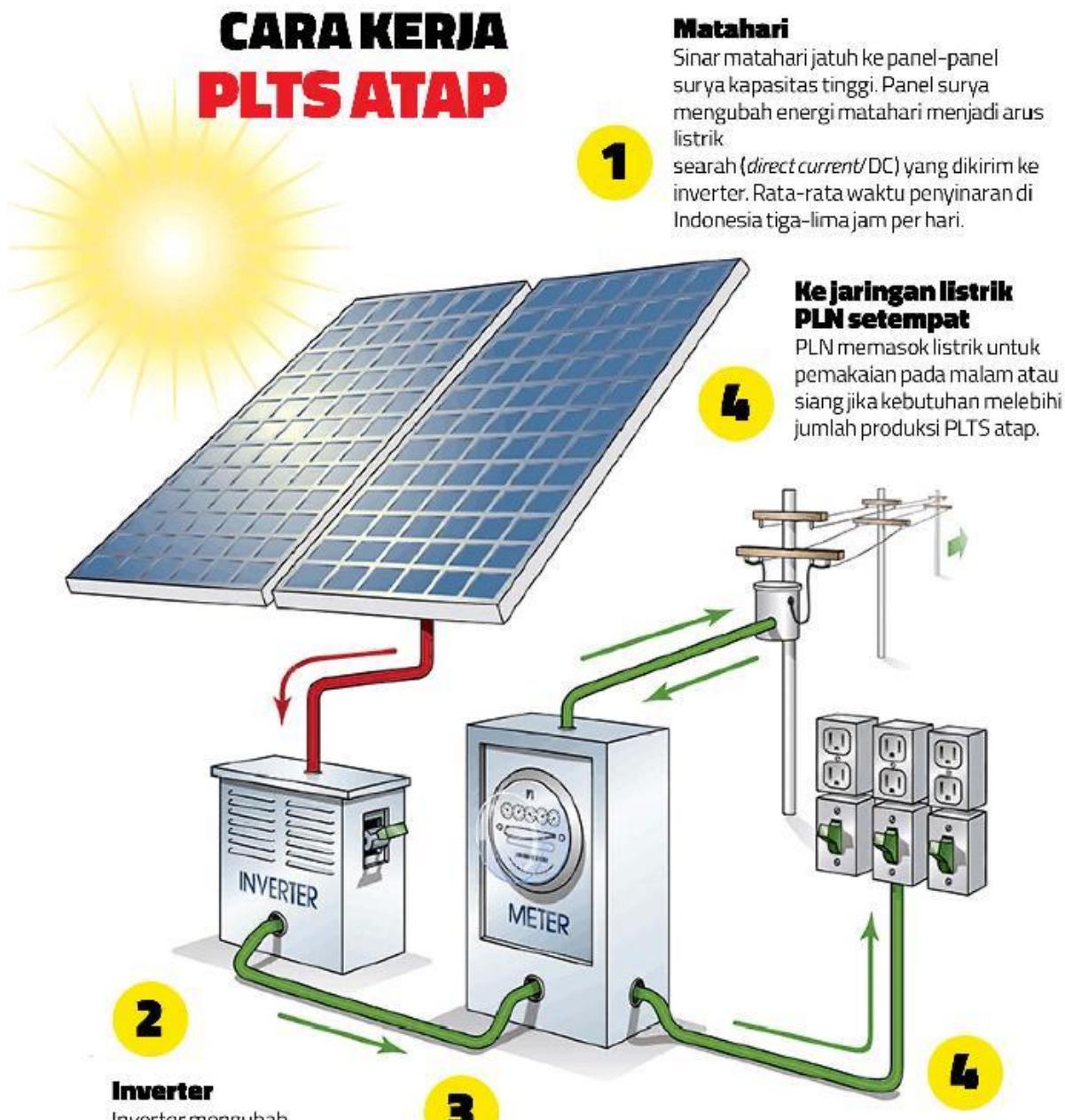
Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah pembangkit listrik berkategori energi terbarukan yaitu tidak menggunakan bahan bakar fosil sebagai bahan bakar utamanya. PLTS memanfaatkan sinar matahari sebagai bahan utama untuk membangkitkan energi listrik. Energi Sinar matahari dikonversi menjadi energi listrik baik dengan cara langsung maupun tidak langsung. Energi listrik yang dihasilkan kemudian disimpan dalam sebuah baterai berupa akumulator. Proses pengisian baterai dikendalikan menggunakan sebuah sistem kontrol yang biasa disebut *Battery Control Unit* (BCU). Fungsi dari BCU adalah untuk menjaga kestabilan tegangan yang masuk ke baterai dan mengindikasi keadaan baterai menjaga kestabilan tegangan

yang masuk ke baterai dan mengindikasi keadaan baterai (kosong atau penuh). Sebelum dimanfaatkan untuk menupli tegangan AC, listrik yang tersimpan dalam baterai harus melewati inverter terlebih dahulu. Dalam hal ini *inverter* berfungsi merubah tegangan DC menjadi AC.

Pembangkit listrik tenaga surya memeliki bagian seperti:

- a. Panel Surya : Berfungsi untuk menyerap energi matahari.
- b. Baterai : Digunakan sebagai penyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya.
- c. *Inverter* : Berfungsi untuk mengubah tegangan DC yang dihasilkan oleh panel surya menjadi tegangan AC sehingga dapat dipergunakan untuk mensuplai peralatan yang ada pada rumah tangga.





Gambar 2. 7 Sistem Kerja PLTS

2.3.1.3.Pembangkit Listrik Tenaga Angin/Bayu (PLTB)

Pembangkit tenaga listrik yang mengubah energi kinetik dari angin menjadi energi mekanik dengan bantuan bilah kincir angin, kemudian energi mekanik diubah kembali menjadi energi listrik oleh generator di dalam PLTB. Kriteria dari PLTB yang harus dipenuhi adalah kecepatan angin dan kestabilan angin. Umumnya tingkat kecepatan angin yang ideal bagi PLTB adalah 2 hingga 17 m/s

dan stabil. Efisiensi yang bisa dihasilkan oleh PLTB adalah 59,3%.

Sistem pembangkit listrik tenaga bayu memiliki beberapa komponen utama dan komponen pendukung, sebagai berikut:

- a. Turbin Angin : Alat yang dapat memanfaatkan energi kinetik dari angin dan kemudian mengubah energi kinetik menjadi energi mekanik.
- b. *Pitch Control* : Komponen motor yang berfungsi untuk mengatur sudut derajat dari bilah-bilah turbin. Sehingga memungkinkan turbin untuk mendapatkan kualitas dan kekuatan angin yang paling baik.
- c. *Nacelle* : Komponen pelindung atau rumah bagi seluruh komponen yang ada didalam turbin dan generator PLTB. Di dalam nacelle terdapat beberapa komponen yaitu; *Gearbox*, *Generator*, dan *Low and High Speed Shaft*.
- d. Akumulator : Merupakan peralatan penyimpan energi listrik. Selain untuk menyimpan energi listrik, akumulator juga berfungsi sebagai penstabil tegangan. Pada pembangkit listrik tenaga bayu, akumulator berfungsi untuk menyimpan energi listrik dikarenakan angin yang digunakan untuk membangkitkan energi listrik tidak selalu tersedia selama 24 jam.

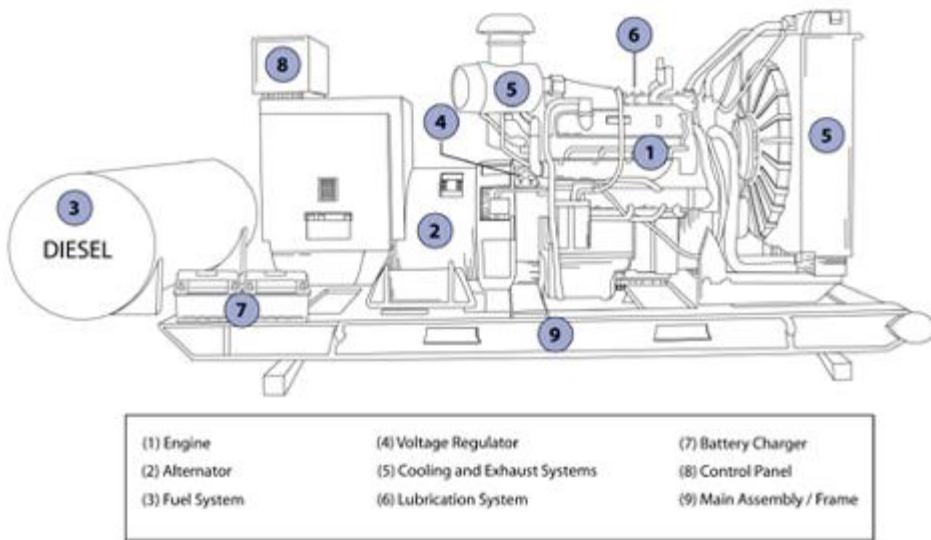


Gambar 2. 8 Sistem Kerja PLTB

2.3.2. Pembangkit Tenaga Listrik Tidak Terbarukan

2.3.2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)

Pembangkit listrik tenaga diesel merupakan jenis pembangkit tenaga listrik yang menggunakan bahan bakar solar atau diesel sebagai bahan bakar penggerak utamanya yaitu mesin diesel. PLTD memiliki kapasitas yang sangat kecil jika dibandingkan dengan pembangkit listrik lain yang berada di Indonesia. PLTD bekerja dengan memanfaatkan energi mekanik dari mesin diesel menjadi energi listrik menggunakan generator. Siklus kerja dari PLTD adalah bahan bakar dari tangki penampungan dialirkan menuju *injector* dengan bantuan *fuel pump*. *Injector* menyemburkan bahan bakar menjadi kabut menuju ruang bakar. Kemudian bahan bakar akan meledak karena tekanan piston yang selanjutnya menjadi energi mekanik. Sisa gas hasil pembakaran selanjutnya dibuang melalui sistem pembuangan.



Gambar 2. 9 Sistem Kerja PLTD

PLTD menggunakan prinsip Hukum Charles dalam proses kerjanya, yaitu ketika udara ditekan atau dikompresi maka suhunya akan meningkat. Tingkat kompresi mesin diesel antara 15:1 hingga 22:1. Tingkat kompresi ini lebih tinggi dibandingkan mesin bensin yang hanya berkisar 1:8 hingga 1:12. Efisiensi yang dihasilkan oleh mesin diesel sebesar 45%. Komponen PLTD terdiri dari bahan bakar, Tangki bahan bakar utama, Tangki bahan bakar sementara, *Injector* bahan bakar, Pompa bahan bakar, Mesin diesel, dan Generator.

2.3.2.2.Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

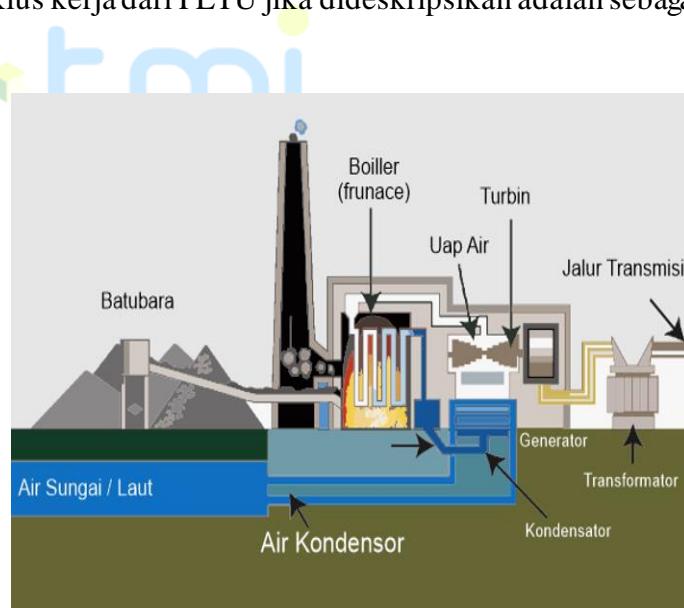
Pembangkit Listrik Tenaga Uap menggunakan energi kinetic dari uap untuk menghasilkan energi listrik. Generator yang dihubungkan ke turbin digerakkan oleh tenaga kinetik dari uap panas/kering. Pembangkit listrik tenaga uap menggunakan bahan bakar seperti batu bara, minyak bakar, atau *Marine Fuel Oil* (MFO) untuk penggunaan awal.

Pembangkit listrik tenaga uap menggunakan siklus Rankine di dalam proses operasinya. Siklus Rankine adalah siklus termodinamika yang mengubah panas menjadi kerja. PLTU memiliki 3 siklus konversi energi dalam operasinya, yaitu:

- Konversi energi kimia dari bahan bakar menjadi energi panas dalam bentuk uap bertemperatur dan bertekanan tinggi.
- Konversi energi panas menjadi energi mekanik untuk memutar generator.
- Konversi energi mekanik menjadi energi listrik.

PLTU bekerja dengan siklus air tertutup (*closed loop*). Siklus tertutup adalah siklus air yang digunakan secara berulang-ulang. siklus kerja dari PLTU jika dideskripsikan adalah sebagai berikut:

- Air dimasukkan ke dalam boiler.
- Campuran antara bahan bakar dan udara akan memanaskan air di dalam boiler hingga menjadi uap.
- Uap yang dihasilkan oleh boiler masuk ke dalam sudu-sudu turbin kemudian memutar turbin. Turbin memiliki satu poros dengan generator, sehingga dengan



Gambar 2. 10 Sistem Kerja PLTU

berputarnya turbin maka generator sudah menghasilkan energi listrik.

- Uap yang telah melewati turbin kemudian di dinginkan di dalam kondensator, tujuan untuk mendinginkan uap adalah agar uap berubah wujud kembali menjadi air. Proses

kondensasi dibantu oleh aliran air baik dari *cooling tower* maupun air yang bisa didapatkan secara langsung dari lingkungan seperti laut.

- e. Setelah uap air berubah menjadi cair, air akan di sirkulasikan kembali ke dalam boiler dengan bantuan pompa air.

Terdapat beberapa jenis bahan bakar yang digunakan untuk memanaskan air di dalam *boiler*, diantaranya: Gas, Biomass, Panas bumi, Nuklir. Sistem pembangkit tenaga uap memiliki beberapa komponen penting agar dapat beroperasi, seperti:

- a. Boiler

Berfungsi untuk mengubah air (*feed water*) menjadi uap panas lanjut (*superheated steam*) yang akan digunakan untuk memutar turbin.

- b. Turbin Uap

Berfungsi untuk mengkonversi energi panas yang dikandung oleh uap menjadi energi putar (energi mekanik). Poros turbin dikopel dengan poros generator sehingga ketika turbin berputar generator juga ikut berputar.

- c. Kondensor

Kondensor berfungsi untuk mengkondensasikan uap bekas dari turbin (uap yang telah digunakan untuk memutar turbin).

- d. Generator

Berfungsi untuk mengubah energi putar dari turbin menjadi energi listrik.

- e. Generator Transformer (GT)

Berfungsi sebagai penaik tegangan yang dihasilkan oleh Generator.

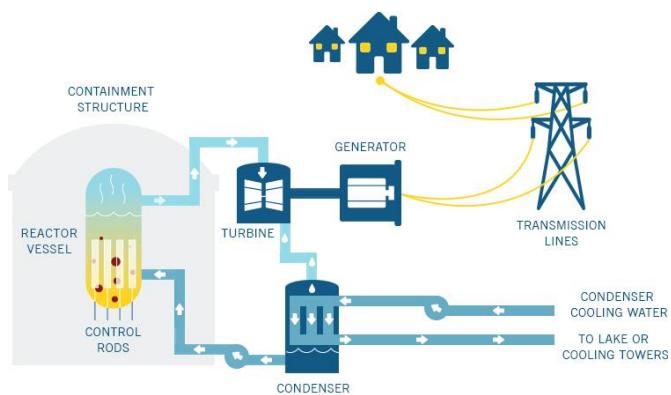
- f. *Desalination Plant*

Peralatan ini berfungsi untuk mengubah air laut (*brine*) menjadi air tawar (*fresh water*) dengan metode penyulingan (kombinasi evaporasi dan kondensasi) guna menghilangkan *impurities* yang terdapat di air laut. Beberapa tahapan desalinasi adalah Klorinasi, *reverse osmosis*, dan demineralisasi.

2.3.2.3.Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN)

Prinsip kerja dari PLTN adalah memanfaatkan reaksi fisi dan fusi (pembelahan inti dan penggabungan) nuklir. Reaksi fusi adalah proses penggabungan dua inti atom membentuk sebuah inti atom yang lebih besar untuk melepaskan energi. Reaksi fusi nuklir merupakan reaksi yang menyebabkan bintang bersinar maupun bom hidrogen meledak. Sedangkan reaksi fisi adalah proses pembelahan inti atom diakibatkan oleh inti atom lain yang bertabrakan. Reaksi ini melepaskan energi dalam bentuk panas. Bahan bakar yang digunakan dalam proses fusi dan fisi adalah uranium, plutonium, dan thorium dengan simbol di dalam kimia U-235 atau U-238, P-239, dan TH90. Bahan bakar kimia untuk PLTN didapatkan dengan cara penambangan. Penambangan dapat dilakukan secara terbuka (*open pit*) maupun tertutup. Energi yang dihasilkan oleh bahan bakar PLTN seperti satu kilogram uranium setara dengan 2,4 juta kilogram batu bara. Proses kerja PLTN hampir sama dengan proses kerja PLTU, perbedaan hanya pada proses pemanasan fluida sistemnya saja pada *boiler*. Jika di dalam PLTU pemanas air disebut *boiler*, pemanas air pada PLTN disebut sebagai Reaktor. Bagian-bagian PLTN terdiri dari:

- Bahan Bakar
- Moderator : komponen yang digunakan untuk memperlambat kecepatan *neutron* di dalam reaktor selama proses fisi dengan cara menyerap energi *neutron* namun tidak menyerap *neutron*.
- Control Rods* : Komponen ini dibuat untuk menyerap *neutron*, dibuat dari cadmium, hafnium, boron, silver, dan indium. *Control rods* umumnya dibuat di dalam satu rangkaian yang terdiri dari 20 atau lebih *control rods*.
- Coolant* : Berfungsi untuk membantu proses perpindahan panas yang diakibatkan oleh reaksi fisi di dalam reaktor sehingga bejana reaktor tidak meleleh karena panas yang dihasilkan.
- Steam Generator* : Komponen ini berfungsi untuk memanaskan air hingga menjadi uap air



Gambar 2. 11 Sistem Kerja PLTN

yang bertekanan tinggi.

- f. *Pressure Vessel* : sebuah tempat untuk mewadahi gas atau cairan pada tekanan yang lebih tinggi dari lingkungan sekitarnya.

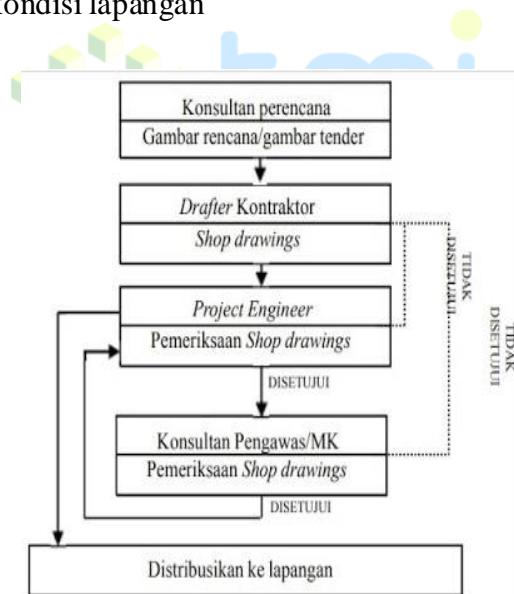
2.4. Gambar Kerja

Gambar kerja merupakan acuan pelaksanaan pekerjaan di lapangan agar pekerjaan dapat mudah dilaksanakan dan terencana serta terkendali dengan baik. Gambar kerja tediri dari:

2.4.1. Shop Drawing

Gambar secara umum suatu rancangan yang menjadi dasar pelaksanaan pekerjaan di lapangan berisi tentang detail dari pembuatan komponen konstruksi dan digunakan pada proses instalasi. Shop drawing yang baik harus memenuhi kriteria berikut:

- Keyplan atas posisi pekerjaan yang jelas
- Menggunakan notasi gambar dan legenda yang jelas untuk jenis material
- Skala, elevasi, dan dimensi yang akurat pada setiap pekerjaan
- Gambar sesuai dengan kondisi lapangan



**Gambar 2. 12 Diagram Alur Persetujuan
Shop Drawing**

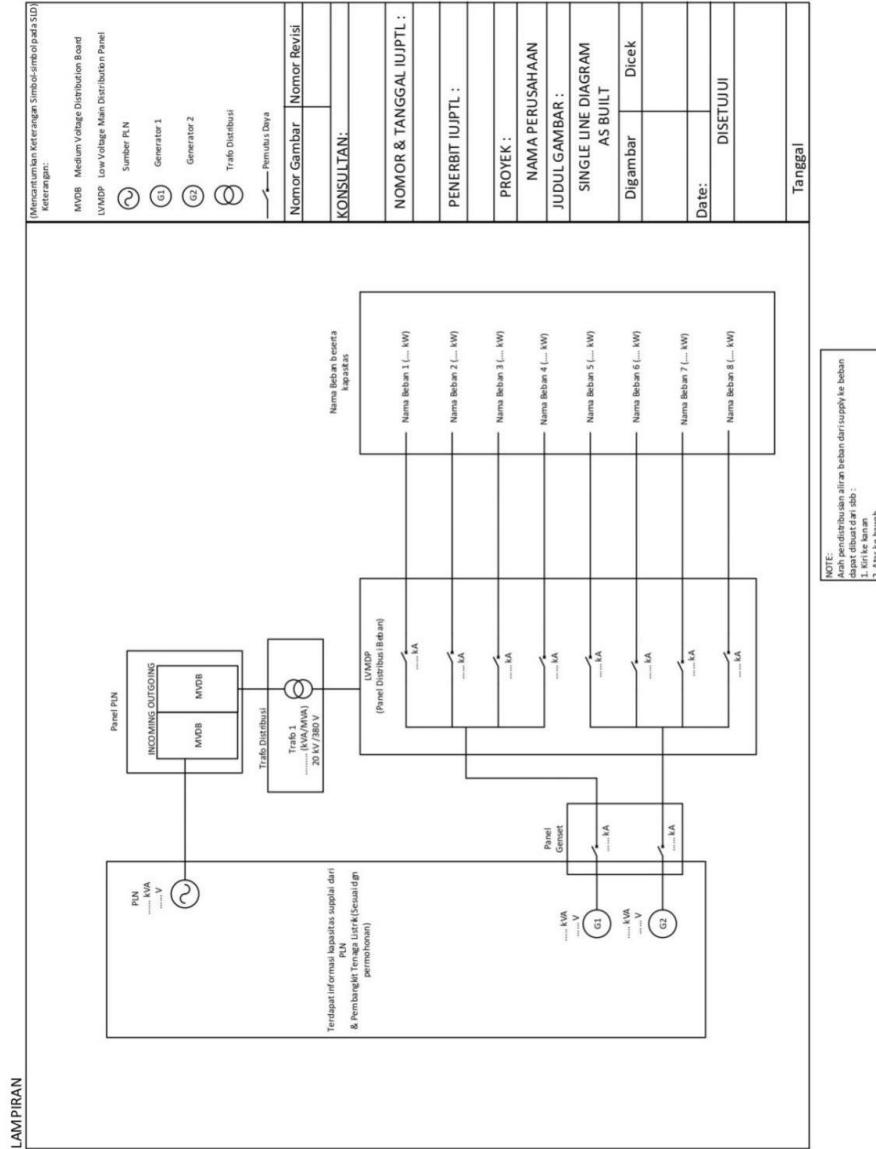
2.4.2. As-Built Drawing

Merupakan gambar yang dibuat sesuai dengan kondisi terbangun di lapangan dan mendapatkan persetujuan oleh penyedia jasa konstruksi. As-built drawing juga menunjukkan

komponen-komponen proyek seperti lokasi, dimensi, beserta pengukuran lainnya. Adapun ketentuan umum dalam menyusun konten gambar rekaman akhir adalah sebagai berikut.

- a. Gambar As-Built Drawing diperoleh dari gambar kerja (*shop drawing*) yang berisi perubahan-perubahan selama proses pelaksanaan pekerjaan yang telah diverifikasi
- b. Jika selama proses pekerjaan pada konstruksi yang dibangun tidak terdapat perubahan (sesuai dengan gambar kerja), maka gambar kerja (*shop drawing*) dapat digunakan sebagai gambar rekaman akhir
- c. Gambar rekaman akhir disusun secara lengkap dan jelas. Maksudnya adalah gambar rekaman akhir harus terdiri dari peta lokasi, layout, potongan memanjang, potongan melintang, detail berikut dimensi dan ukuran secara jelas, serta data lain yang diperlukan





Gambar 2. 13 Contoh As-built Drawing

Selain itu, terdapat beberapa hal penting yang perlu Anda perhatikan ketika membuat *As-Built Drawing*. Salah satunya adalah selalu mendokumentasikan dan mencatat secara detail jenis perubahan maupun tambahan (jika ada) yang terjadi dari desain sebelumnya saat proses pengerjaan proyek konstruksi termasuk bahan, pengukuran, instalasi, maupun dimensi.

2.5. Job Safety Analysis (JSA)

Job Safety Analysis, adalah suatu proses identifikasi bahaya dan resiko yang didasarkan pada tiap- tiap tahap dalam suatu proses pekerjaan.

- a. Identifikasi bahaya yang berhubungan dengan setiap langkah dari pekerjaan yang berpotensi untuk menyebabkan bahaya serius, sebelum terjadi kecelakaan.
- b. Menentukan bagaimana untuk mengontrol bahaya atau mengurangi tingkat cedera
- c. Membuat perkakas tertulis yang dapat digunakan untuk melatih staf lainnya.

Metode yang digunakan dalam teknik Job Safety Analysis (JSA) meliputi :

- a. Metode observasi (pengamatan)
- b. Metode diskusi (konsultasi)
- c. Metode review/meninjau kembali prosedur kerja yang sudah ada

JSA digunakan untuk meninjau metode kerja dan menemukan bahaya yang :

- a. Mungkin diabaikan dalam layout pabrik atau bangunan dan dalam desain permesinan, peralatan, perkakas, stasiun kerja dan proses.
- b. Memberikan perubahan dalam prosedur kerja atau personel.

Pelaksanaan Job Safety Analysis (JSA), ini terdiri dari langkah - langkah utama sebagai berikut :

- a. Memilih pekerjaan yang akan dianalisa
- b. Membagi pekerjaan, yaitu menguraikan urutan prosedur kerja
- c. Mengidentifikasi berbagai bahaya yang ada di tiap- tiap langkah pekerjaan, serta mengidentifikasi berbagai kemungkinan yang berpotensi untuk terjadinya kecelakaan
- d. Memberikan rekomendasi pengendalian untuk menghindarkan terjadinya kecelakaan yang telah diidentifikasi pada masing-masing langkah, atau mengembangkan solusi

ANALISIS KESELAMATAN KERJA (JOB SAFETY ANALYSIS)/PROSEDUR JSA

Nomor dan Nama Pekerjaan	Memasang Instalasi Listrik		Tanggal			No JSA :	
Nomor dan Nama Jabatan	<i>Electrician</i>		Disusun Oleh		Tanda tangan		No Revisi 0
Seksi/Departemen	HRGA		Diperiksa Oleh		Tanda tangan	Direview	SHE
Jabatan Superior	<i>Instrument Group Leader</i>		Disetujui Oleh		Tanda tangan	Tanda tangan	
Alat Pelindung Diri Yang Harus Dipakai : 1. Wajib digunakan: Helm, sepatu pengaman, rompi reflektif, kacamata pelindung, dan sarung tangan 2. Disarankan untuk digunakan: Masker debu				Lokasi Kerja : All			
Urutan Dasar Langkah Kerja		Risiko yang terkait			Tindakan atau Prosedur Pencegahan yang direkomendasikan		
<i>Uraikan pekerjaan tersebut menjadi beberapa langkah kerja dasar</i>		<i>Identifikasi Risiko yang berhubungan dengan tiap-tiap langkah kerja tersebut terhadap kemungkinan terjadinya kecelakaan</i>			<i>Gunakan kedua kolom tadi sebagai pembimbing, tentukan tindakan apa yang perlu diambil untuk menghilangkan atau memperkecil Risiko yang dapat menimbulkan kecelakaan, cidera atau penyakit akibat kerja</i>		
1	Periksa dan pakai Alat Pelindung Diri (APD)	1.1	Tersetrum, terjepit, terpeleset jatuh		1.1.1	Harus menyesuaikan dengan Ikrar Keselamatan Perusahaan, kegiatan pertama dan periksa kelima APD di atas untuk mengurangi risiko cidera. Gunakan APD dengan baik dan benar.	
		2.1	Tersengat listrik		2.1.1	Pakailah alat dan peralatan yang tidak dapat menghantar arus listrik. Periksa keadaan alat dan peralatan dalam kondisi baik. Gunakan <i>electrical hand tools</i> yang mempunyai tahanan isolasi (<i>composite</i>).	
2	Persiapan	3.1	Terjatuh		3.1.1	Jika bekerja di tempat yang tinggi harus mengikuti prosedur bekerja di ketinggian	
		3.2	Tersengat listrik		3.2.1	Sebelum melakukan pemasangan listrik, maka perlu dilakukan prosedur <i>Lock Out</i> dan <i>Tag Out</i> .	
3	Pemasangan	4.1	Terjatuh		3.2.2	Matikan listrik di sekeliling daerah yang akan diperbaiki dari sumber utamanya.	
		4.2	Tersengat listrik		3.2.3	Hanya karyawan yang berkompeten yang dapat melakukan pekerjaan listrik.	
4	Selesai	5.1	Terjatuh		3.2.4	Pemeriksaan harus dilakukan secara rutin dan KIP selalu di <i>update</i> .	
		5.2	Tersengat listrik		5.1.1	Yakinkan bahwa label LO/TO telah dilepas dan umumkan kepada pihak yang terkait.	
				5.1.2	Lakukanlah percobaan dan pengukuran instalasi baru dengan aman		

2.6. Persiapan Inspeksi Instalasi Pembangkit Tenaga Listrik

2.6.1. Persiapan Administrasi

Berdasarkan *Standard Operational Procedure* (SOP) pelaksanaan inspeksi Instalasi Pembangkit Tenaga Listrik, beberapa persiapan administrasi yang perlu dilaksanakan oleh inspektur ketenagalistrikan adalah sebagai berikut:

- Surat Tugas Inspeksi Instalasi Pembangkit Tenaga Listrik
- Surat Pengantar Inspeksi Instalasi Pembangkit Tenaga Listrik
- Peralatan Pemeriksaan Inspeksi Instalasi Pembangkit Tenaga Listrik

2.6.2. Ceklist

	Document Title	New Generator Commissioning Checklist		
	Document Number	SO8_OE	Rev # 1	
	Effective Date	4/9/2012		
	Department	Operations Engineering		

Approved by	Title	Signature	Date Approved
Blevins, Bill	Manager of Operations Support		

Review Team		
Title	Name	Department
Manager	Bill Blevins	Operations Support
Supervisor	Leo Villanueva	Operations Engineering
Director	Woody Rickerson	Grid Coordination
Reviewer	Patrick Coon	Wholesale Client Services
Reviewer	Stephen Solis	Operations & Planning Standards Compliance

References	
Compliance Reference	Name/Section
Operating Guides	2.2.5 Automatic Voltage Regulators, 2.2.6 Power System Stabilizers, 2.2.7 Turbine Speed Governors, 3.2.1 Operating Obligations, and 3.3 Resource Entities
Protocols	3.10.7.2 Modeling of Resources and Transmission Loads, 3.15 Voltage Support, 4.2.2 Wind-Powered Generation Resource Production Potential, and 6.5.5.2 Operational Data Requirements 16.5 Resource Entity Registration
NERC Standards	TOP-005-2 R2; TOP-006-2 R6; IRO-010-1 R1, R2, R3
Procedure Cross Reference	Procedure Name
Choose Reference	
Choose Reference	
Choose Reference	
Document Posting	Location/Landing Page
POI Site	Procedures Operations Support Procedures
Choose Posting	
Choose Posting	

Revision History		
Rev #	Preparer	Summary of Changes
0	Toby Hu	New Procedure
1	Bill Blevins	Incorporate NPPR389 and general updates

2.7. Studi Kasus

Jawablah pertanyaan dibawah ini!

1. Jelaskan tentang Pembangkit Listrik?
2. Sebutkan dan Jelaskan Jenis-Jenis Pembangkit Listrik?
3. Jelaskan Prinsip Kerja dari:
 - a. Pembangkit Listrik Energi Terbarukan
 - b. Pembangkit Listrik Energi Tidak Terbarukan
4. Buatlah Ceklist Instalasi Pembangkit Tenaga Listrik!



2.8. Rangkuman

- Pembangkitan sumber tegangan tinggi adalah sumber tegangan tinggi arus bolak-balik yang dapat diubah menjadi tegangan tinggi arus searah, sumber tegangan tinggi *impulse*, dan sumber tegangan tinggi bolak-balik dengan frekuensi tinggi.
- Generator listrik sinkron terdiri dari stator dan rotor.
- Generator sinkron memiliki dua tipe rotor, yaitu: *Salient Pole Rotor* dan *Non Salient Pole Rotor*.
- Eksitasi adalah suatu perangkat yang memberikan arus penguat (I_f) kepada kumparan medan generator arus bolak-balik (*alternating current*) yang dijalankan dengan cara membangkitkan medan magnetnya dengan bantuan arus searah.
- Jumlah kutub rotor dan frekuensi berpengaruh terhadap kecepatan putar rotor.
- Proses pembangkitan tenaga listrik dibagi menjadi dua, yaitu: Pembangkit Tenaga Listrik Terbarukan dan Pembangkit Tenaga Listrik Tidak Terbarukan.
- Jenis-jenis Pembangkit Tenaga Listrik Terbarukan dibagi menjadi :
 - a. Pembangkit Listrik Tenaga Air
 - b. Pembangkit Listrik Tenaga Surya
 - c. Pembangkit Listrik Tenaga Angin
- Jenis-jenis Pembangkit Tenaga Listrik Tidak Terbarukan adalah :
 - a. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel
 - b. Pembangkit Listrik Tenaga Uap
 - c. Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir
- Pembangkit Listrik Tenaga Air dipengaruhi oleh energi potensial, energi kinetik, dan energi mekanik.
- Pembangkit Listrik Tenaga Surya memanfaatkan sinar matahari dengan mengubah energi matahari menjadi energi listrik dan disimpan ke dalam baterai.
- Pembangkit Listrik Tenaga Angin menggunakan angin sebagai sumber energi kinetik yang diubah menjadi energi mekanik dan diubah kembali menjadi energi listrik oleh generator di dalam PLTB.
- Pembangkit Listrik Tenaga Diesel bekerja dengan memanfaatkan energi mekanik dari mesin diesel menjadi energi listrik menggunakan generator. PLTD menggunakan prinsip hukum Charles.



- Pembangkit Listrik Tenaga Uap menggunakan energi kinetik dari uap untuk menghasilkan energi listrik.
- Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir memanfaatkan reaksi fisi dan fusi (pembelahan inti dan penggabungan) sebagai sumber energi listrik.
- Persiapan Inspeksi Instalasi Pembangkit Tenaga Listrik dibagi menjadi dua, yaitu: Persiapan administrasi dan Persiapan Ceklist.
- Persiapan administrasi dilakukan berdasarkan *Standard Operational Procedure* (SOP) pelaksanaan inspeksi Instalasi Pembangkit Tenaga Listrik.
- Persiapan Ceklist pemeriksaan, yaitu ceklist pemeriksaan penerapan Keselamatan Ketenagalistrikan (K2) dan ceklist pemeriksaan teknis pada Instalasi Pembangkit Tenaga Listrik.



BAB III

PERSYARATAN K3 PEMASANGAN INSTALASI, PERLENGKAPAN DAN PERALATAN LISTRIK DI TRANSMISI LISTRIK

3.1. Pemasangan Instalasi di Transmisi Listrik

3.1.1. Pengertian Instalasi Listrik

Tenaga listrik merupakan suatu energy yang penting dalam suatu negara guna menunjang produksi kebutuhan bangsa, tenaga listrik digunakan untuk ke sejahteraan dan kemakmuran bangsa untuk rayat. Yang dimaksud tenaga listrik adalah sekumpulan pusat listrik dan gardu induk (pusat beban) yang satu dengan yang lain dihubungkan oleh jaringan transmisi sehingga menjadi sebuah kesatuan yang dapat terinterkoneksi. Sistem tenaga listrik memiliki tiga bagian utama, yaitu: pusat pembangkit listrik, saluran transmisi, dan sistem distribusi. Suatu sistem distribusi menghubungkan semua beban yang terpisah satu dengan yang lain kepada saluran transmisi. Hal ini terjadi pada gardu-gardu induk (*substation*) di mana juga dilakukan transformasi tegangan dan fungsi-fungsi pemutusan (*breaker*) dan penghubung beban (*switching*).



Instalasi Listrik adalah jaringan perlengkapan listrik yang membangkitkan, konversi, transmisi, distribusi atau pemanfaatan listrik. Dalam pemasangan instalasi listrik ditentukan berdasarkan perencanaan bangunan, susunan dan jumlah ruang, jumlah lantai dalam suatu bangunan, skema-skema fungsi serta persyaratan penunjang keamanan. Keamanan penunjang harus memperhatikan keselamatan manusia, makhluk hidup lainnya, harta benda dari kerusakan atau bahaya yang ditimbulkan oleh penginstalasian listrik. Perancangan instalasi listrik harus memenuhi ketentuan PUIL 2000 sebagai acuan dalam perancangan, pemasangan, pengamanan dan pemeliharaan instalasi di dalam bangunan dan undang-undang No.18 Tahun 1999 tentang jasa konstruksi, PP No.51 Tahun 1995 tentang Usaha Penunjang Tenaga Listrik.

Dalam melakukan penginstalasian listrik tentu memiliki beberapa pertimbangan beberapa prinsip guna pemasangan instalasi listrik agar instalasi yang dibangun dapat digunakan secara efektif dan efisien. Syarat-syarat prinsip dasar dalam instalasi listrik diantaranya:

1. **Keandalan** adalah andal secara elektrik (instalasi bekerja pada nilai nominal tanpa menimbulkan kerusakan) maupun mekanik. Keandalan juga menyangkut ketepatan pada pengaman jika terjadi gangguan. Contohnya, jika terjadinya kerusakan atau gangguan dalam penginstalasian harus mudah dan cepat diperbaiki agar gangguan dapat diatasi.
2. **Ketercapaian** adalah pemasangan peralatan instalasi dan tata letak komponen listrik mudah dijangkau oleh pengguna saat ingin dioperasikan. Contohnya, pemasangan sakelar ditelakan tidak terlalu tinggi namun juga tidak terlalu rendah.
3. **Ketersediaan** adalah kesiapan suatu instalasi melayani kebutuhan, baik gawai, daya maupun perluasan instalasi apabila adanya suatu perluasan maka sistem instalasi yang sudah ada tidak terganggu, maka kita hanya perlu menghubungkan pada sumber cadangan yang telah diberikan pengaman.
4. **Keindahan** adalah kerapihan pemasangan sesuai dengan standard, ditata sedemikian rupa agar terlihat rapih dan indah dan tidak menyalahi peraturan yang berlaku.
5. **Keamanan** adalah secara elektrik aman bagi manusia, ternak dan barang lainnya, mempertimbangkan berbagai faktor keamanan dalam penginstalasian listrik.
6. **Ekonomis** adalah biaya yang dikeluarkan untuk instalasi harus sehemat mungkin, tetapi tidak mengurangi kualitas suatu instalasi. Penginstalasian listrik harus mempertimbangkan beberapa perhitungan dengan teliti sehingga biaya yang dikeluarkan tidak terlalu besar.

3.1.2. Pemilihan Rute Transmisi Listrik

Penempatan jalur jaringan adalah satu hal penting yang perlu diperhatikan dalam sistem transmisi listrik guna memastikan kelancaran operasional secara teknis dan non teknisnya terutama faktor keamanan bagi lingkungan. Penempatan jalur transmisi yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

1. Jalur transmisi terletak pada lokasi yang mudah untuk diakses sehingga memudahkan dalam pengawasan dan pemeliharaan. Biasanya jalur yang dipilih adalah sepanjang jalan raya dimana mobilitas bisa lebih mudah dilakukan.
2. Ditempatkan pada lokasi tanah yang kokoh dan relative stabil. Karena jika kondisi tanah yang tidak labil beresiko pada stabilitas tiang penyangga (*pole*).

3. Legalitas dan pembebasan lahan yang digunakan jalur transmisi tidak mengalami masalah. Ada sebagian penduduk yang tanahnya tidak mau dilewati jaringan listrik dengan alasan keamanan dan ekonomi (pertanian, perkebunan, dll), oleh karena itu sebaiknya sosialisasi dan kompensasi harus dilakukan jika terjadi konflik mengenai lahan yang digunakan
4. Tempatkan jalur transmisi dengan jarak yang aman dengan gedung dan pohon. Masalah yang cukup banyak terjadi adalah jaringan transmisi yang tertimpa pohon dan kecelakaan yang terjadi pada gedung yang dekat dengan kabel jaringan yang umumnya telanjang. Oleh karena itu pengawasan dan antisipasi akan hal ini harus diperhatikan terutama karena menyangkut keselamatan nyawa manusia.
5. Pilih jalur yang paling pendek. Hal ini menyangkut alasan ekonomi dan teknis dimana dengan jalur yang panjang akan dibutuhkan kabel yang lebih panjang dan tiang yang lebih banyak. Selain hal itu dengan semakin panjangnya jaringan kehilangan daya dan penurunan tegangan (voltage drop) akan lebih besar.
6. Jangan tempatkan tiang listrik pada sisi bukit atau bidang yang miring. Hal ini dilakukan untuk mencegah bahaya longsor yang dapat merusak jaringan transmisi
7. Minimalkan belokan pada jaringan transmisi. Pada kondisi dimana konduktor mengalami perubahan dari lurus menjadi berbelok, maka akan ada gaya menyamping (lateral force) pada tiang yang cenderung akan membuat miring. Oleh karena itu akan dibutuhkan struktur penguat tiang (guy & anchor), yang pada akhirnya menambah biaya dan pekerjaan.

3.1.3. Karakteristik Mekanik Jaringan Transmisi

3.1.3.1 *Underground* atau *overhead*

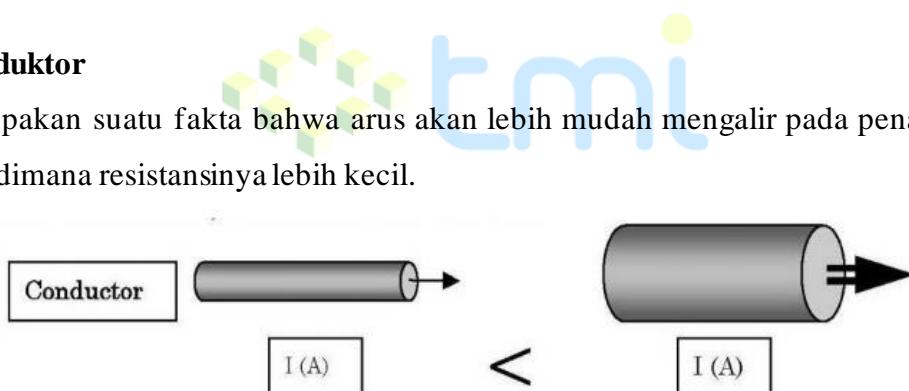
Jaringan overhead lebih banyak digunakan, karena dengan menggunakan udara sebagai isolasi kabel, kabel lebih murah serta biaya instalasi lebih sederhana dan mudah. Dibanyak negara berkembang kabel tanpa isolasi lebih banyak tersedia daripada kabel underground (bawah tanah). Kabel tanpa isolasi lebih beresiko terhadap petir dan pohon yang tumbang. Daerah sepanjang jalur kabel harus bebas dari tumbuhan dan harus diperiksa secara periodik. Tiang listrik mungkin memiliki usia yang terbatas dan harus diganti mungkin sekitar 15 tahun sekali. Selain itu jaringan overhead kurang efisien daripada underground untuk ukuran konduktor yang ditentukan, hal ini karena jarak yang lebar antara konduktor meningkatkan kerugian induktif.

Kabel underground harus disolasi dengan baik dan terlindungi dari pergerakan tanah, penggalian tanah, bangunan baru, dll. Sekali dipasang, seharusnya jaringan harus bekerja tanpa perawatan sampai material isolasi rusak, biasanya lebih lama dari 50 tahun.

Perhitungan untuk jaringan overhead dan underground pada dasarnya sama. Tetapi implikasi biaya dan perawatan harus benar-benar diperhatikan. Berdasarkan pengalaman dan beberapa aspek teknis serta ekonomis, untuk di Indonesia lebih baik dipakai jaringan overhead (udara). Jaringan transmisi udara pada dasarnya mempunyai komponen utama penghantar, tiang dan isolator. Pertimbangan yang pertama dalam merancang bangun jaringan adalah listriknya. Penghantar yang dipakai harus sesuai, sehingga jika jaringan dipakai untuk menyalurkan tenaga listrik tidak timbul panas yang berlebihan atau rugi tegangan yang besar. Isolasinya juga harus sesuai dengan sistem tegangan yang digunakan, semakin besar sistem tegangan yang dipakai menuntut pula isolasi yang lebih besar. Rancang bangun mekanik juga harus dipertimbangkan, sebagai contoh penghantar dan tiang jaringan yang dipakai harus cukup kuat untuk menahan beban mekanik.

3.2. Konduktor

Merupakan suatu fakta bahwa arus akan lebih mudah mengalir pada penampang yang lebih besar, dimana resistansinya lebih kecil.



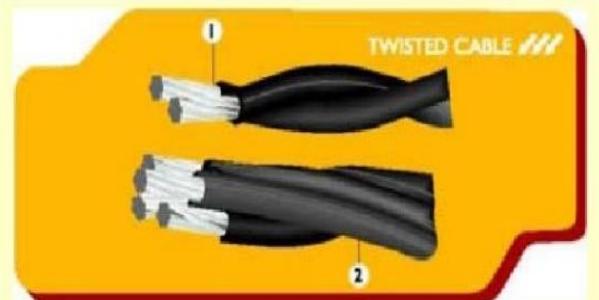
Gambar 3. 1 Aliran Arus Pada Penampang Konduktor

Untuk keperluan transmisi dan distribusi listrik ada dua material yang umumnya digunakan yaitu aluminium dan tembaga. Berikut perbandingan antara dua jenis bahan konduktor tersebut.

Tabel 3. 1 Perbandingan Antara Dua Jenis Bahan Konduktor

ITEM	TEMBAGA	ALUMINIUM
Kekuatan	Lebih kuat	Relative mudah putus, kekuatannya 75% dari konduktor tembaga
Hantaran arus	Bagus, resistansi	Kurang, untuk nilai resistansi yang sama, ukurannya lebih besar 1.6 kali kndutor tembaga
Berat	Lebih berat	Ringan, sama dengan 55% berat tembaga untuk ukuran yang sama
Harga	Lebih mahal	Murah

Dalam aplikasi sistem transmisi tegangan menengah atau tinggi saat ini banyak digunakan konduktor campuran yaitu Alluminium Conductor Steel Reinforced (ACSR). Konduktor jenis ini dari segi biaya lebih murah, selain itu daya tariknya lebih kuat dari pada konduktor murni aluminium. Jenis lain konduktor dari bahan aluminium yang juga sering digunakan adalah AAAC (all aluminium alloy conductor) dan AAC (all aluminium conductor) yang mempunyai ketahanan tarikan dan karakteristik bahan yang berbeda. Untuk aplikasi mikrohidro dimana kasus pada umumnya adalah digunakan sistem transmisi tegangan rendah (230/400 Volt). Kabel yang digunakan adalah dari bahan aluminium campuran dengan jenis twisted insulated cable (TIC) atau dalam notifikasi teknis disebut NF2X / NFA2X. Kabel jenis ini digunakan secara luas dalam transmisi tegangan rendah di Indonesia. Diameter kabel ditentukan oleh beberapa pertimbangan sesuai dengan penjelasan bagian berikutnya.



1. Conductor : All Aluminium Conductor (AAC)
2. Insulation : Exuded Cross Linked Polyethylene (XLPE)

DIMENSIONAL DATA										3 CORES		
Nominal Cross Section Area		Number of wire		Nominal Ins. Thickness		Min. Calculated Breaking Strength	Approximately		Min. Bending Diameter	Std. Length Delivery		
phase	Neutral	Public Lighting	phase	Neutral	Public Lighting		Cabling Diameter	Net. Weight				
mm ²	mm ²	mm ²	mm	mm	mm	kg	mm	kg/km	mm	mm		
25	25	2 x 16	1.4	1.4	1.2	712	31.1	570	560	1000		
35	25		1.6	1.4		712	33.3	694	599			
50	35		1.6	1.6		997	35.5	893	639			
70	50		1.8	1.6		1395	39.7	1149	715			
95	70		2	1.8		1932	42.2	1501	760			
25	25	2 x 16	1.4	1.4	1.2	712	31.1	570	560	1000		
35	25		1.6	1.4		712	33.3	694	599			
50	35		1.6	1.6		997	35.5	893	639			
70	50		1.8	1.6		1395	39.7	1149	715			
95	70		2	1.8		1932	42.2	1501	760			

ELECTRICAL DATA										Conductor Short Circuit Current at:		
Nominal Cross Section Area		DC. Resistance at 20°C						Current Carrying Capacity at 35°C		Conductor Short Circuit Current at:		
		Conductor Max.			Insulation Min.					0.1	0.5	1.0
phase	Neutral	Phase	Neutral	Public Lighting	Phase	Neutral	Public Lighting	Neutral	Public Lighting	0.1 Sec	0.5 Sec	1.0 Sec
mm ²	mm ²	0hm / km		1.91	M.ohm/km			630	72	A	mm	KA
25	25	1.20	1.38		600	590						
35	25	0.868	1.38		580	590						
50	35	0.641	0.986		500	580						
70	50	0.443	0.690		470	490						
95	70	0.320	0.450		450	470				242	72.64	12.36

Gambar 3. 2 Spesifikasi Kabel Twisted Untuk Transmisi Tegangan Rendah

3.3. Perhitungan Transmisi

Pada umumnya jaringan transmisi diklasifikasikan ke dalam 3 golongan yaitu Jaringan transmisi jarak pendek, Jaringan transmisi jarak menengah dan Jaringan transmisi jarak jauh. Jaringan transmisi yang mempunyai jarak di bawah 80 Km dan tegangan operasinya di bawah 20 KV, adalah termasuk pada klasifikasi jaringan transmisi jarak pendek. Oleh karena jaraknya

yang pendek dan rendah tegangannya, pengaruh kapasitansi sangat kecil, oleh karena itu diabaikan. Dengan demikian jaringan transmisi jarak pendek tergantung pada resistansi dan induktansinya saja. Dalam kenyataan pada jaringan transmisi induktansi dan resistansi didistribusikan ke seluruh panjang jaringan, tetapi pada jaringan transmisi jarak pendek jumlah induktansi dan resistansi jaringan dianggap berkumpul pada satu tempat. Jaringan transmisi yang mempunyai panjang antara 80 – 150 Km dan tegangan jaringan antara 20 – 100 KV, termasuk pada kategori jaringan transmisi jarak menengah, dalam hal ini kapasitansi jaringan diperhitungkan mengingat jarak dan besarnya tegangan kerja.

Kapasitansi jaringan jarak menengah secara seragam didistribusikan ke seluruh panjang jaringan dan dianggap terpusat pada satu titik atau lebih. Jaringan transmisi yang mempunyai jarak di atas 150 Km dan tegangan kerja di atas 100 KV, termasuk pada kategori transmisi jarak jauh. Dalam jaringan ini impedansi dan admitansi diperhitungkan secara seragam, didistribusikan sepanjang jaringan dan tidak lagi dianggap berkumpul pada satu tempat atau lebih.

3.4. Regulasi dan Efisiensi Jaringan Transmisi

3.4.1. Regulasi

Ketika sebuah beban mendapatkan supply dari suatu jaringan transmisi, maka akan ada drop tegangan dalam jaringan, karena resistansi dan induksinya pada ujung jaringan. Oleh karena tegangan penerimaan pada umumnya lebih kecil dari tegangan pengiriman. Drop tegangan adalah perbedaan antara tegangan pengiriman dan tegangan penerimaan, apabila dinyatakan dalam bentuk prosentase dari tegangan penerimaannya disebut “Regulasi”. Regulasi sebuah transmisi didefinisikan sebagai : “Ken aikkan tegangan pada ujung penerima ketika beban penuh diputuskan, di mana tegangan pada ujung pengiriman konstant.” Dan ini pada umumnya ditunjukkan dalam bentuk prosentase tegangan ujung penerimaan. Secara matematis prosentase regulasi jaringan transmisi adalah :

$$\%R = \frac{Vs - VR}{VR} \times 100\%$$

Dimana :

Vs = Tegangan pada ujung pengiriman

VR = Tegangan pada ujung penerimaan Besar regulasi transmisi tidak boleh lebih besar dari 50.

3.4.2. Efisiensi

Pada waktu beban mendapatkan supply dari jaringan transmisi, maka terdapat rugirugi jaringan, karena tekanan penghantar jaringan. Dengan demikian daya yang diterima pada ujung penerima lebih kecil dari daya yang dikirimkan dari ujung pengiriman. Efisiensi jaringan didefinisikan sebagai : “Perbandingan antara daya penerimaan dengan daya yang dikirimkan”. Secara matematis efisiensi jaringan transmisi. Ditunjukkan dengan persamaan:

$$T = \frac{VR \cdot IR \cdot \cos QR}{Vs \cdot Is \cdot \cos Q3} \times 100\%$$

Dimana :

T = Efisiensi transmisi (%)

VR = Tegangan ujung penerima (V)

IR = Arus penerima (A)

Cos R = Faktor kerja pada penerima

Vs = Tegangan pada ujung pengiriman

Is = Arus pada pengiriman

Cos S = Faktor kerja pada pengiriman



3.4.3. Jaringan Transmisi Jarak Pendek

Pada jaringan transmisi jarak pendek seperti telah disebutkan pada bagian pendahuluan, bahwa kapasistansi jaringan diabaikan. Gambar 1 menunjukkan sebuah rangkaian equivalen jaringan 3 phase yang mana kita ambil per-phase, sebab pada prinsipnya sistem 3 phase adalah sistem 1 phase yang jumlahnya 3.

Menurut Vektor, akan didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$Vs = [(VR + IR \cdot R \cos .R + IR \cdot x \sin .R)^2 + (IR \cdot X \sin .R - IR \cdot R \sin .R)^2]^{1/2}$$

Apabila besar VR jauh lebih besar dari (IR . R) dan (IR . X), maka persamaan dengan cara pendekatan dapat disederhanakan lagi, menjadi :

$$Vs = VR + IR \cdot R \cos .R + IR \cdot X \sin .R$$

Dengan demikian regulasi tegangan dapat ditentukan, sebagai berikut :

$$\% R = \frac{Vs - VR}{VR} \times 100\% \quad \text{atau} \quad \% Reg = \frac{IR.R \cos R + IR.X \sin R}{VR} \times 100\%$$

Adapun efisiensi transmisinya : Daya yang diterima = $VR \cdot IR \cdot \cos R$, Rugi-rugi daya jaringan = $IR^2 \cdot R$. Daya yang dikirimkan = $VR \cdot IR \cdot \cos R + IR^2 \cdot R$. Jadi efisiensi transmisinya :

$$T = \frac{VR \cdot IR \cdot \cos R}{VR \cdot IR \cdot \cos R + IR \cdot R} \times 100\%$$

3.5. Saluran Udara Tegangan Tinggi

Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) dan Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) adalah sarana di udara untuk menyalurkan tenaga listrik berskala besar dari Pembangkit ke pusat-pusat beban dengan menggunakan tegangan tinggi maupun tegangan ekstra tinggi.

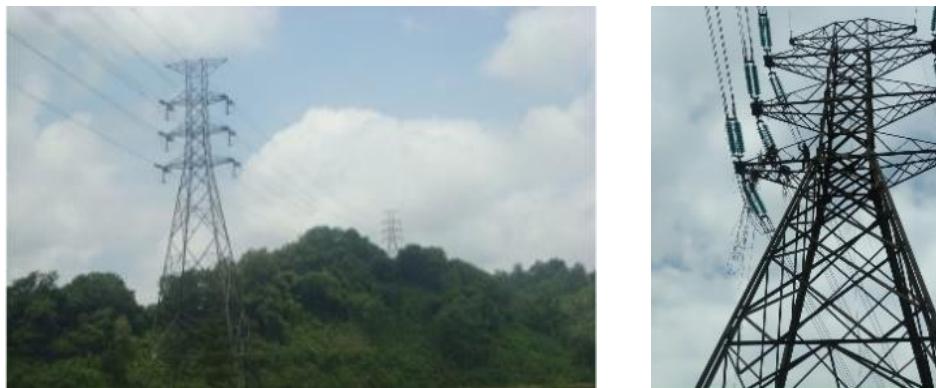
3.5.1. Saluran Udara

SUTT/SUTET merupakan jenis Saluran Transmisi Tenaga Listrik yang banyak digunakan di PLN daerah Jawa dan Bali karena harganya yang lebih murah dibanding jenis lainnya serta pemeliharaannya mudah. Pembangunan SUTT/SUTET sudah melalui proses rancang bangun yang aman bagi lingkungan serta sesuai dengan standar keamanan internasional, diantara nya:

- a. Ketinggian kawat penghantar
- b. Penampang kawat penghantar
- c. Daya isolasi
- d. Medan listrik dan Medan magnet
- e. Desis corona

Macam Saluran Udara yang ada di Sistem Ketenagalistrikan PLN

- a. Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 70 kV
- b. Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV
- c. Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) 500 kV



Gambar 3. 3 SUTT 150kV dan SUTT 500kV

3.5.2. Saluran Kabel

Pada daerah tertentu (umumnya perkotaan) yang mempertimbangkan masalah estetika, lingkungan yang sulit mendapatkan ruang bebas, keandalan yang tinggi, serta jaringan antar pulau, dipasang Saluran Kabel.

- a. Saluran Kabel Tegangan Tinggi (SKTT) 70 kV
- b. Saluran Kabel Tegangan Tinggi (SKTT) 150 kV
- c. Saluran Kabel Laut Tegangan Tinggi (SKLTT) 150 kV

3.5.3. Perlengkapan SUTT dan Fungsinya

3.5.3.1 Tower

Tenaga listrik yang disalurkan lewat sistem transmisi umumnya menggunakan kawat telanjang sehingga mengandalkan udara sebagai media isolasi antara kawat penghantar tersebut dengan benda sekelilingnya. Tower adalah konstruksi bangunan yang kokoh, berfungsi untuk menyangga/merentang kawat penghantar dengan ketinggian dan jarak yang cukup agar aman bagi manusia dan lingkungan sekitarnya. Antara tower dan kawat penghantar disekat oleh isolator.

3.5.3.2 Jenis-Jenis Tower

Menurut bentuk konstruksinya jenis-jenis tower dibagi atas macam 4 yaitu Lattice tower, Tubular steel pole, Concrete pole, dan Wooden pole.

Konstruksi tower merupakan jenis konstruksi SUTT / SUTET yang paling banyak digunakan di jaringan PLN karena mudah dirakit terutama untuk pemasangan di daerah pegunungan dan jauh dari jalan raya. Namun demikian perlu pengawasan yang intensif karena besi-besinya rawan terhadap pencurian.

Tower harus kuat terhadap beban yang bekerja padanya yaitu:

- 1) Gaya berat tower dan kawat penghantar (gaya tekan)
- 2) Gaya tarik akibat rentangan kawat
- 3) Gaya angin akibat terpaan angin pada kawat maupun badan tower.



Gambar 3. 4 Steel Pole

Menurut fungsinya tower dibagi atas 7 macam yaitu.

- 1) *Dead end tower* yaitu tiang akhir yang berlokasi di dekat Gardu induk, tower ini hampir sepenuhnya menanggung gaya tarik
- 2) *Section tower* yaitu tiang penyekat antara sejumlah tower penyangga dengan sejumlah tower penyangga lainnya karena alasan kemudahan saat pembangunan (penarikan kawat), umumnya mempunyai sudut belokan yang kecil.
- 3) *Suspension tower* yaitu tower penyangga, tower ini hampir sepenuhnya menanggung gaya berat, umumnya tidak mempunyai sudut belokan
- 4) *Tension tower* yaitu tower penegang, tower ini menanggung gaya tarik yang lebih besar daripada gaya berat, umumnya mempunyai sudut belokan
- 5) *Transposition tower* yaitu tower tension yang digunakan sebagai tempat melakukan perubahan posisi kawat fasa guna memperbaiki impendansi transmisi.
- 6) *Gantry tower* yaitu tower berbentuk portal digunakan pada persilangan antara dua Saluran transmisi. Tiang ini dibangun di bawah Saluran transmisi existing.
- 7) *Combined tower* yaitu tower yang digunakan oleh dua buah saluran transmisi yang berbeda tegangan operasinya

Menurut susunan/konfigurasi kawat fasa tower dikelompokkan atas.

- 1) Jenis delta digunakan pada konfigurasi horisontal/mendatar
- 2) Jenis piramida digunakan pada konfigurasi vertikal/tegak
- 3) Jenis Zig-zag yaitu kawat fasa tidak berada pada satu sisi lengan tower.

3.6. Persiapan yang perlu dilakukan

3.6.1. Persyaratan

Ketelitian hasil ukur ditentukan oleh 2 (dua) hal, yaitu :

- 1) Kondisi alat ukur, yaitu ketelitiannya harus sesuai. Ketelitian alat ukur dapat berkurang disebabkan antara lain, umur alat ukur yang memang sudah melebihi yang direncanakan sehingga mengalami kerusakan atau sumber listrik yang harusnya terpasang dengan kondisi tertentu, sudah tidak memenuhi seperti yang dipersyaratkan.
- 2) Operator atau pengguna alat ukur tidak memahami cara yang benar, sehingga terjadi kesalahan pemakaian atau cara membaca skala salah padahal alat ukur pada kondisi yang baik.

Alat ukur yang dimaksud disini selain merupakan alat yang menghasilkan nilai dengan satuan listrik maupun mekanik, ada alat yang hanya menunjukkan indikasi benar atau tidaknya suatu rangkaian / sirkuit

3.6.2. Macam-macam alat kerja dan penggunaanya

1) Sarung Tangan Dan Sarung Lengan

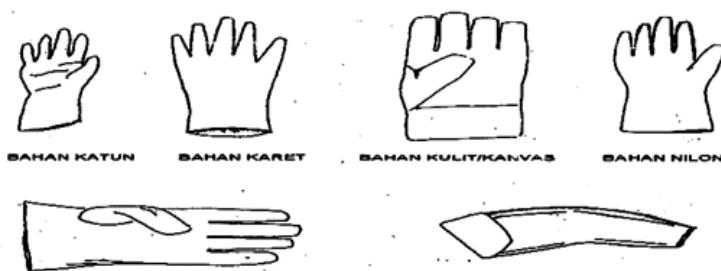
Kegunaan : melindungi tangan dan lengan terhadap bahaya listrik, mekanik, kimia, panas dan lain-lain.

Spesifikasi : Daya sekat 1.000 V; 1 – 6 KV; > 6 KV.

Bahan : Katun, nylon, kulit, lapis dan asbes dan bahan sintetis lainnya.

Ukuran : Pendek = 100 – 200 mm; 225 – 250 mm ; 275 – 300 mm

Panjang : 360 – 375 mm; 400 – 425 mm; >450 mm



Gambar 3. 5 Sarung Tangan dan Sarung Lengan

2) Topi Pelindung / Helm

Kegunaannya untuk melindungi kepala terhadap bahaya listrik, mekanik, kimia panas. Bahan dari polyethylene, plastik, katun, aluminium dan bahan sintetis lainnya.



BAHAN ALUMUNIUM, POLYETHYLENE



BAHAN KATUN

Gambar 3. 6 Topi Pelindung

3) Sepatu Safety

Kegunaannya untuk melindungi kaki terhadap bahaya listrik, mekanik, kimia, panas

Spesifikasi : daya sekat 1 - 6 KV ; 6 – 20 KV

Bahan : Karet, kulit, kanvas dan bahan sintetis lainnya

Ukuran : dari SII SP 114 – 1980 ; Standar nomor sepatu



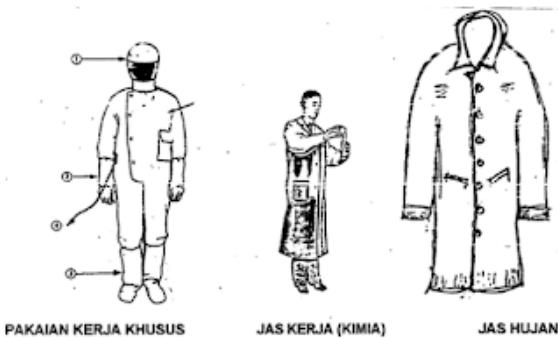
Gambar 3. 7 Sepatu Safety

4) Pakaian Kerja

Kegunaan : melindungi badan terhadap bahaya listrik, panas dan lain-lain

Spesifikasi : Besar (LL), Besar (L), Sedang (M), Kecil (S).

Bahan : katun, karet, Polyethylene, Campuran lapisan asbes, timah hitam dan bahan sintetis lainnya.



PAKAIAN KERJA KHUSUS

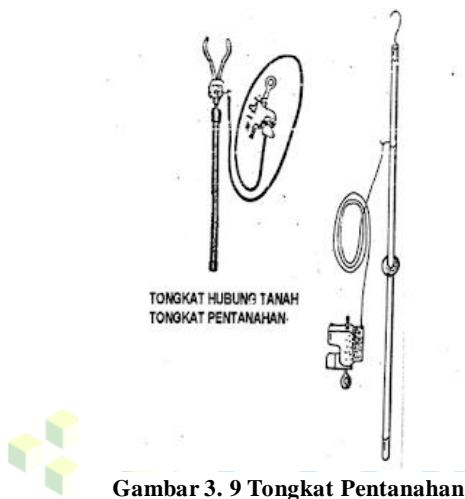
JAS KERJA (KIMIA)

JAS HUJAN

Gambar 3. 8 Pakaian Kerja

5) Tongkat Hubung Tanah / Tongkat Pentanahan

- Kegunaan : hilangkan tegangan sisa pada instalasi tegangan tinggi yang sudah dipadamkan.
- Bahan : tembaga, alumunium dengan tangkai bahan isolasi
- Ukuran : panjang 150 cm, 200cm, 250 cm, diameter (ϕ) : 3,125 cm
panjang kabel 500 cm – klem pentanahan 98 % CU
- Catatan : perlu disimpan dalam kotak atau ruang tertutup, sehingga terhindar dari benturan dan kelembaban



Gambar 3. 9 Tongkat Pentanahan

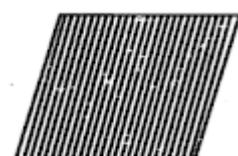
6) Alas Pengaman

- Kegunaan : sebagai tempat petugas berdiri dan bekerja pada peralatan yang bertegangan, agar terhindar dari bahaya tegangan sentuh.
- Bahan : karpet plastik, kayu kering lapisan karet, bangku atau plastik tebal yang mudah dipindah-pindahkan.

Bahan	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Tebal	Ket
Kayu	60	120		6-10	
Karet	60	120		0,6 – 1,2c	



ALAS PENGAMAN KAYU



ALAS PENGAMAN (KARET)

Gambar 3. 10 Alas Pengaman

3.7. Pemanfaatan pada transmisi

Pengoperasian sistem jaringan transmisi daya listrik kini telah memasuki era baru. Dalam tahapan baru ini, transmisi daya listrik tidak hanya akan menjadi lebih terjamin dan lebih terkendali dalam pengaturannya, tetapi juga akan menjadi jauh lebih efisien dalam pemanfaatannya. Peningkatan pesat ke arah pemanfaatan sistem jaringan transmisi listrik secara optimal ini dimungkinkan dengan keberadaan dan semakin dewasanya aplikasi teknologi dibidang elektronika daya pada khususnya dan teknologi semikonduktor pada umumnya. Teknologi kendali terbaru untuk transmisi daya listrik ini populer dengan sebutan FACTS singkatan dari Flexible AC Transmission System dan pertama kali dikembangkan oleh Electric Power Research Institute (EPRI) di Palo Alto negara bagian California di Amerika Serikat. Pada awal pengembangannya, teknologi FACTS ditujukan untuk menjawab permasalahan dalam peningkatan kapasitas pengaliran daya listrik pada sistem jaringan transmisi dan juga untuk menyediakan peralatan kendali daya listrik yang terpercaya pada jalur transmisi yang diinginkan.



3.8. Lembar Kerja

3.8.1. Checklist Pemasangan Transmisi

PERUSAHAAN TRANSMISI ENERGI TERBATAS

DAFTAR PERIKSA KESEHATAN DAN KESELAMATAN

Daftar Periksa Terkait Keselamatan selama Konstruksi Jalur Transmisi

Nama Tr. Baris:

Loc.Tidak: Level Tegangan:

Nama Kontraktor:

Nama Sub Kontraktor:

A. During TOWER FOUNDATION

SN	DESKRIPSI AKTIFITAS	UMPAN BALIK	KOMENTAR
I) EXCAVATION			
1	Pembuangan tanah yang digali. (Minimum 1,5 Mts. Atau setengah dalamnya lubang atau lebih)	YA / TIDAK	
2	Apakah sudut istirahat tanah sesuai desain dalam pondasi tersebut dipertahankan atau tidak.	YA / TIDAK	
3	Pengaturan penyiraman air tersedia (Jika perlu)	YA / TIDAK	
4	Wilayah kerja telah dilindungi dengan benar untuk menghindari jatuh pejalan kaki atau hewan di lubang yang digali.	YA / TIDAK	
5	Shoring & Shuttering untuk melindungi batu / tanah yang gembur agar tidak jatuh	YA / TIDAK	
6	Pengaturan pencahayaan di lokasi konstruksi tersedia, (jika yg dibutuhkan)	YA / TIDAK	
7	Periksa pengaturan yang tepat / memadai dibuat untuk perpanjangan pasokan listrik. (Ukuran kabel yang tepat, Penggunaan sekering, Tidak longgar koneksi untuk De-watering Pumps / Illumination / Electric kompresor dll jika berlaku)	YA / TIDAK	
8	Periksa kerusakan / penyelesaian pondasi yang tidak merata	YA / TIDAK	
9	Pastikan pengaturan <i>Life saver</i> telah dibuat selama konstruksi pondasi sumur di dasar sungai. (Bila perlu)	YA / TIDAK	

10	Periksa apakah pengaturan yang memadai dibuat untuk penyimpanan bahan peledakan di tempat yang aman, (jika diperlukan)	YA / TIDAK	
11	Periksa bahwa bahan peledakan ditangani dengan hati-hati di lokasi. (Jika diperlukan)	YA / TIDAK	
12	Periksa bahwa selama operasi peledakan, Tenaga Kerja / Pekerja / Pejalan kaki ada di tempat yang aman dan pengaturan dibuat untuk menginformasikan publik dengan tanda hati-hati (Bendera Merah) / Pemberitahuan Publik	YA / TIDAK	
13	Periksa apakah Blaster memegang lisensi yang tepat yang dikeluarkan oleh otoritas yang sesuai, sesuai dengan UU Peledak Indonesia	YA / TIDAK	
14	Periksa apakah panjang kabel sekering yang digunakan selama peledakan operasi sudah memadai.	YA / TIDAK	
15	Pastikan Pemasangan kabel sementara digunakan untuk operasi Mesin yang digunakan selama konstruksi seharusnya tidak menyebabkan bahaya untuk tersengat listriknya pekerja.	YA / TIDAK	
16	Periksa apakah PPE yaitu Helm pengaman, Sepatu Safety, digunakan oleh blaster dan anggota geng mereka selama peledakan.	YA / TIDAK	
17	Pastikan bahwa Shuttering dan timbering telah dibuat seperti dirinci dalam I: S: 3764	YA / TIDAK	
18	Pastikan bahwa sebelum melakukan penggalian, tanahnya telah diuji dan dalam hal ketersediaan bahan peledak / berbahaya gas, pengaturan yang diperlukan harus dibuat untuk menghapus / mencairkan gas seperti itu	YA / TIDAK	
19	Posisi instalasi bawah tanah seperti selokan, pipa air dan kabel listrik telah diverifikasi dan jika ada keberadaan mereka, mereka harus diisolasi	YA / TIDAK	
20	Pengaturan harus dibuat untuk mencegah getaran eksternal yang disebabkan untuk lalu lintas kereta api / jalan (Jika diperlukan)	YA / TIDAK	
21	Keselamatan dipastikan selama konstruksi Tr. Baris untuk bangunan, struktur dll. yang datang di sekitar area yang digali dari keruntuhan. (Jika diperlukan)	YA / TIDAK	
22	Periksa apakah tangga yang cukup kuat dengan panjang yang sesuai adalah tersedia untuk masuk / keluarnya orang di dalam lubang	YA / TIDAK	

23	Pekerja mandiri tidak diperbolehkan bekerja di penggalian area di luar tingkat bahu	YA / TIDAK	
24	Periksa kemungkinan rembesan air dari dekat kolam / sungai harus diperkirakan dan diurus.	YA / TIDAK	
25	Setelah penggalian, pekerjaan diselesaikan dengan cepat dan pengisian kembali dilakukan paling awal	YA / TIDAK	

II) Casting OF FOUNDATION / CONCRETING :

1	Periksa bahan konstruksi ditumpuk di tempat yang aman dan juga tidak menyebabkan bahaya. (Jauh dari pit dengan 1,5 Mtr. Atau setengah kedalaman lubang, yang lebih banyak lagi).	YA / TIDAK	
2	Periksa pengaturan pencahayaan di Situs Konstruksi. (Jika diperlukan).	YA / TIDAK	
3	Pastikan pengaturan penyelamat telah dilakukan selama pembangunan pondasi Sumur di River Bed	YA / TIDAK	
4	Periksa apakah mesin Pengaduk Beton ditempatkan di brankas tempat. (Tidak terlalu dekat ke lubang.)	YA / TIDAK	
5	Periksa pengaturan yang tepat / memadai dibuat untuk perpanjangan pasokan listrik. (Ukuran kabel yang tepat, Penggunaan sekering, Tidak longgar koneksi untuk De watering Pumps / Illumination / Kompresor listrik dll. Jika berlaku)	YA / TIDAK	
6	Periksa bahwa peletakan kabel sementara digunakan selama kegiatan konstruksi tidak boleh menimbulkan bahaya bagi setrum untuk pekerja.	YA / TIDAK	
7	Pemeriksaan galian harus dilakukan oleh Kompeten Orang setiap hari. Dalam hal, kemungkinan gua masuk atau meluncur jelas, semua yang bekerja dalam penggalian harus disita sampai tindakan pencegahan yang diperlukan telah diambil untuk melindungi mungkin gua di dalam atau meluncur	YA / TIDAK	
8	Pengaturan Jacking yang tepat dibuat untuk mengambil seluruh beban tempat	YA / TIDAK	
9	Dalam hal template lama dalam pengaturan rintisan, lebih banyak jack telah disediakan dan periksa apakah Jack ditempatkan pada level dan permukaan yang keras untuk menghindari ketidakseimbangan dan jatuh.	YA / TIDAK	

10	Dalam hal template lama dalam pengaturan rintisan, lebih banyak jack telah disediakan dan periksa apakah Jack ditempatkan pada level dan permukaan yang keras untuk menghindari ketidakseimbangan dan jatuh	YA / TIDAK	
11	Gulungan <i>wire mesh</i> harus diamankan untuk mencegah bahaya tindakan <i>recoiling</i>	YA / TIDAK	
12	Pekerja mandiri tidak diizinkan bekerja di penggalian daerah	YA / TIDAK	
13	Periksa apakah tangga yang cukup kuat dengan panjang yang sesuai adalah tersedia untuk masuk / keluaranya orang di dalam lubang	YA / TIDAK	
B. TOWER Erection			
1	Periksa fasilitas komunikasi yang tepat tersedia di lokasi selama Ereksi menara. (Jika diperlukan)	YA / TIDAK	
2	Periksa kerusakan atau penyelesaian pondasi yang tidak rata	YA / TIDAK	
3	Pastikan derek digunakan sebelum ereksi menara diperiksa untuk kekuatan / ukuran yang memadai. Pastikan untuk salinan tessertifikat untuk semua mesin dan gagang pengangkat	YA / TIDAK	
4	Pastikan bahwa katrol digunakan sebelum ereksi menara diperiksa untuk kekuatan / ukuran yang tepat (diameter). Juga dikasus katrol tipe terbuka pengaturan penguncian yang tepat seperti penyediaan Pin Pengaman dibuat. Pastikan untuk salinan tessertifikat untuk semua mesin dan gagang pengangkat.	YA / TIDAK	
5	Pastikan bahwa tali yang digunakan sebelum ereksi menara telah terjadi diperiksa untuk kekuatan / kondisi fisik yang memadai (Bebas dari putusnya helai dan simpul dll)	YA / TIDAK	
6	Periksa apakah alat pengangkat dan tekel yaitu Mesin Winch, Chain Pulley Block, Trifor, D - Shackle dll. Dalam kondisi sehat kondisi dan telah diuji secara berkala. (Lampirkan salinan tes sertifikat)	YA / TIDAK	
7	Pastikan izin telah diperoleh dari <i>Aviation Otoritas</i> untuk pemasangan menara khusus. (Bila perlu)	YA / TIDAK	
8	Pastikan izin telah diperoleh dari <i>Aviation Otoritas</i> untuk pemasangan menara yang datang di sekitar zona terbang. (Bila perlu)	YA / TIDAK	
9	Periksa apakah langkah-langkah keamanan telah diambil sebelumnya melakukan untuk pekerjaan Jalan / Rel / Sungai yang melibatkan seperti peregangan	YA / TIDAK	

10	Untuk kereta api atau persimpangan jalan periksa apakah rencana kerja tertulis itu tersedia di situs dengan referensi khusus untuk keselamatan misalnya lokal tenaga kerja pembumian, terampil & berpengalaman, T&P yang tepat, kekuatan dan tinggi perancah untuk mempertahankan yang dibutuhkan izin dll	YA / TIDAK	
11	Pastikan semua anggota dan ukuran Mur dan Baut yang tepat Dari bagian bawah dipasang dengan benar sebelum ereksi bagian atas , bagian menara diambil	YA / TIDAK	
12	Pastikan perangkat anti pendakian tersedia di menara setelah pekerjaan ereksi	YA / TIDAK	
13	Periksa apakah pelat bahaya telah disediakan	YA / TIDAK	
14	Pastikan hanya anggota tim erekси yang diperbolehkan berdiri dekat menara saat erekси sedang dalam proses dan harus dipakai helm pengaman / Sepatu Safety.	YA / TIDAK	
15	Wilayah kerja menara telah dibatasi selama	YA / TIDAK	
16	Pastikan pengaturan pengaturan yang tepat telah dibuat. Dan juga untuk melihat bahwa ukuran yang tepat dari bar gagak telah digunakan yang telah diperbaiki pada permukaan yang keras dalam kasus tanah berpasir atau tanah gembur.	YA / TIDAK	
17	Periksa apakah pengaturan yang tepat dibuat saat mengangkat anggota menara dan memperbaikinya pada ketinggian yaitu ukuran yang tepat dan kekuatan kait yang digunakan untuk mengangkat anggota menara	YA / TIDAK	
18	Periksa jumlah orang yang cukup saat mengangkat lengan silang dirakit dan juga menghindari penggunaan sheeve tunggal katrol sambil mengangkat lengan silang dirakit / beban berat	YA / TIDAK	

C. Conductor STRINGING :

1	Semua pengemudi dan operator instalasi memegang lisensi pengendaraan yang valid	YA / TIDAK	
2	Periksa bahwa izin telah diperoleh dari Kompeten Otoritas untuk merangkai konduktor saat melintasi Jalan / Rel / Sungai / daerah Mulia dll. (Bila perlu)	YA / TIDAK	
3	Periksa bahwa lukisan yang diperlukan telah dibuat pada menara yang jatuh sekitar zona penerbangan. (Bila perlu)	YA / TIDAK	

MODUL TEKNIKI K3 LISTRIK

4	Pastikan semua tindakan keselamatan telah dilakukan, merangkai konduktor melintasi garis EHV / HV / LT (Pembumian garis yang ada, dll.	YA / TIDAK	
5	Pastikan ukuran Mur dan Baut dikencangkan dengan benar dan pengelasan / tempel / tempel dilakukan di menara sebelum melakukan merangkai j ob.	YA / TIDAK	
6	Pastikan pengaturan perancah yang tepat dibuat selama merangkai konduktor (Sementara Road Xing / Power Line Xing , dll	YA / TIDAK	
7	Pastikan bahwa semua anggota dipasang di menara sebelum melakukan pekerjaan merangkai konduktor	YA / TIDAK	
8	Pastikan pengisian kembali fondasi telah dilakukan per spesifikasi	YA / TIDAK	
9	Pastikan batang pelepasan diuji secara listrik sebelum digunakan	YA / TIDAK	
10	Mesin Merangkai / Mesin penarik Ketegangan dengan benar dibumikan	YA / TIDAK	
11	Periksa pengaturan rem dari Mesin TSE bekerja. Ya Tidak	YA / TIDAK	
12	Pastikan bahwa katrol digunakan sebelum merangkai konduktor telah diperiksa untuk kekuatan / ukuran yang tepat (diameter), juga dalam hal jenis katrol pengaturan penguncian yang tepat seperti menyediakan Pin Pengaman dibuat Pastikan untuk salinan tes sertifikat untuk semua mesin dan gagang pengangkat	YA / TIDAK	
13	Pastikan tali yang digunakan sebelum merangkai konduktor diperiksa untuk kekuatan / kondisi fisik yang memadai (Bebas dari putusnya helai dan simpul dll	YA / TIDAK	
14	Periksa apakah alat pengangkat dan tekel yaitu Mesin Winch, Chain Pulley Block, Trifor, D - Shackle dll. Dalam kondisi sehat kondisi dan telah diuji secara berkala. (Lampirkan salinan tes sertifikat)	YA / TIDAK	
15	Periksa pengaturan rem pada reel Drum konduktor selama peletakan / pembayaran konduktor	YA / TIDAK	
16	Pastikan fasilitas komunikasi yang tepat tersedia di lokasi selama merangkai konduktor (Jika perlu)	YA / TIDAK	
17	Apakah menara telah dibumikan secara permanen.	YA / TIDAK	
18	Periksa bahwa Papan Sag disediakan di dua lokasi	YA / TIDAK	
19	Periksa bahwa pengaturan Papan Sag dibuat oleh orang yang berpengalaman / terlatih	YA / TIDAK	

20	Periksa grafik ketegangan Sag yang disetujui tersedia dan diikuti disitus	YA / TIDAK	
21	Sementara penjepitan konduktor / EW harus dilakukan, periksa pembumian.	YA / TIDAK	
22	Pastikan sinyal pengiriman ke penarik untuk berhenti ketika lapisan terakhir konduktor / EW ditarik	YA / TIDAK	
23	Periksa tegangan yang diterapkan pada diameter dinamo dan periksa nilai dengan data yang disetujui	YA / TIDAK	
24	Sebelum merangkai dimulai periksa bahwa penduduk desa tidak datang di bawah pekerjaan bagian yang bersangkutan	YA / TIDAK	
25	Hanya tali nilon atau <i>polypropylene</i> yang harus digunakan selama konduktor merangkai di sekitar saluran udara langsung.	YA / TIDAK	
26	Pastikan PTW telah diambil dari otoritas terkait.	YA / TIDAK	
27	Pastikan Winch, Pulley, dll. Telah diardekan dengan benar.	YA / TIDAK	
28	Untuk jalur LT, apakah orang-orang khusus diposting pada setiap titik isolasi sampai pengembalian izin (PTW)	YA / TIDAK	
29	Apakah jaringan jalur LT telah diperiksa secara menyeluruh dan tindakan pencegahan diambil Terhadap pengisian daya yang tidak disengaja	YA / TIDAK	
30	Pastikan pengaturan yang tepat dibuat / tersedia untuk pengembangan dan penggunaan Pembumian Portabel dan Pendek - Perangkat Sirkuit yang dapat digunakan dan dilepas ke dan dari garis LT, menjauhkan dari garis LT, sampai semua operasi pada yang sama selesai dan semua orang dan bahan dihilangkan dari jalur LT	YA / TIDAK	
31	Periksa ketentuan dan pemasian yang tepat untuk guying dan kembali menginap (Bila perlu)	YA / TIDAK	
32	Periksa demarkasi pengumpan dilakukan untuk Saluran D / c.	YA / TIDAK	
33	Pastikan semua string isolator diperiksa secara menyeluruh ketersediaan dan pemasangan yang tepat dari pasak / pin split sebelumnya mengangkat yang sama	YA / TIDAK	
A. Erection OF TOWER DAN STRLING DARI Conductor :			
1	Periksa apakah kontraktor telah mendapatkan jumlah yang dibutuhkan APD mempertimbangkan jumlah maksimum ereksi dikerahkan sekaligus.	YA / TIDAK	

2	Pengawas / Pekerja telah diberikan persyaratan PPE, seperti Helm pengaman / Sabuk Pengaman / Sepatu Safety / Boot Karet dll.	YA / TIDAK	
3	Ketersediaan Kotak P3K dengan obat-obatan yang diperlukan di lokasi.	YA / TIDAK	
4	Register instruksi tersedia di situs.	YA / TIDAK	
5	Pastikan bahwa <i>Supervisor / Gang Leader</i> selalu mengeluarkan instruksi untuk Pekerja sebelum mulai bekerja	YA / TIDAK	
6	Pastikan bahwa staf pengawas dari GETCO tersedia di lokasi selama konstruksi	YA / TIDAK	
7	Semua pengemudi dan operator pabrik memegang SIM yang valid.	YA / TIDAK	
8	Periksa kendaraan untuk penyelamatan tersedia di situs	YA / TIDAK	
9	Pastikan tenaga kerja yang terlibat mengetahui pekerjaan itu	YA / TIDAK	
10	Periksa bahwa pekerja tidak terampil tidak terlibat dalam keterampilan	YA / TIDAK	
11	Pastikan bahwa pengawas / pekerja yang terlibat di lapangan adalah mengetahui Teknik Pertolongan Pertama (Seperti dalam kasus Listrik , Syok, jatuh dari ketinggian, gigitan ular dan orang itu diselamatkan dari terkubur di bawah puing dll	YA / TIDAK	
12	Periksa Rumah Sakit / Dokter terdekat jika terjadi keadaan darurat	YA / TIDAK	
13	Saat mengangkut konsinyasi berat konduktor / EW drum dari toko pusat ke situs dengan menggunakan Cranes, Truck, dan Traktor. Aspek keselamatan untuk konstruksi dan kegagalan sistem rem dari mesin yang bergerak harus diperiksa	YA / TIDAK	
14	Paling tidak satu jenis bubuk pemadam api portabel harus disediakan terutama di tempat bahan peledak atau peledakan digunakan untuk penggalian.	YA / TIDAK	
15	Periksa kompetensi (Kualifikasi / Pengalaman) dari supervisor / pemimpin geng kontraktor.	YA / TIDAK	

KETERANGAN JIKA ADA:

3.8.2. JSA

JOB SAFETY ANALYSIS :				
P/APB :				
OKASI :				
NGGAL :				
CONDISI PERALATAN : BEBAS TEGANGAN / BERTEGANGAN				
AMA PEKERJAAN :				
NO	TAHAPAN PEKERJAAN	POTENSI BAHAYA		PENGENDALIAN
1		1		
		2		
2		1		
		2		
3		1		
		2		
4		1		
		2		
5		1		
		2		

Diusulkan oleh pihak-3
Dianalisa oleh : SPV JARGI
Diperiksa oleh : Pengawas K3

Disetujui : AS MAN..HASET BC PURWOKERT / TEGAL (.....)



3.9. Latihan Soal

Jawablah pertanyaan dibawah ini!

1. Jelaskan hal hal yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan ukuran konduktor!
2. Jelaskan mengapa penghantar (kabel) transmisi tidak boleh di rentangkan terlalu kencang!
3. Mengerjakan dan menyusun lembar checklist!
4. Membuat JSA!

3.10. Rangkuman

Keuntungan transmisi (transmission capability) dengan tegangan lebih tinggi akan menjadi jelas jika kita melihat pada kemampuan transmisi (transmission capability) suatu saluran transmisi. Kemampuan ini biasanya dinyatakan dalam Mega-Volt-Ampere (MVA). Tetapi kemampuan transmisi dari suatu saluran dengan tegangan tertentu tidak dapat diterapkan dengan pasti, karena kemampuan ini masih tergantung lagi pada batasan -batasan termal dari penghantar, jatuh tegangan (drop voltage) yang diperbolehkan, keandalan, dan persyaratan kestabilan sistem.



BAB IV

PERSYARATAN K3 PEMASANGAN INSTALASI, PERLENGKAPAN, DAN PERALATAN LISTRIK PADA DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

4.1. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

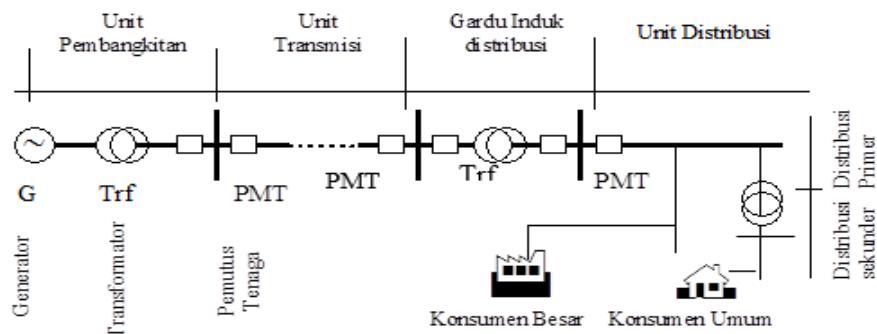
Sistem penyaluran tenaga listrik dari pembangkit tenaga listrik ke konsumen (beban). Sistem distribusi memiliki fungsi sebagai pembagian tenaga listrik ke beberapa tempat dan merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, Karena catu daya pada pusat-pusat beban dilayani langsung melalui jaringan distribusi. Sistem distribusi daya listrik meliputi semua Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 KV dan semua Jaringan Tegangan Rendah (JTR) 380/220 Volt hingga ke meter-meter pelanggan. Penyaluran tenaga listrik melalui beberapa tahapan proses mulai dari pembangkit tenaga listrik penghasil energi listrik, disalurkan ke jaringan transmisi (SUTET) langsung ke gardu induk. Dari gardu induk tenaga listrik disalurkan ke jaringan distribusi primer (SUTM), dan melalui gardu distribusi langsung ke jaringan distribusi sekunder (SUTR).

4.2. Pembagian Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

Secara umum pembagian jaringan distribusi tenaga listrik adalah sebagai berikut:

A. Jaringan Sistem Distribusi Primer

Distribusi primer adalah jaringan distribusi daya listrik yang bertegangan menengah (20 KV). Jaringan distribusi primer tersebut merupakan jaringan penyulang. Jaringan ini berasal dari sisi skunder trafo daya yang terpasang pada gardu induk hingga kesisi primer trafo distribusi yang terpasang pada tiang-tiang saluran.



Gambar 4. 1 Jaringan Sistem Distribusi Primer dan Sekunder

B. Jaringan Sistem Distribusi Sekunder

Jaringan distribusi sekunder atau jaringan distribusi tegangan rendah (JDTR) merupakan jaringan tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan konsumen. Oleh karena itu besarnya tegangan untuk jaringan distribusi sekunder ini 130/230 V dan 130/400 V untuk sistem lama, atau 230/400 V untuk sistem baru. Tegangan 130 V dan 230 V merupakan tegangan antara fasa dengan netral, sedangkan tegangan 400 V merupakan tegangan fasa dengan fasa.

4.3. Prinsip Kerja Jaringan Distribusi

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem penyaluran energi listrik dari pembangkit tenaga listrik sampai ke pengguna energi listrik. Dalam penyaluran ini mula-mula energi listrik yang dihasilkan dari pembangkit listrik besar dengan tegangan 11kV sampai 24kV kemudian dinaikkan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 70kV, 154kV, 220kV atau 500kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. Tujuan menaikkan tegangan ialah untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi, dimana dalam hal ini kerugian daya sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir (I^2R). Dengan daya yang sama bila nilai tegangannya diperbesar, maka arus yang mengalir semakin kecil sehingga kerugian daya juga akan kecil pula. Selanjutnya dari saluran transmisi, tegangan diturunkan menjadi 20 kV dengan transformator penurun tegangan pada gardu induk distribusi, kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer. Dari saluran distribusi primer inilah gardu-gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan trafo distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380 Volt. Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke pengguna energi listrik. Distribusi primer inilah gardu-gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan trafo distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380 Volt. Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke pengguna energi listrik.

Adapun syarat-syarat sistem distribusi tenaga listrik tersebut adalah:

a. Faktor keterandalan sistem

- 1) Kontinuitas penyaluran tenaga listrik ke konsumen harus terjamin selama 24 jam terus-menerus. Persyaratan ini cukup berat, selain harus tersedianya tenaga listrik pada Pusat Pembangkit Tenaga Listrik dengan jumlah yang cukup besar, juga kualitas sistem distribusi tenaga listrik harus dapat diandalkan, karena digunakan secara terus-

menerus. Untuk hal tersebut diperlukan beberapa cadangan, yaitu cadangan siap, cadangan panas, dan cadangan diam.

- a) Cadangan siap adalah suatu cadangan yang didapat dari suatu pembangkit yang tidak dibebani secara penuh dan dioperasikan sinkron dengan pembangkit lain guna menanggulangi kekurangan daya listrik.
 - b) Cadangan panas adalah cadangan yang disesuaikan dari pusat pembangkit tenaga termis dengan ketel-ketel yang selalu dipanasi atau dari PLTA yang memiliki kapasitas air yang setiap saat mampu untuk menggerakkannya.
 - c) Cadangan diam adalah cadangan dari pusat-pusat pembangkit tenaga listrik yang tidak dioperasikan tetapi disediakan untuk setiap saat guna menanggulangi kekurangan daya listrik.
- 2) Setiap gangguan yang terjadi dengan mudah dilacak dan diisolir sehingga pemadaman tidak perlu terjadi. Untuk itu diperlukan alatalat pengaman dan alat pemutus tegangan (*air break switch*) pada setiap wilayah beban.
 - 3) Sistem proteksi dan pengaman jaringan harus tetap dapat bekerjadengan baik dan cepat.



b. Faktor Kualitas Sistem

- 1) Kualitas tegangan listrik yang sampai ke titik beban harus memenuhi persyaratan minimal untuk setiap kondisi dan sifat-sifat beban. Oleh karena itu diperlukan stabilitas tegangan (*voltage regulator*) yang bekerja secara otomatis untuk menjamin kualitas tegangan sampai ke konsumen stabil.
- 2) Tegangan jatuh atau tegangan drop dibatasi pada harga 10 % dari tegangan nominal sistem untuk setiap wilayah beban. (*Lihat IEC Publication 38/1967*). Untuk itu untuk daerah beban yang terlalu padat diberikan beberapa *voltage regulator* untuk menstabilkan tegangan.
- 3) Kualitas peralatan listrik yang terpasang pada jaringan dapat menahan tegangan lebih (*over voltage*) dalam waktu singkat.

- c. Faktor Keselamatan Sistem dan Publik
 - 1) Keselamatan penduduk dengan adanya jaringan tenaga listrik harus terjamin dengan baik. Artinya, untuk daerah padat penduduknya diperlukan rambu-rambu pengaman dan peringatan agar penduduk dapat mengetahui bahaya listrik. Selain itu untuk daerah yang sering mengalami gangguan perlu dipasang alat pengaman untuk dapat meredam gangguan tersebut secara cepat dan terpadu.
 - 2) Keselamatan alat dan perlengkapan jaringan yang dipakai hendaknya memiliki kualitas yang baik dan dapat meredam secara cepat bila terjadi gangguan pada sistem jaringan. Untuk itu diperlukan jadwal pengontrolan alat dan perlengkapan jaringan secara terjadwal dengan baik dan berkesinambungan.
- d. Faktor Pemeliharaan Sistem
 - 1) Kontinuitas pemeliharaan sistem perlu dijadwalkan secara berkesinam-bungan sesuai dengan perencanaan awal yang telah ditetapkan, agar kualitas sistem tetap terjaga dengan baik.
 - 2) Pengadaan material listrik yang dibutuhkan hendaknya sesuai dengan jenis/ spesifikasi material yang dipakai, sehingga bisa dihasilkan kualitas sistem yang lebih baik dan murah.
- e. Faktor Perencanaan Sistem

Perencanaan jaringan distribusi harus dirancang semaksimal mungkin, untuk perkembangan dikemudian hari.

4.4 Peralatan Sistem Distribusi

Jaringan distribusi yang baik adalah jaringan yang memiliki perlengkapan dan peralatan yang cukup lengkap, baik itu peralatan guna kontruksi maupun peralatan proteksi. Untuk jaringan distribusi sistem saluran udara, peratan-peralatan proteksi dipasangkan diatas tiang-tiang listrik berdekatan dekat letak pemasangan trafo, perlengkapan utama pada sistem distribusi tersebut antara lain:

a. Tiang Penyangga

Tiang Penyangga / tiang listrik merupakan komponen penting pada jaringan distribusi tiang ini berfungsi untuk meletakkan penghantar serta perlengkapan sistem seperti transformator, *Fuse, isolator, arrester, recloser* dan sebagainya. Jenis tiang jaringan distribusi yang digunakan untuk jaringan distribusi tenaga listrik ada beberapa macam, seperti: Tiang Kayu, Tiang Baja, Tiang Beton.

b. Penghantar

Berfungsi sebagai penyalur arus listrik dari trafo daya pada gardu induk ke konsumen. kebanyakan penghantar yang digunakan pada sistem distribusi . Begitu juga dengan beberapa kawat jaringan bawah tanah. Besar nilai hambatan suatu kawat penghantar dapat dihitung melalui rumus. Rumus untuk menyatakan besar nilai hambatan jenis kawat penghantar sering disebut dengan rumus hambatan kawat penghantar yang dapat dilihat pada rumus di bawah:

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

Keterangan:



R = Hambatan Kawat (Ω)

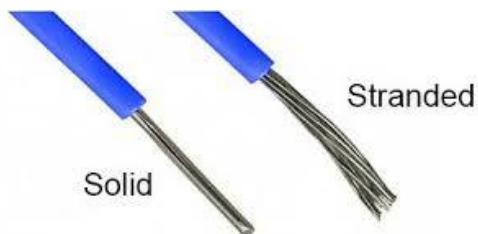
l = Panjang Kawat (m)

A = Luas Penampang Kawat (m^2)

ρ = Hambatan Jenis Kawat (Ωm)

Berdasarkan konstruksinya, penghantar diklasifikasikan sebagai berikut:

- a. Penghantar pejal (*solid*); yaitu penghantar yang berbentuk kawat pejal yang berukuran sampai 10 mm^2 . Tidak dibuat lebih besar lagi dengan maksud untuk memudahkan penggulungan maupun pemasangannya.



Gambar 4. 2 Penghantar Pejal dan Berlilit

- b. Penghantar berlilit (*stranded*); penghantarnya terdiri dari beberapa urat kawat yang berlilit dengan ukuran $1 \text{ mm}^2 - 500 \text{ mm}^2$.
- c. Penghantar serabut (*flexible*); banyak digunakan untuk tempat-tempat yang sulit dan sempit, alat-alat portabel, alat-alat ukur listrik dan pada kendaraan bermotor. Ukuran kabel ini antara $0,5 \text{ mm}^2 - 400 \text{ mm}^2$.



Gambar 4. 3 Penghantar Serabut

- d. Penghantar persegi (*busbar*); penampang penghantar ini berbentuk persegi empat yang biasanya digunakan pada PHB (Papan Hubung Bagi) sebagai rel-rel pembagi atau rel penghubung. Penghantar ini tidak berisolasi.

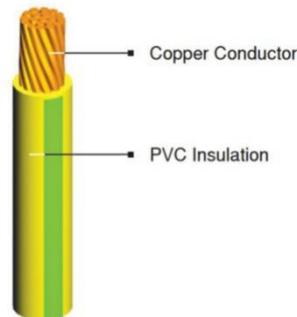


Gambar 4. 4 Penghantar Persegii

Beberapa jenis kabel yang biasa dipakai dalam instalasi listrik:

a. Kabel NYA

Kabel NYA berinti tunggal, berlapis bahan isolasi PVC, untuk instalasi luar atau kabel udara. Kode warna isolasi ada warna merah, kuning, biru dan hitam sesuai dengan peraturan PUIL. Lapisan isolasinya hanya 1 lapis sehingga mudah cacat, tidak tahan air (NYA adalah tipe kabel udara) dan mudah digigit tikus. Agar aman memakai kabel tipe ini, kabel harus dipasang dalam pipa/conduit jenis PVC atau saluran tertutup. Sehingga tidak mudah menjadi sasaran gigitan tikus, dan apabila ada isolasi yang terkelupas tidak tersentuh langsung oleh orang

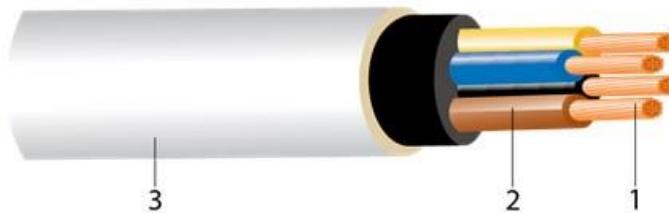


Gambar 4. 5 Kabel NYA

b. Kabel NYM

Kabel NYM memiliki lapisan isolasi PVC (biasanya warna putih atau abu-abu), ada yang berinti 2, 3 atau 4. Kabel NYM memiliki lapisan isolasi dua lapis, sehingga tingkat keamanannya lebih baik dari kabel NYA (harganya lebih mahal dari NYA). Kabel ini dapat dipergunakan dilingkungan yang kering dan basah, namun tidak boleh ditanam.

KABEL NYM



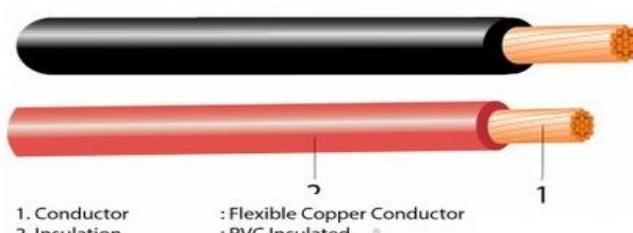
- | | |
|---------------------|-------------------------------|
| 1. Conductor | : Annealed Copper Conductor |
| 2. Conductor Screen | : Extruded PVC Insulated |
| 3. Outer Sheath | : Extruded PVC Outer Sheathed |

Gambar 4. 6 Kabel NYM

c. Kabel NYAF

Kabel NYAF merupakan jenis kabel fleksibel dengan penghantar tembaga serabut berisolasi PVC. Digunakan untuk instalasi panel-panel yang memerlukan fleksibilitas yang tinggi.

KABEL NYAF

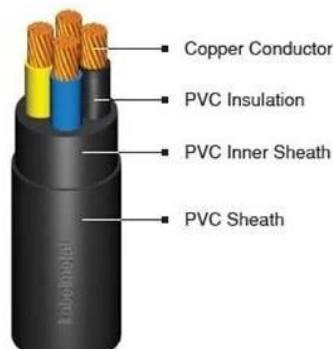


- | | |
|---------------|-----------------------------|
| 1. Conductor | : Flexible Copper Conductor |
| 2. Insulation | : PVC Insulated |

Gambar 4. 7 Kabel NYAF

d. Kabel NYY

Kabel NYY memiliki lapisan isolasi PVC (biasanya berwarna hitam), ada yang berinti 2, 3 atau 4. Kabel NYY dipergunakan untuk instalasi tertanam (kabel tanah), dan memiliki lapisan isolasi yang lebih kuat dari kabel NYM (harganya lebih mahal dari NYM). Kabel NYY memiliki isolasi yang terbuat dari bahan yang tidak disukai tikus.



Gambar 4. 8 Kabel NYY

e. Kabel NYFGbY

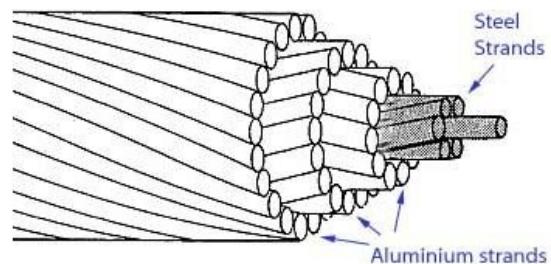
Kabel NYFGbY ini digunakan untuk instalasi bawah tanah, di dalam ruangan di dalam saluran-saluran dan pada tempat-tempat yang terbuka dimana perlindungan terhadap gangguan mekanis dibutuhkan, atau untuk tekanan rentangan yang tinggi selama dipasang dan dioperasikan.



Gambar 4. 9 Kabel NYFGbYt

f. Kabel ACSR (*Aluminum Conduct Steel Reinforced*)

Kabel ACSR merupakan kawat penghantar yang terdiri dari aluminium berinti kawat baja. Kabel ini digunakan untuk saluran-saluran transmisi tegangan tinggi, dimana jarak antara menara atau tiang berjauhan, mencapai ratusan meter, maka dibutuhkan kuat tarik yang lebih tinggi, untuk itu digunakan kawat penghantar ACSR.



Gambar 4. 10 Kabel ACSR

- g. Kabel AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*)

Kabel ini terbuat dari *aluminium-magnesium-silicon* campuran logam, keterhantaran elektris tinggi yang berisi magnesium silicide, untuk memberi sifat yang



Gambar 4. 11 Kabel AAAC

lebih baik. Kabel ini biasanya dibuat dari paduan aluminium 6201. AAAC mempunyai suatu anti karat dan kekuatan yang baik, sehingga daya hantarnya lebih baik.

Dalam pemilihan luas penampang harus mempertimbangkan hal-hal berikut:

Kemampuan Hantar Arus (KHA)

Menurut PUIL 2000 pasal 5.5.3.1 bahwa “penghantar sirkit akhir yang menyuplai motor tunggal tidak boleh mempunyai KHA kurang dari 125% arus pengenal beban penuh.”

- Untuk Arus Searah : $In = \frac{P}{V}$ (A)
- Untuk Arus Bolak-balik Satu Fasa: $In = \frac{P}{V \cdot \cos\phi}$ (A)
- Untuk Arus Bolak-balik tiga Fasa: $In = \frac{P}{\sqrt{3}V \cdot \cos\phi}$ (A)

$$KHA = 125\% \times In$$

Dimana:

I = Arus Nominal Beban Penuh (A)

P = Daya Aktif (W) tember 13, 200

V = Tegangan (V) $\cos\phi$ = Faktor Daya

- c. Kapasitor

Berfungsi untuk memperbesar faktor daya pada system penyaluran. Ukuran Kapasitor biasanya dinyatakan dalam kapasitansi. Secara fisis kapasitansi C adalah seberapa banyak sebuah kapasitor dapat menampung/diisi oleh muatan. Dalam hal ini

$$C = \frac{Q}{V_{AB}} = \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

$$Q = C \cdot V$$

Dimana:

- A = luasan penampang keping (m^2)
- d = jarak antar keping (m)
- Q = muatan electron dalam C (couloumb)
- ϵ = permitivitas bahan penyekat (F/m), Jika antara kedua keping hanya ada udara atau vakum (tidak terdapat bahan penyekat), maka nilai permitivitasnya dipakai $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$ F/m.

Satuan dari kapasitansi dalam MKS/SI adalah Farad (F). Untuk rangkaian elektronik praktis, satuan farad adalah sangat besar sekali. Umumnya kapasitor yang ada di pasaran memiliki satuan: μ F, nF dan pF.

$$1 \text{ Farad} = 1.000.000 \mu\text{F} \text{ (mikro Farad)}$$

$$1 \mu\text{F} = 1.000.000 \text{ pF} \text{ (piko Farad)}$$

$$1 \mu\text{F} = 1.000 \text{ nF} \text{ (nano Farad)}$$

$$1 \text{ nF} = 1.000 \text{ pF} \text{ (piko Farad)}$$

$$1 \text{ pF} = 1.000 \mu\mu\text{F} \text{ (mikro-mikro Farad)}$$

$$1 \mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$$

$$1 \text{ nF} = 10^{-9} \text{ F}$$

$$1 \text{ pF} = 10^{-12} \text{ F}$$

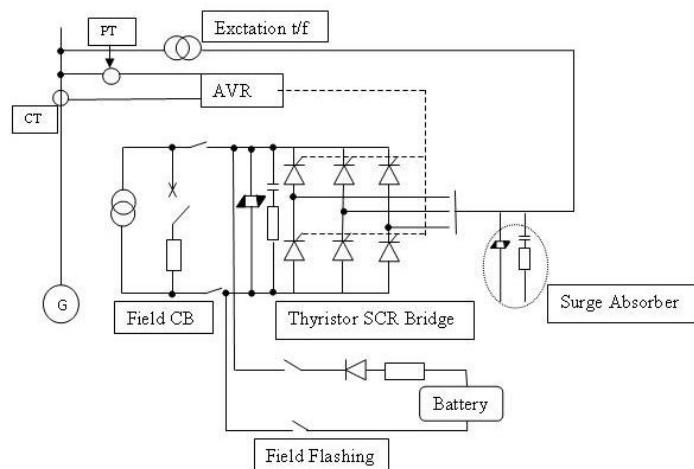


Konversi satuan penting diketahui untuk memudahkan membaca besaran sebuah kapasitor.

Misalnya $0.047\mu\text{F}$ dapat juga dibaca sebagai 47nF , atau contoh lain 0.1nF sama dengan 100pF .

d. *Auto Voltage Regulator (AVR)*

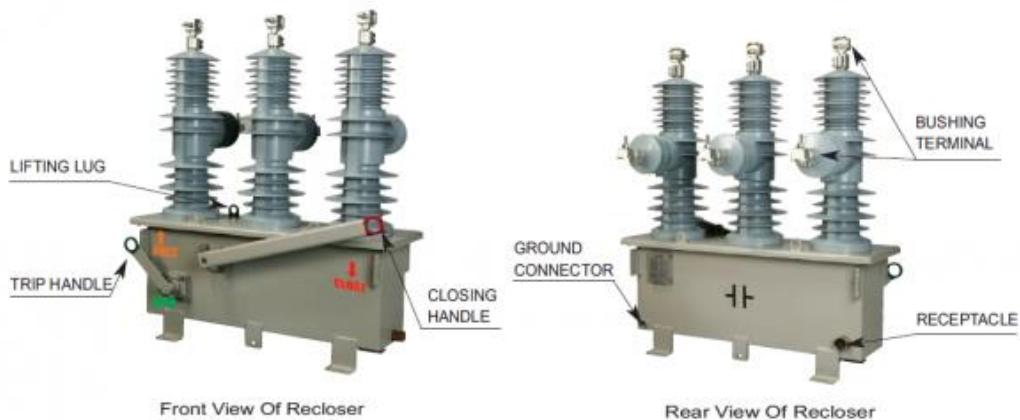
Auto Voltage Regulator (AVR) merupakan auto transformer yang berfungsi untuk mengatur/menaikkan tegangan secara otomatis. Rangkaian dari regulator ini terdiri dari auto transformer penaik tegangan.



Gambar 4. 12 Auto Voltage Regulator

e. *Recloser*

Berfungsi untuk memutuskan saluran secara otomatis ketika terjadi gangguan dan akan segera menutup kembali beberapa waktu kemudian sesuai dengan setting waktunya. Biasanya alat ini disetting untuk dua kali bekerja, yaitu dua kali pemutusan dan dua kali penyambungan. Apabila hingga kerja recloser yang kedua keadaan masih membuka dan menutup, berarti telah terjadi gangguan permanen.

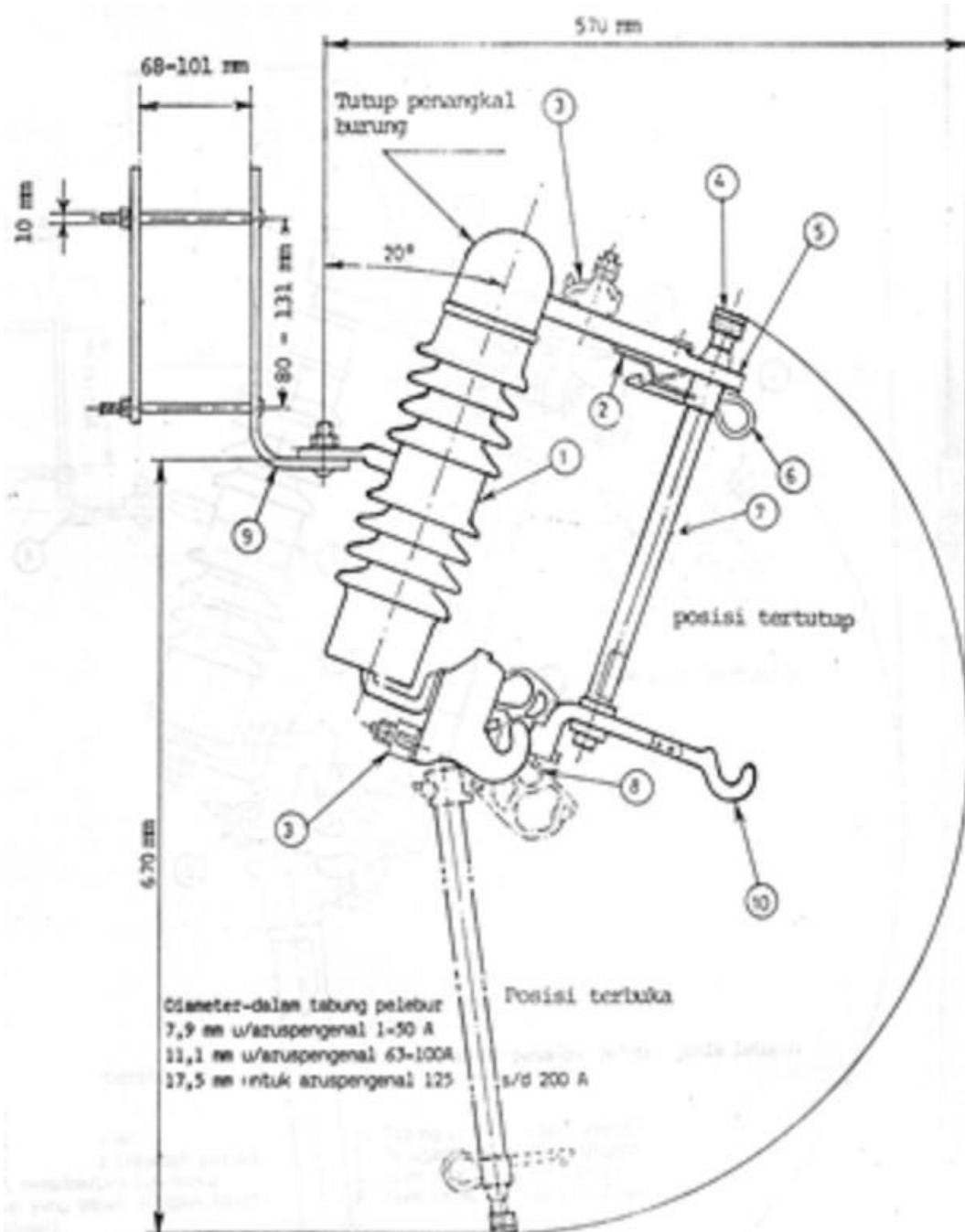


Gambar 4. 13 Recloser

f. *Fuse Cut Out (FCO)*

Fuse cut out (sekring) adalah suatu alat pengaman yang berfungsi untuk melindungi jaringan terhadap arus beban lebih (*overload current*) yang mengalir melebihi dari batas maksimum, yang disebabkan karena hubung singkat (*short circuit*) atau beban lebih (*overload*). FCO ini terdiri dari :

1. Rumah Fuse (*Fuse Support*)
2. Pemegang Fuse (*Fuse Holder*)
3. *Fuse Link*



Gambar 5C- Contoh pasangan pelebur jenis letupan

Keterangan:

- | | |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1. Isolator porselein | 6. Mata kait (dari Brons) |
| 2. Kontak (dari tembaga disepuh perak) | 7. Tabung pelebur (dari resin) |
| 3. Klem terminal (dari kuningan) | 8. Penggantung (dari baja tahan karat) |
| 4. Tubup yang dapat dilepas (dari kuningan) | 9. Klem pemegang dari baja |
| 5. Batang pemegang atas (dari baja) | 10. Lengan pemutus hubungan (dari baja) |

Gambar 4. 14 Fuse Cut Out

g. Pemutus Tenaga (PMT)

Berfungsi untuk memutuskan saluran secara keseluruhan pada tiap *output*. Pemutusan dapat terjadi karena adanya gangguan sehingga secara otomatis PMT akan membuka ataupun secara manual diputuskan karena adanya pemeliharaan jaringan.

h. Transformator

Suatu alat untuk memindahkan daya listrik arus bolak-balik dari suatu rangkaian ke rangkaian lainnya secara induksi elektromagnetik. Apabila kumparan primer dihubungkan dengan tegangan (sumber), maka akan mengalir arus bolak-balik I_1 pada kumparan tersebut karena kumparan mempunyai inti I_1 yang menimbulkan fluks magnit yang juga berubah-ubah pada intinya. Akibat adanya fluks magnit yang berubah-ubah, pada kumparan primer akan timbul GGL induksi E_p . Hal ini juga dialami oleh kumparan sekunder karena fluks bersama. Dengan demikian fluks tersebut menginduksi GGL Induksi e_s pada kumparan sekunder yang dapat dirumuskan:

$$e_p = -N_p \frac{d\phi}{dt} \text{ volt} \quad e_s = -N_s \frac{d\phi}{dt} \text{ volt}$$



dimana,

e_p = GGL induksi pada kumparan primer

e_s = GGL induksi pada kumparan sekunder

N_p = Jumlah lilitan kumparan primer

N_s = Jumlah lilitan kumparan sekunder

$d\phi$ = Perubahan garis-garis gaya magnit dalam satu weber

(1 weber = 10^8 maxwell)

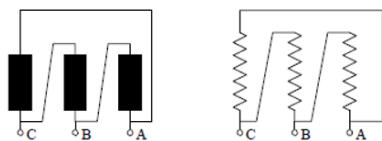
dt = Perubahan waktu dalam satuan detik

Transformator suatu komponen elektro yang berkerja untuk menaikan tegangan serta menurunkan tegangan dengan perinsip kerja gandengan elektromagnetik. Dalam sistem distribusi tenaga listrik transformator dapat dibagi berdasarkan sistem kerja menjadi dua macam yaitu:

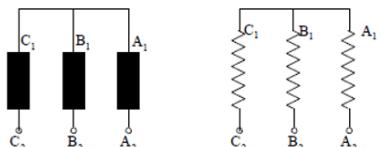
1. Transformator Step Up (11,6 KV menjadi 150 KV)
2. Transformator Down (150 KV menjadi 20 KV) dan (20 KV menjadi 380 / 220 Volt)

Sistem distribusi menggunakan jenis transformator step down untuk menghasilkan tegangan yang diinginkan. Berdasarkan jenis belitan transformator yang digunakan maka dalam sistem tenaga listrik terdapat dua macam jenis belitan antara lain:

1. Belitan bintang



2. Belitan delta



Gambar 4. 15 Transformator

i. Isolator

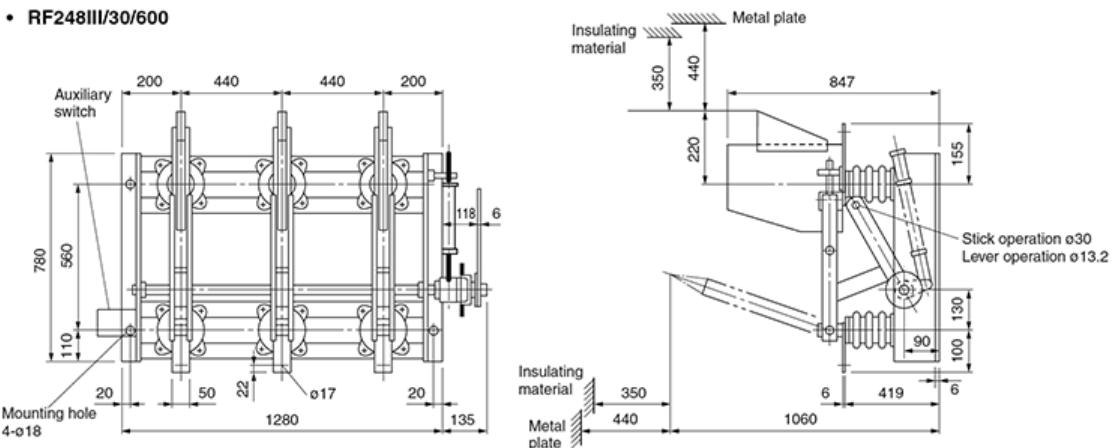
Berfungsi untuk melindungi kebocoran arus dari penghantar ke tiang maupun ke penghantar lainnya.



Gambar 4. 16 Isolator

j. Air Break Switch (ABSw)

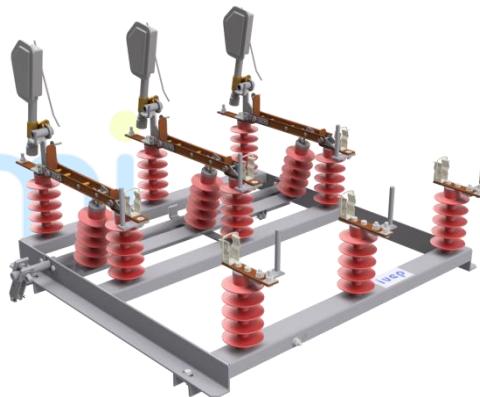
Air Break Switch (ABSw) adalah peralatan hubung yang berfungsi sebagai pemisah dan biasa dipasang pada jaringan luar. Biasanya medium kontaknya adalah udara yang dilengkapi dengan peredam busur api / interrupter berupa hembusan udara. ABSw juga dilengkapi dengan peredam busur api yang berfungsi untuk meredam busur api yang ditimbulkan pada saat membuka / melepas pisau ABSw yang dalam kondisi bertegangan. ABSw juga dilengkapi dengan isolator tumpu sebagai penopang pisau ABSw, pisau kontak sebagai kontak gerak yang berfungsi membuka / memutus dan menghubung / memasukan ABSw, serta stang ABSw yang berfungsi sebagai tangki penggerak pisau ABSw. Perawatan rutin yang dilakukan untuk ABSw karena sering dioperasikan, mengakibatkan pisau pisaunya menjadi aus dan terdapat celah ketika dimasukkan ke peredamnya/kontaknya. Celah ini yang mengakibatkan terjadi lonjakan bunga api yang dapat membuat ABSw terbakar.



Gambar 4. 17 Air Break Switch

k. *Load Break Switch (LBS)*

Load Break Switch (LBS) atau saklar pemutus beban adalah peralatan hubung yang digunakan sebagai pemisah ataupun pemutus tenaga dengan beban nominal. Proses pemutusan atau pelepasan jaringan dapat dilihat dengan mata telanjang. Saklar pemutus beban ini tidak dapat bekerja secara otomatis pada waktu terjadi gangguan, dibuka atau ditutup hanya untuk memanipulasi beban. Selain sebagai komponen pada jaringan distribusi LBS ini juga berfungsi sebagai sistem proteksi pada jaringan distribusi listrik.



Gambar 4. 18 Load Break Switch

4.5. Gardu Distribusi

Gardu Induk merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari saluran transmisi dan distribusi listrik. Dimana pada suatu sistem tenaga yang dipusatkan pada suatu tempat yang bagianya berisi saluran transmisi dan distribusi. Serta perlengkapan hubung bagi, transformator, dan peralatan pengaman dan peralatan kontrol. Fungsi utama dari gardu induk :

- Untuk mengatur aliran daya listrik dari saluran transmisi ke saluran transmisi lainnya yang kemudian didistribusikan ke konsumen.

- b. Sebagai tempat kontrol.
- c. Sebagai pengaman operasi sistem.
- d. Sebagai tempat untuk menurunkan tegangan transmisi menjadi tegangan distribusi.

Gardu Distribusi berfungsi merubah tegangan listrik dari jaringan distribusi primer menjadi tegangan terpakai yang digunakan untuk konsumen dan disebut sebagai jaringan distribusi sekunder. Kapasitas transformator yang digunakan pada Gardu Pembagi ini tergantung pada jumlah beban yang akan dilayani dan luas daerah pelayanan beban. Bisa berupa transformator satu fasa dan bisa juga berupa transformator tiga fasa.

Prosedur uji laik instalasi gardu; Sebelum dioperasikan instalasi gardu distribusi harus dilakukan uji laik yang meliputi:

a. Uji verifikasi rencana

- 1. Meneliti kesesuaian hasil pelaksanaan dengan rancangan bahan referensi adalah persyaratan persyaratan teknis pada rancangan surat perintah kerja.
- 2. Meneliti kesesuaian spesifikasi teknis dengan material yang terpasang.

b. Uji fisik hasil pelaksanaan

- 1. Meneliti apakah hasil pelaksanaan telah memenuhi persyaratan fisik hasil pekerjaan (kokoh, tidak goyang) tekukan, belokan kabel dan lain-lain.
- 2. Meneliti mekanisme kerja peralatan.
- 3. Meneliti kebenaran pengkabelan, pengawatan instalasi listrik.
- 4. Meneliti kekencangan ikatan-ikatan mur, baut, konektor dan lain-lain.
- 5. Meniliti kabel-kabel instalasi tidak menahan beban mekanik selain beban sendiri.
- 6. Meneliti pengkabelan (wiring) instalasi kontrol.

c. Uji Ketahanan Isolasi

- 1. Melakukan uji ketahanan isolasi dengan alat *megger* pada tiap antar fasa dan fasa tanah (referensi PUIL 1 volt = 1 kilo ohm) pada sisi TM dan TR.
- 2. Uji dilakukan juga pada transformator.

d. Uji ketahanan Impulse

Melakukan uji withstand test 50 kJ per 1 menit.

e. Uji Power Frekuensi

Melakukan uji tegangan 24 kV selama 15 menit.

f. Uji alat proteksi

1. Uji fisik pengaman lebur dengan multi meter.
2. Uji Rak proteksi (jika ada)

g. Uji alat-alat kontrol

Setelah dioperasikan uji unjuk kerja alat-alat kontrol (lampu, *voltmeter*, ampere meter):

Hasil uji laik didokumenkan untuk izin operasional.

h. Instalasi untuk pelanggan tegangan menengah, hanya ditambah:

1. Satu sel kubikel transformator tegangan
2. Satu sel kubikel sambungan pelanggan dengan fasilitas:
3. Circuit breaker yang bekerja etas dater batas arus nominal. Daya tersambung pelanggan.
4. Transformator arus.
5. Satu sel kubikel untuk sambungan kabel milik pelanggan.
6. Satu set alat ukur (KWH meter, KVARTH meter).
7. Satu set relai pembatas beban.

i. Spesifikasi teknis dan ketentuan instalasinya sama dengan ketentuan instalasi sel kubikel lain.

j. Uji operasional dilaksanakan dengan tambahan, uji untuk kerja circuit breaker dan relai pembatas pelanggan.

Gardu listrik pada dasarnya adalah rangkaian dari suatu perlengkapan hubung bagi :

- a. PHB tegangan menengah
- b. PHB tegangan rendah

Masing-masing dilengkapi gawai-gawai kendali dengan komponen proteksinya. Jenis-jenis gardu listrik atau gardu distribusi didesain berdasarkan maksud dan tujuan penggunaannya sesuai dengan peraturan Pemda setempat, yaitu:

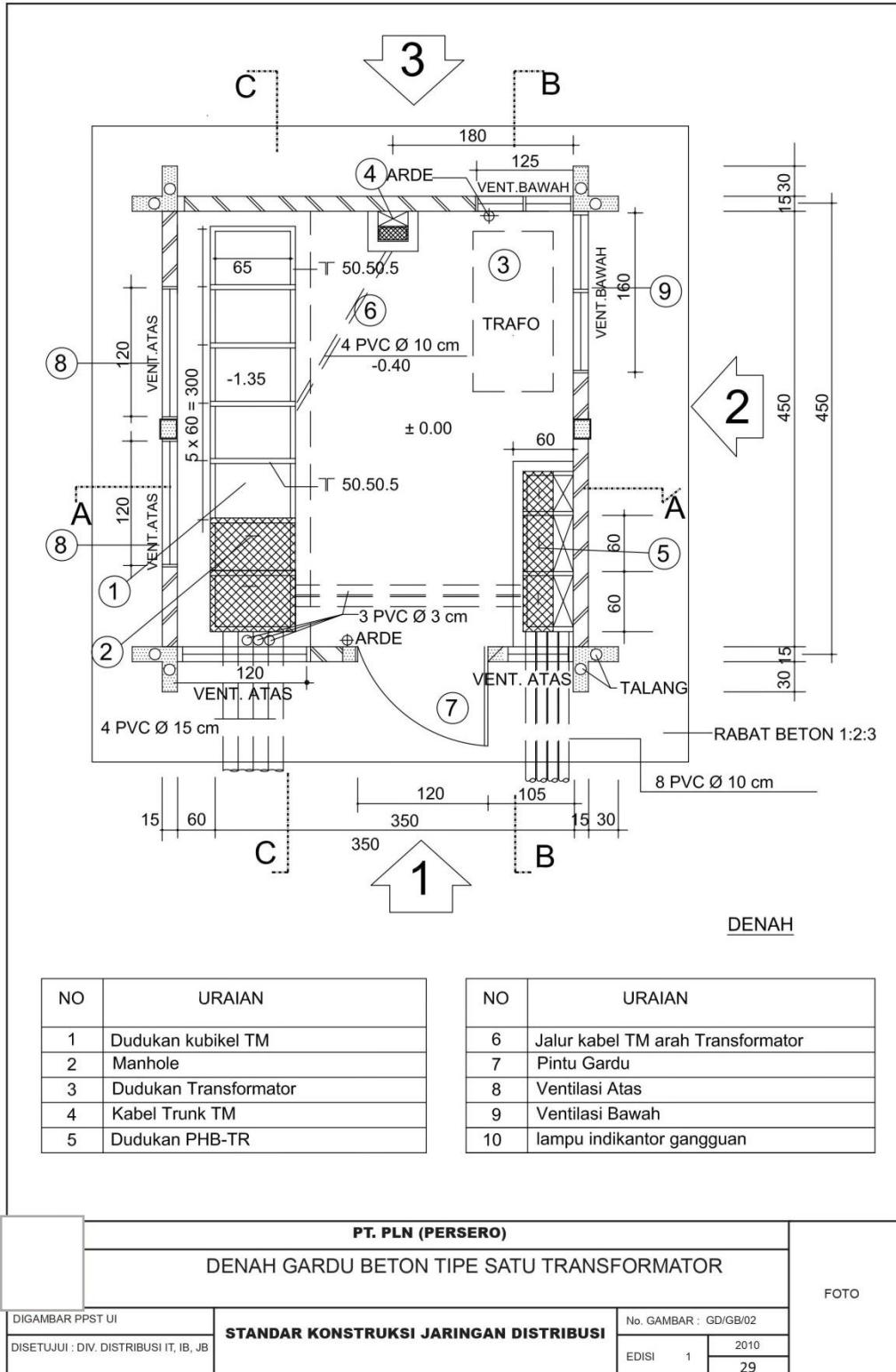
- a. Gardu Distribusi konstruksi beton (Gardu Beton)

Yaitu gardu distribusi yang bangunannya pelindungnya terbuat dari beton (campuran pasir, batu dan semen). Gardu beton termasuk gardu jenis pasangan dalam, karena pada umumnya semua peralatan penghubung/pemutus, pemisah dan trafo distribusi terletak di dalam bangunan

beton. Dalam pembangunannya semua peralatan tersebut di desain dan diinstalasi di lokasi sesuai dengan ukuran bangunan gardu.

Ketentuan teknis komponen gardu beton, komponen tegangan menengah (contoh rujukan PHB tegangan menengah), yaitu :

- 1) Tegangan perencanaan 25 kV;
- 2) *Power frekuensi withstand voltage* 50 kV untuk 1 menit;
- 3) *Impulse withstand voltage* 125 kV;
- 4) Arus nominal 400A;
- 5) Arus nominal transformator 50A;
- 6) Arus hubung singkat dalam 1 detik 12,5 kA;
- 7) *Short circuit making current* 31,5 kA. Komponen tegangan rendah (contoh rujukan PHB tegangan rendah), yaitu;
 - a) Tegangan perencanaan 414 Volt (fasa-fasa);
 - b) Power frekuensi *withstand* 3 kV untuk 1 menit test fasa-fasa;
 - c) *Impulse withstand voltage* 20 kV;
 - d) Arus perencanaan rel/busbar 800 A, 1.200 A, 1.800 A;
 - e) Arus perencanaan sirkuit keluar 400A;
 - f) Test ketahanan tegangan rendah.



Gambar 4. 19 Konstruksi Gardu Beton

a. Gardu Distribusi Konstruksi *Metal Clad* (Gardu besi)

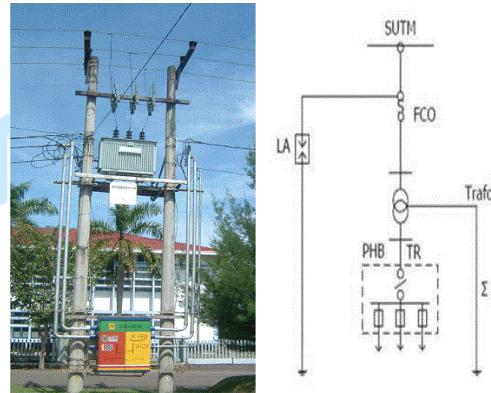
Yaitu gardu distribusi yang bangunan pelindungnya terbuat dari besi. Gardu besi termasuk gardu jenis pasangan dalam, karena pada umumnya semua peralatan penghubung/pemutus, pemisah dan trafo distribusi terletak di dalam bangunan besi. Semua peralatan tersebut sudah di instalasi di dalam bangunan besi, sehingga dalam pembangunannya pelaksana pekerjaan tinggal menyiapkan pondasinya saja.



Gambar 4. 20 Gardu Besi

b. Gardu Distribusi Tipe Tiang Portal

Gardu Tiang, yaitu gardu distribusi yang bangunan pelindungnya/penyangganya terbuat dari tiang. Dalam hal ini trafo distribusi terletak di bagian atas tiang. Karena trafo distribusi terletak pada bagian atas tiang, maka gardu tiang hanya dapat melayani daya listrik terbatas, mengingat berat trafo yang relatif tinggi, sehingga tidak mungkin menempatkan trafo berkapasitas besar di bagian atas tiang (± 5 meter di atas tanah). Untuk gardu tiang dengan trafo satu fasa kapasitas yang ada maksimum 50 KVA, sedang gardu tiang dengan trafo tiga fasa kapasitas maksimum 160 KVA (200 kVA). Trafo tiga fasa untuk gardu tiang ada dua macam, yaitu trafo 1x3 fasa dan trafo 3x1 fasa.



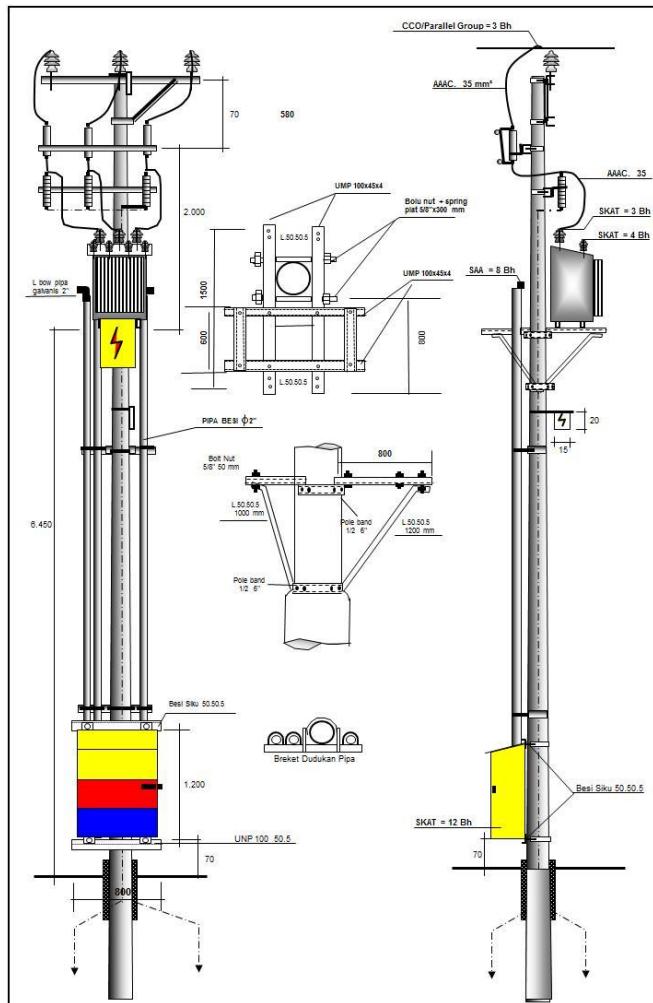
Gambar 4. 21 Gardu Tipe Tiang Portal

c. Gardu Distribusi Tipe Tiang Cantol (Gardu Tiang);

Gardu cantol adalah tipe gardu listrik dengan transformator yang dicantolkan pada tiang listrik besarnya kekuatan tiang minimal 500 daN. Instalasi gardu dapat berupa :

- 1) 1 *Cut out fused*.

- 2) 1 Lighting arrester.
- 3) 1 Panel PHB tegangan rendah dengan 2 jurusan atau transfor
- 4) Motor completely selfprotected (CSP - Transformator)



Gambar 4. 22 Diagram Tipe Tiang Cantol

d. Gardu Distribusi Mobil (Gardu Mobil)

Yaitu gardu distribusi yang bangunannya berupa sebuah mobil (diletakkan diatas mobil), sehingga bisa dipindah-pindah sesuai dengan tempat yang membutuhkan. Oleh karenanya gardu mobil ini pada umumnya untuk pemakaian sementara (darurat), yaitu untuk mengatasi kebutuhan daya yang sifatnya temporer. Secara umum ada dua jenis gardu mobil, yaitu pertama gardu mobil jenis pasangan dalam (mobil box) dimana semua peralatan gardu berada di dalam bangunan besi yang mirip dengan gardu besi. Kedua, gardu mobil jenis pasangan luar, yaitu gardu yang berada diatas mobil trailer, sehingga bentuk fisiknya lebih panjang dan semua peralatan penghubung/pemutus, pemisah dan trafo distribusi tampak dari luar.



Gambar 4. 23 Gardu Mobil

4.6. Sistem Proteksi Jaringan Distribusi

Sistem pengamanan yang dilakukan terhadap peralatan-peralatan listrik, yang terpasang pada sistem tenaga listrik tersebut. Misalnya Generator, Transformator, Jaringan transmisi / distribusi dan lain-lain terhadap kondisi operasi abnormal dari sistem itu sendiri. Yang dimaksud dengan kondisi abnormal tersebut antara lain dapat berupa :

- 1) hubung singkat.
- 2) tegangan lebih/kurang.
- 3) beban lebih.
- 4) frekuensi sistem turun/naik, dan lain-lain.

Ada tiga fungsi proteksi, yaitu untuk:

- 1) Mencegah atau membatasi kerusakan pada jaringan beserta peralatannya.
- 2) Menjaga keselamatan umum akibat gangguan listrik.
- 3) Meningkatkan kelangsungan atau kontinyuitas pelayanan kepada pelanggan.

Sistem proteksi yang terdapat pada jaringan distribusi antara lain :

A. *Relay*

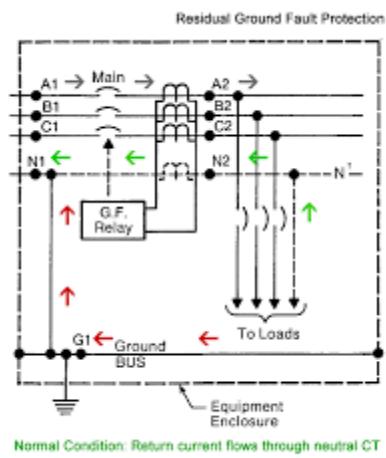
Relay merupakan alat yang bekerja secara otomatis untuk mengamankan suatu peralatan listrik saat terjadi gangguan, menghindari atau mengurangi terjadinya kerusakan peralatan akibat gangguan. Syarat-syarat agar peralatan relay pengaman dapat dikatakan bekerja dengan baik dan benar adalah :

1. Cepat bereaksi
2. Selektif
3. Sensitif
4. *Reliability / Andal*
5. Sederhana
6. Murah

Relai yang digunakan pada jaringan distribusi, yaitu :

1. Relai Gangguan Tanah (*Ground Fault Relay*)

Relai gangguan tanah adalah suatu relai yang akan bekerja berdasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi suatu nilai setting pengaman tertentu dan dalam jangka waktu tertentu bekerja apabila terjadi gangguan hubung singkat fasa ke tanah. Relai arus gangguan tanah (*Ground Fault Relay*) merupakan pengaman utama terhadap gangguan hubung singkat fasa ke tanah untuk sistem yang ditanahkan langsung atau melalui tahanan rendah.



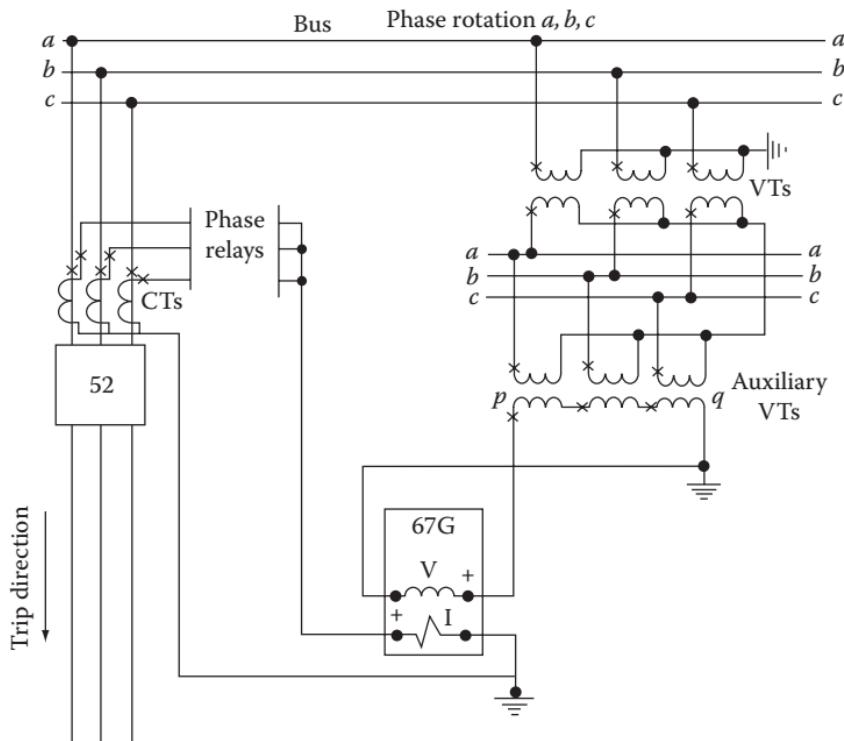
Gambar 4. 24 Ground Fault Relay

2. Relai Gangguan Tanah Berarah (*Directional Ground Fault Relay*)

Relai gangguan tanah berarah dipasang pada penyulang 20 kV sebagai pengaman utama untuk mengamankan gangguan 1 phasa ke tanah. Relai ini bekerja berdasarkan dua besaran. Yaitu arus I_o (dari ZCT yang baru memang baru muncul kalau ada gangguan tanah) dan V_o (dari PT) *Open Delta* yang menghasilkan suatu sudut dan arah tertentu. Bila salah satu komponen tidak terpenuhi maka relai tidak akan bekerja. Jika relai arus gangguan tanah ditanahkan langsung atau

melalui tahanan rendah maka Relai ganguan tanah berarah ditanahkan melalui tahanan tinggi. Relai ini berfungsi untuk mengamankan peralatan listrik akibat adanya gangguan phasa-phasa maupun phasa ke tanah. Relai ini mempunyai 2 buah parameter ukur yaitu tegangan dan arus yang masuk ke dalam relai untuk membedakan arah arus ke depan atau arah arus ke belakang.

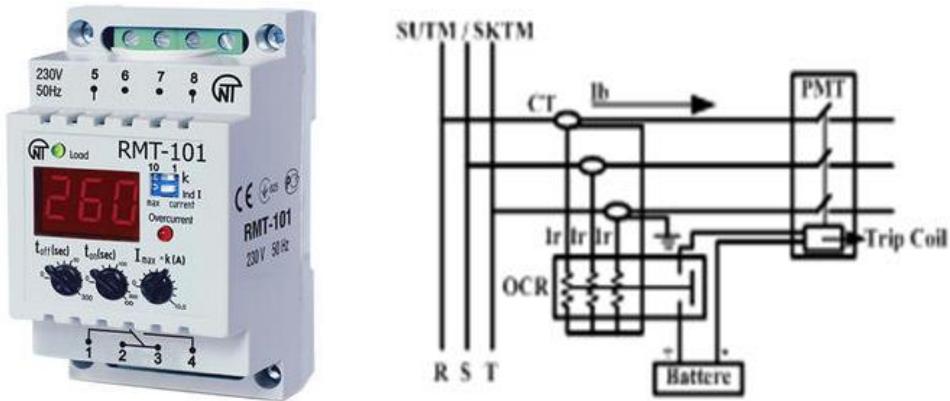
Protective Relaying: Principles and Applications



Gambar 4. 25 Directional Ground Fault Relay

3. Relai Arus Lebih (*Over Current Relay*)

Relai arus lebih adalah relai yang bekerja terhadap arus lebih, ia akan bekerja bila arus yang mengalir melebihi nilai yang telah ditentukan atau settingnya. Pada dasarnya relai arus lebih adalah suatu alat yang mendeteksi besaran arus yang melalui suatu jaringan dengan bantuan trafo arus. besaran arus yang boleh melewatkinya disebut dengan setting.



Gambar 4. 26 Over Current Relay

B. Pemutus Balik Otomatis (PBO)

PBO Penutup balik otomatis (*automatic circuit recloser*) digunakan sebagai pelengkap untuk pengaman terhadap gangguan temporer dan membatasi luas daerah yang padam akibat gangguan. PBO akan memisahkan daerah gangguan sesaat sampai gangguan tersebut akan dianggap hilang, dengan demikian *recloser* akan masuk kembali sesuai settingannya sehingga jaringan akan aktif kembali secara otomatis. Penutup balik otomatis (PBO, *automatic circuit recloser*) digunakan sebagai pelengkap untuk pengaman terhadap gangguan temporer dan membatasi luas daerah yang padam akibat gangguan. PBO menurut media peredam busur apinya dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu: Media minyak, *vacuum*, SF6.

Urutan operasi PBO:

- Pada saat terjadi gangguan, arus yang mengalir melalui PBO sangat besar sehingga menyebabkan kontak PBO terbuka (*trip*) dalam operasi cepat (*fast trip*).
- Kontak PBO akan menutup kembali setelah melewati waktu reclose sesuai setting. Tujuan memberi selang waktu ini adalah untuk memberikan waktu pada penyebab gangguan agar hilang, terutama gangguan yang bersifat temporer.

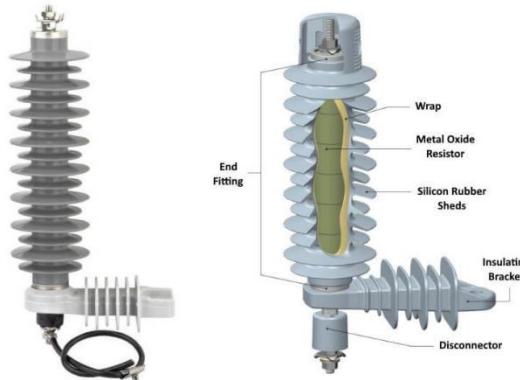


Gambar 4. 27 Pemutus Balik Otomatis

- c. Jika gangguan bersifat permanen, PBO akan membuka dan menutup balik sesuai dengan settingnya dan akan *lock-out* (terkunci).
- d. Setelah gangguan dihilangkan oleh petugas, baru PBO dapat dimasukkan ke sistem.

C. Arrester

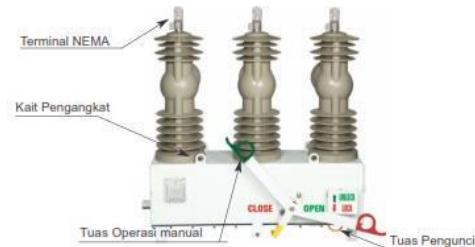
Arrester atau *Lightning Arrester* adalah suatu alat pelindung bagi peralatan sistem tenaga listrik terhadap surja atau petir dengan cara membatasi surja tegangan lebih yang datang dan mengalirkannya ke tanah. Sesuai dengan fungsinya itu maka arrester harus dapat menahan tegangan sistem pada frekuensi 50 Hz untuk waktu yang terbatas dan harus dapat melewatkannya arus ke tanah tanpa mengalami kerusakan pada *arrester* itu sendiri. Pada prinsipnya *arrester* membentuk jalur yang mudah dilalui oleh petir, sehingga tidak timbul tegangan lebih yang tinggi pada peralatan. Pada kondisi normal arrester berlaku sebagai isolasi tetapi bila timbul surja *arrester* berlaku sebagai konduktor yang berfungsi melewatkannya arus yang tinggi ke tanah. Setelah arus hilang, *arrester* harus dengan cepat kembali menjadi isolator.



Gambar 4. 28 Arrester

D. Saklar Seksi Otomatis (SSO)

SSO (Saklar Seksi Otomatis) atau *Auto Sectionalizer* adalah saklar yang dilengkapi dengan kontrol elektronik/ mekanik yang digunakan sebagai pengaman seksi Jaringan Tegangan Menengah. SSO sebagai alat pemutus rangkaian/beban untuk mengurangi luas daerah yang padam karena gangguan. Apabila SSO tidak dikoordinasikan dengan PBO, SSO hanya akan berfungsi sebagai saklar biasa. Ada dua jenis SSO yaitu : dengan pengindera arus yang disebut *Automatic Sectionalizer* dan pengindera tegangan yang disebut *Automatic Vacum Switch* (AVS).



Gambar 4. 29 Saklar Seksi Otomatis

4.6.1. Pemilihan Pengaman Arus Lebih

Pemilihan pengaman arus lebih untuk pengamanan sistem 20 kV disesuaikan dengan pola pengaman sistem SPLN 52-3:1983 berdasarkan sistem pentanahan netral

- a. Sistem distribusi 20 kV tiga fasa, tiga kawat dengan pentanahan netral melalui tahanan tinggi.
- b. Sistem distribusi 20 kV tiga fasa, empat kawat dengan pentanahan langsung.
- c. Sistem distribusi 20 kV tiga fasa, tiga kawat dengan pentanahan netral melalui tahanan rendah.

4.6.2. Panel Hubung Bagi (PHB)

Panel Hubung Bagi (PHB) adalah panel berbentuk almari (*cubicle*), yang dapat dibedakan sebagai:

- a. Panel Utama/MDP : *Main Distribution Panel*
- b. Panel Cabang/SDP : *Sub-Distribution Panel*
- c. Panel Beban/SSDP : *Subsub-Distribution Panel*

Untuk PHB sistem tegangan rendah, hantaran utamanya merupakan kabel feeder dan biasanya menggunakan NYFGBY. Di dalam panel biasanya busbar/rel dibagi menjadi dua segmen yang saling berhubungan dengan saklar pemisah, yang satu mendapat saluran masuk dari APP (pengusaha ketenagalistrikan) dan satunya lagi dari sumber listrik sendiri (genset). Dari kedua busbar didistribusikan ke beban secara langsung atau melalui SDP dan atau SSDP. Tujuan busbar dibagi menjadi dua segmen ini adalah jika sumber listrik dari PLN mati akibat gangguan ataupun karena pemeliharaan, maka suplai ke beban tidak akan terganggu dengan adanya sumber listrik sendiri (genset) sebagai cadangan.

Peralatan pengaman arus listrik untuk penghubung dan pemutus terdiri dari: CB (*Circuit Breaker*), MCB (*Miniatur Circuit Breaker*), MCCB (*Mold Case Circuit Breaker*), NFB (*No Fuse Circuit Breaker*), ACB (*Air Circuit Breaker*), OCB (*Oil Circuit Breaker*), VCB (*Vacuum Circuit*



Gambar 4. 30 Panel Hubung Bagi

Breaker), SF6CB (Sulfur Circuit Breaker), Sekering dan pemisah, Switch dan DS (Disconnecting Switch).

Peralatan tambahan dalam PHB antara lain:

- a. *Relay proteksi*
- b. Trafo tegangan
- c. Trafo arus.

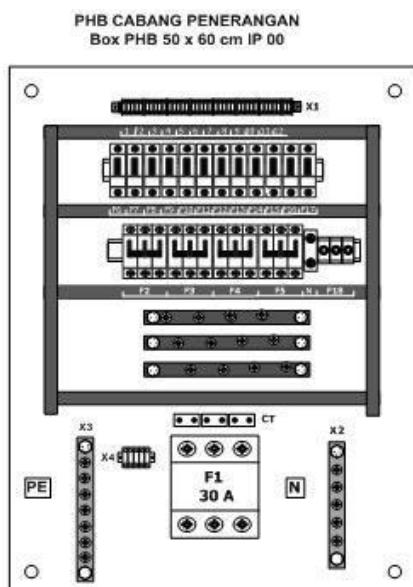
Alat-alat listrik:

- a. Amperemeter
- b. *Voltmeter*
- c. Frekuensi meter
- d. Cos meter
- e. Lampu Indikator, dll.

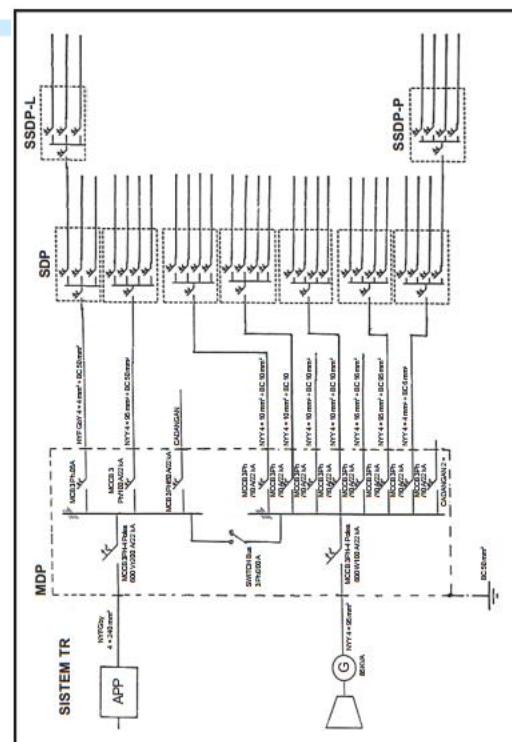
4.6.3. Langkah-langkah Kerja Pengoperasian PHB-TR:

- 1) Petugas Pelaksana Menerima PK dari Asman Distrbusi untuk melakukan pengoperasian Peralatan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB – TR) baru.
- 2) Siapkan Alat Kerja, Alat Ukur, Alat K-3. Material Kerja dan Alat Bantu sesuai dengan kebutuhan.
- 3) Setelah Petugas sampai di Lokasi gunakan Alat K-3 dan selanjutnya lapor ke Posko, petugas akan mengoperasikan PHB - TR baru.
- 4) Periksa konstruksi PHB – TR baru meliputi :
 - Buka tutup Saklar Utama
 - Lampu kerja dan Lampu Test
 - *Isolator Fuse Holder* - Konduktor pentahanan (arde)
 - Kekencangan Baut - Rating NH *Fuse* sesuai dengan kapasitas Trafo Terpasang
- 5) Berikan pelembab pada Pisau Saklar Utama dan *Fuse Holder*.
- 6) Lakukan pengukuran tahanan isolasi antar arel dan antara Rel dengan Body serta tahanan pembumian dan dicatat dalam Formulir Berita Acara (BA).

- 7) Bersihkan Rel. Dudukan *Fuse Holder*, Pisau Saklar Utama (*Hefboom* Saklar). Sepatu Kabel dari kotoran/korosi. Dan bersihkan ruangan dalam panel hubung bagi.
- 8) Periksa kekencangan peningkatan mur/baut pada Saklar Utama Sepatu Kabel, Rel, *Fuse Holder*, kondisi isolator binnen dan Sistem pembumian.
- 9) Lakukan pemeriksaan hasil pekerjaan secara visual dan amankan seluruh peralatan kerja.
- 10) Lapor ke posko bahwa kondisi PHB – TR dan Petugas dalam keadaan aman dan selanjutnya meminta tegangan dimasukkan (pemasukan CO gardu dilaksanakan oleh petugas operasi SUTM).
- 11) Setelah menerima ijin pemasukan tegangan dari posko masukan CUT OUT (CO). 12. Lakukan penukaran tegangan pada sisi masuk saklar utama dan amati putaran fasa dan selanjutnya catat dalam formulir BA. 13. Masukkan saklar utama (*Hefbom* Saklar). 14. Masukkan NH *Fuse* masing-masing jurusan. 15. Lapor ke posko, bahwa pekerjaan pengoperasian PHB – TR baru telah selesai dan petugas akan meninggalkan lokasi pekerjaan. 16. Lepaskan Alat K-3 yang sudah tidak dipergunakan lagi. 17. Buat laporan dan berita acara pelaksanaan pekerjaan pengoperasian PHB – TR baru. 18. Buat laporan pekerjaan pengoperasian PHB – TR baru dan berita acara diserahkan kepada Asman Distribusi.



Gambar 4. 31 Box PHB



Gambar 4. 32 Sistem Tegangan Rendah (TR)

4.7. Dasar-Dasar Perencanaan Jaringan Distribusi

4.7.1. Kriteria Teknik Saluran Listrik

Semua material, peralatan, perakitan dan struktur harus disesuaikan dengan kriteria teknik yang terurai di bawah ini:

a. Kriteria

1) Tekanan angin

Dengan mengacu kecepatan angin maksimum 80 km/jam atau 25 m/detik, temperatur minimum 26,8°C, maka diasumsikan tekanan adalah:

Konduktor tunggal : 40 kg/m²

Tiang : 40 kg/m²

2) Tegangan sistem

SUTM : Nominal 20kV, maksimum 24 kV, 3 kawat

SUTR : Nominal 380V / 220 V, 4 kawat

3) Tingkat isolasi tegangan menengah

Impulse withstand voltage : 125 kV

Power frequency test voltage : 50 kV

4) Regulasi tegangan

Pada sisi konsumen + 5% - 10%

5) Jatuh tegangan

Pada SUTM 5%, Trafo 3%, SUTR 4% dan pada SR yang disadap dari SUTR 2%, bila disadap langsung dari trafo 12%.

6) Pentahanan titik

Netral pada sistem 20 kV Dengan tahanan 500 Ohm.

7) Jarak bebas

Batasan jarak bebas jaringan adalah:	SUTM	SUTR
Dari permukaan tanah	6.0 m	4,0 m
Menyilang jaringan 20 kV	2.0 m	2,0 m
Menyilang jaringan 220 V	1.0 m	1,0 m
Dengan bangunan	3.0 m	2,0 m
Dengan pohon	2.0 m	0,3 m

8) Pentahanan pada SUTM

- Sebagai kelengkapan dari pemasangan *Arrester*, Trafo, LBS, *Recloser*, AVS dan pada ujung jaringan.
- 9) Pentahanan pada SUTR
Dipasang pada setiap 5 gawang atau lebih, dan pada ujung jaringan. Besarnya tahanan pentahanan maksimum 5 Ohm.

b. Standar

Pada perencanaan konstruksi standar yang dipakai sejauh tidak bertentangan adalah:

- 1) Standar untuk material dan peralatan : SPLN (standar PLN), IEC (*International Electronical Commision*), JIS (*Japanese Industrial Standard*), ANSI (*American National Standard Institute*) dan standar lain yang setara.
- 2) Pemberian warna penandaan kawat dan kabel : merah-kuninghitam untuk fasa, dan biru untuk netral.
- 3) Fasa rotasi SUTM dari sisi jalan : R-S-T.



4.7.2. Perencanaan Konstruksi

a. Tingkat isolasi

Tingkat isolasi yang dipakai adalah:

Impulse withstand test voltage : 125 kV Crest

Power Frequency test voltage : 50 kV rms

Isolator crepage distance : 500 mm

Tegangan test tersebut sesuai dengan SPLN, selain itu untuk daerah kepulauan dan pantai yang diperhitungkan akan terjadi kontaminasi garam, maka dipakai isolator dengan crepage distance 500 mm.

b. Pelindung Surja petir

- 1) Pelepasan arus petir secara umum dibedakan dalam pelepasan di dalam antara awan” serta pelepasan dari awan ke tanah yang disebut sambaran ke tanah”. Kerusakan instalasi listrik disebabkan oleh sambaran ketanah dimaksud.
- 2) Berdasarkan map isokeraunic level, dengan asumsi 120 IKL, maka *arrester* pelindung surja petir yang dapat diklasifikasikan:

- a) Pada *Out Going cable* 20 kV : rating 10 kA
- b) Pada bagian lain : rating 5 kA

Yang dimaksud bagian lain adalah, pada Trafo, pada tiang yang terpasang kabel tanah, pada pemasangan saklar dan tiang akhir.

c. Konfigurasi Saluran

Sebagaimana dipaparkan pada bab ini, konfigurasi jaringan yang paling sesuai adalah :

- 1) Jaringan distribusi primer:
 - a) Saluran udara 3 kawat / 3 fasa.
 - b) Tipe Radial.
 - c) Saklar untuk mengisolasi gangguan: LBS, *Recloser*, untuk *Sectionalizer*
- 2) Jaringan distribusi sekunder:
 - a) Saluran udara 4 kawat / 3 fasa.
 - b) Saluran udara 2 kawat / 1 fasa.
 - c) Tipe Radial.
 - d) Pengaman dengan *Fuse* atau Saklar Pemutus.



d. Konduktor dan Kabel

1) Kapasitas Arus

Jenis konduktor untuk SUTM dipakai AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*), suatu campuran aluminium dengan silicium (0,40,7%), magnesium (0,3-0,35%) dan ferum (0,2-0,3%), mempunyai kekuatan yang lebih besar daripada aluminium murni, tetapi kapasitas arusnya lebih rendah. Untuk SUTR dipakai kabel pilin udara (*twisted cable*) suatu kabel dengan inti AAC berisolasi XLPE (*Cross Linked polythylene*), dilengkapi kawat netral AAC sebagai penggantung, dan dipilin. Kapasitas arus adalah kemampuan daya hantar arus pada ambient temperatur 35°C, kecepatan angin 0,5 m/dt, serta daya tahan termal XLPE pada suhu 450°C.

Temperatur (°C)	Daya hantar arus (Ampere)				
	AAAC		XLPE cable		
	35 mm ²	70 mm ²	150 mm ²	35 mm ²	70mm ²
90	156	244	402	129	210
75	129	199	323	106	171
60	92	138	214	74	116

Gambar 4. 33 Daya Hantar Arus AAAC & XLPE cable TR

2) Pemilihan Ukuran

Konduktor AAAC ukuran yang tersedia yaitu; 16, 25, 35, 50, 70, 110, 150 dan 240 mm², sedangkan untuk *Twisted Cable* tersedia usuran; 3x25, 1x25; 3x35 + 1x25; 3x50 + 1x35; dan 3x70 + 1x50; 2x25 + 1x25; 2x35 + 1x25; 2x50 + 1x35; mm²

3) Pemasangan Saluran Udara

Konduktor harus ditarik tidak terlalu kencang dan juga tidak boleh terlalu kendor, agar konduktor tidak menderita kerusakan mekanis maupun kelelahan akibat tarikan dan ayunan, dilain pihak dicapai penghematan pemakaian konduktor. Sebagaimana diketahui bahwa harga konduktor berkisar 40% dari harga perkilometer jaringan.

Batasan-batasannya sebagai berikut:

- Tarikan AAAC yang diijinkan maksimum 30% dari tegangan putus (*Ultimate tensile strength*).
- Tarikan *Twisted cable* (TC) yang diijinkan maksimum 35% dari tegangan putus dari kawat penggantung.
- Andongan yang terjadi pada SUTM dengan jarak gawang 60-80 meter, dan pada SUTR dengan jarak gawang 35-50 meter, tidak boleh lebih dari 1 meter.
- Andongan

Menghitung andongan juga dapat dipakai rumus :

$$a = Wc \cdot S^2 / (Pt)$$

dimana:

- a : andongan (m)
- Wc : berat konduktor
- S : Jarak gawang (m)
- Pt : Kuat tarik konduktor (kg)

f. Jarak Gawang

Penentuan jarak gawang dipengaruhi oleh:

- (a) Kondisi geografis dan lingkungan
- (b) Jarak aman konduktor dengan tanah
- (c) Perhitungan tarikan dan andongan
- (d) Efisiensi biaya Mengingat hal itu maka penentuan jarak gawang adalah: Daerah permukiman : jarak gawang SUTM murni, sebesar 50-60 meter, jarak gawang SUTR murni sebesar 40-50 meter.

Di luar permukiman : jarak gawang SUTM murni sebesar 60-80 meter.



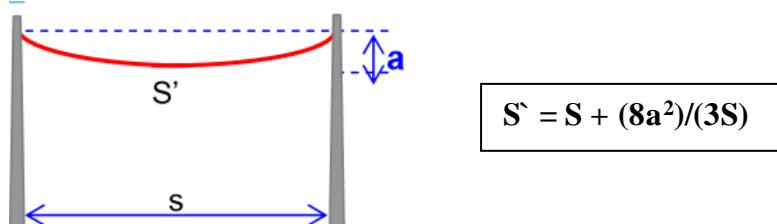
g. Perhitungan Panjang Konduktor

Dengan mendasarkan penentuan dan perhitungan tersebut diatas, maka jarak gawang adalah:

AAAC : panjang konduktor = jarak gawang + 1%

TC : panjang konduktor = jarak gawang + 2%

Perhitungan ini diperoleh dengan cara dan rumus sebagai berikut:



h. Transformator

Pemilihan tipe dan kapasitas.

- (a) Tipe transformator dapat dipakai:

- 1) Konvensional tiga fasa.

- 2) CSP (*completely selfprotection*), tiga fasa.
 - 3) Tegangan primer 20 kV antar fasa dan 11,54 kV fasa netral, tegangan sekunder 380 V antara fasa dan 220 V fasa-netral.
 - 4) Model cantol, yaitu dicantolkan/digantungkan pada tiang SUTM.
- (b) Kapasitas trafo tiga fasa.
Secara umum mulai dari : 25, 50, 100, 160, 200, 250 kVA.
- i. Papan bagi dan perlengkapan
- (a) Papan Bagi
- 1) Pada trafo CSP fasa tiga tidak diperlukan papan bagi, SUTR langsung dihubungkan dengan terminal TR dari Trafo. Hal ini dimungkinkan karena pada CSP trafo sudah dilengkapi dengan saklar pengaman arus lebih.
 - 2) Tidak demikian halnya pada konvensional trafo, diperlukan pengaman arus lebih tegangan rendah berupa fuse/pengaman lebur, atau pemutus tegangan rendah (LVCB/*low voltage circuit breaker*) sehingga diperlukan almari *fuse*, sekaligus sebagai papan bagi untuk keluaran lebih dari satu penyulang.
 - 3) Menyesuaikan dengan penyebaran konsumen, dapat dipilih papan bagi 2 group dan 4 group.
- (b) Pengaman untuk trafo konvensional
- 1) Pemisah lebur 20 kV / *Fuse Cut Out*, dengan rating arus kontinyu 100A, dan kawat lebur disesuaikan dengan kapasitas trafo.
 - 2) *Arrester* 24 kV, 5 kA.
 - 3) Pentanahan, terpisah antara pentanahan arrester dan pentanahan trafo.
 - 4) Pemutus daya tegangan rendah (LVCB) untuk trafo sampai dengan dengan 50 kVA.
- j. Penentuan Konstruksi
- Setelah kita membahas satu persatu atas standar yang dipakai, tentang kriteria-kriteria yang dipakai sebagai pedoman, serta berbagai hal yang berkaitan dengan material dan peralatan listrik, dan beberapa kondisi yang menjadi bahan pertimbangan dalam pemilihan/penentuan: jenis material, jenis peralatan, bahan dan ukuran dan lainnya, maka selanjutnya sudah dapat menentukan jenis konstruksi dari SUTM, SUTR dan Gardu

Distribusi, dilengkapi dengan perhitungan jumlah dari material dan peralatan yang diperlukan.

Bila lokasi yang akan dibangun sudah disurvei dan dirancang rute jaringannya maka dapat dihasilkan perencanaan konstruksi yang lengkap untuk pembangunan jaringan Listrik pada lokasi yang dimaksud.

1) Jenis Konstruksi SUTM, GTT, SUTR

(a) Jenis Konstruksi SUTM

Berdasarkan hal-hal yang dibahas terdahulu, terdapat konstruksi SUTM yang dipasang pada tiang disesuaikan dengan sudut belok, awal dan akhir suatu jaringan, maupun fungsi jaringan lainnya.

Konstruksi tiang penyangga

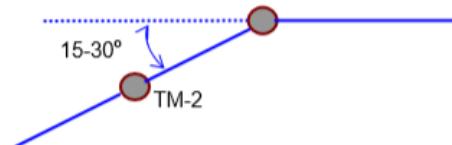
(1) Konstruksi tiang penyangga (TM-1)

Dipakai pada jaringan lurus dan jaringan dengan sudut belok maksimum 15 derajat.



(2) Konstruksi tiang penyangga ganda (TM-2)

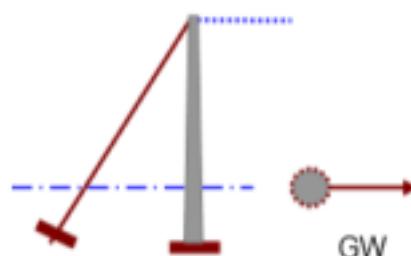
Untuk jaringan dengan sudut belok 15-30°



Gambar 4. 35 Konstruksi Tiang Penyangga Ganda (TM-2)

(3) Konstruksi Guy Wire

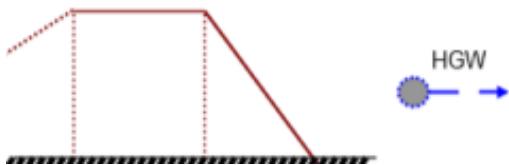
Yaitu konstruksi dari topang-tarik pada tiang, untuk menetralkisir beban vertikal pada tiang.



Gambar 4. 36 Konstruksi Guy Wiret

(4) Konstruksi *Horizontal Guy Wire*

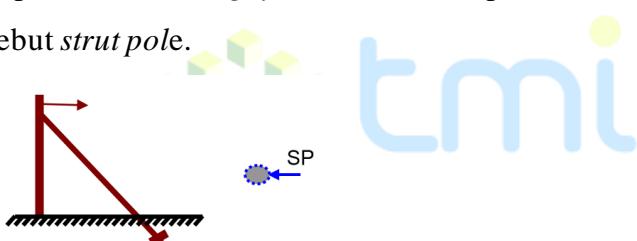
Bila topang tarik tidak dapat dipasang langsung pada tiang yang bersangkutan, maka dipasang konstruksi ini. Halangan pemasangan antara lain karena tempat untuk pemasangan *anchor* blok tidak tersedia dekat tiang.



Gambar 4. 37 Konstruksi Horizontal Guy Wire

(5) Konstruksi *Strut Pole*

Selanjutnya, pada lokasi yang tidak memungkinkan dipasang konstruksi guy wire maupun horisontal *guy wire*, maka dipilih konstruksi penyangga tiang yang disebut *strut pole*.



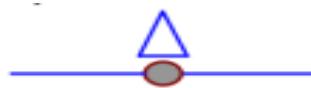
Gambar 4. 38 Konstruksi Strut Pole

(b) Jenis Konstruksi GTT

Gardu Trafo Tiang merupakan tipe yang lebih cocok untuk perkotaan yang padat maupun pedesaan karena tidak memerlukan lahan, dapat dipasang pada pusat beban, dan dengan daya bervariasi dapat mengurangi panjang jaringan tegangan rendah.

(1) Konstruksi GTT Tipe Cantol

Pada konstruksi ini dapat dipasang trafo fasa tunggal dan fasa tiga, yang dengan sendirinya ada perbedaan kebutuhan material/peralatannya.



Gambar 4. 39 Konstruksi GTT Tipe Cantol

(2) Konstruksi GTT Tipe Dua Tiang

Untuk trafo dengan kapasitas > 50 kVA karena



Gambar 4. 40 Konstruksi GTT Tipe Dua Tiang

beratnya, tidak mampu dipikul oleh satu tiang, maka dipasang pada dua tiang. Trafo itu biasanya jenis konvensional.

(c) Jenis Konstruksi SUTR

(1) Konstruksi Tiang Penyangga

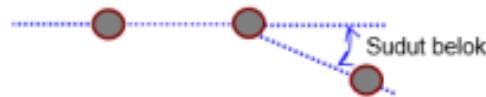
Pada jaringan tegangan rendah yang lurus atau dengan sudut belok maksimum 15 derajat, dipakai konstruksi tiang penyangga atau penggantung kabel.



Gambar 4. 41 Konstruksi Tiang Penyangga

(2) Konstruksi Tiang Sudut

Jaringan dengan sudut belok lebih besar dari 15 derajat sampai dengan 90 derajat.



Gambar 4. 42 Konstruksi Tiang Sudut

(3) Konstruksi Tiang Awal

Pada awal jaringan yaitu tempat dipasangnya trafo distribusi.

(4) Konstruksi *Guy Wire*

Seperti halnya pada SUTM, juga pada tiang awal, tiang akhir, dan tiang penegang dari suatu SUTR diperlukan topang tarik untuk mengimbangi beban vertikal yang bekerja pada tiang.



(5) Konstruksi *Horizontal Guy Wire*

Bila penempatan *anchor block* di dekat tiang tersedia, maka dapat di pasang konstruksi ini, sama halnya dengan yang dipakai pada SUTM.

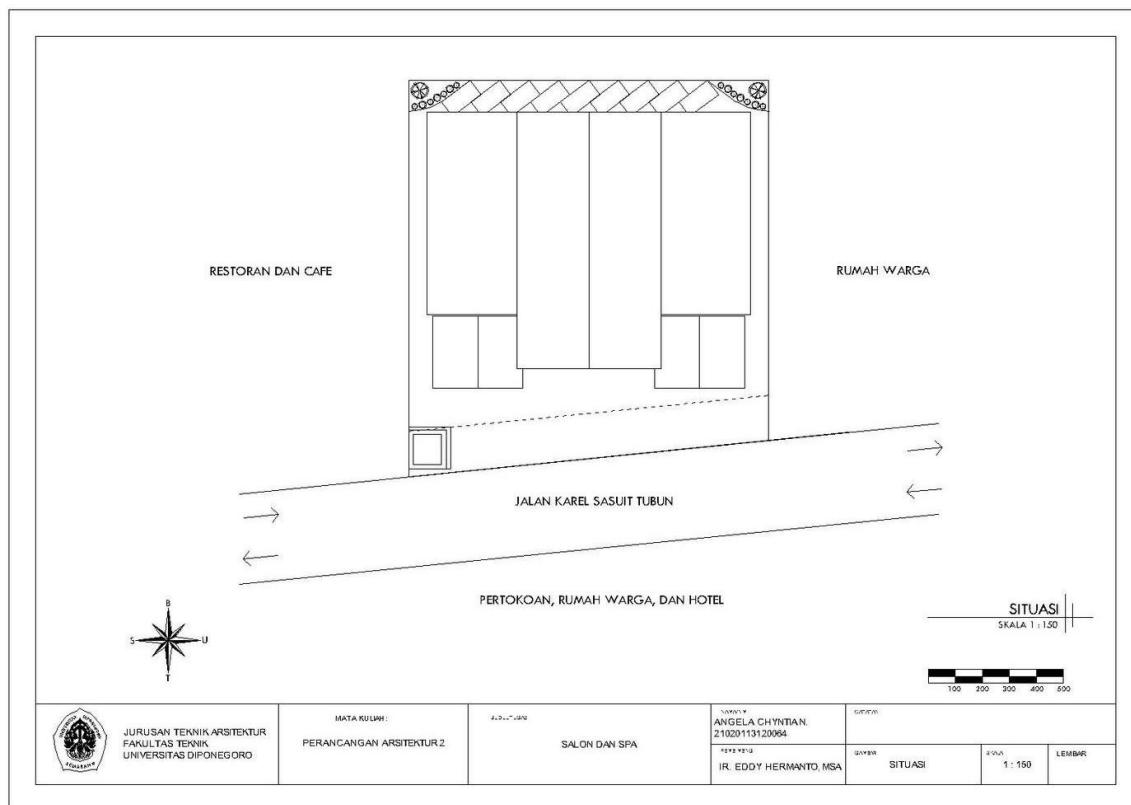
(6) Konstruksi *Strut Pole*

Dalam suatu kondisi tidak memungkinkan dipasang konstruksi guy wire maupun horizontal guy wire, dipasang suatu konstruksi penyangga yaitu konstruksi *Strut Pole*.

4.8. Gambar Instalasi Distribusi Listrik

4.8.1. Gambar Situasi

Yang menunjukkan gambar posisi gedung/bangunan yang akan dipasang instalasi listriknya terhadap saluran/jaringan listrik terdekat. Data yang perlu ditulis pada gambar situasi ini adalah alamat lengkap, jarak terhadap sumber listrik terdekat (tiang listrik/bangunan yang sudah berlistrik) untuk daerah yang sudah ada jaringan listriknya. Bila belum ada jaringan listriknya, perlu digambarkan rencana pemasangan tiang-tiang listrik.

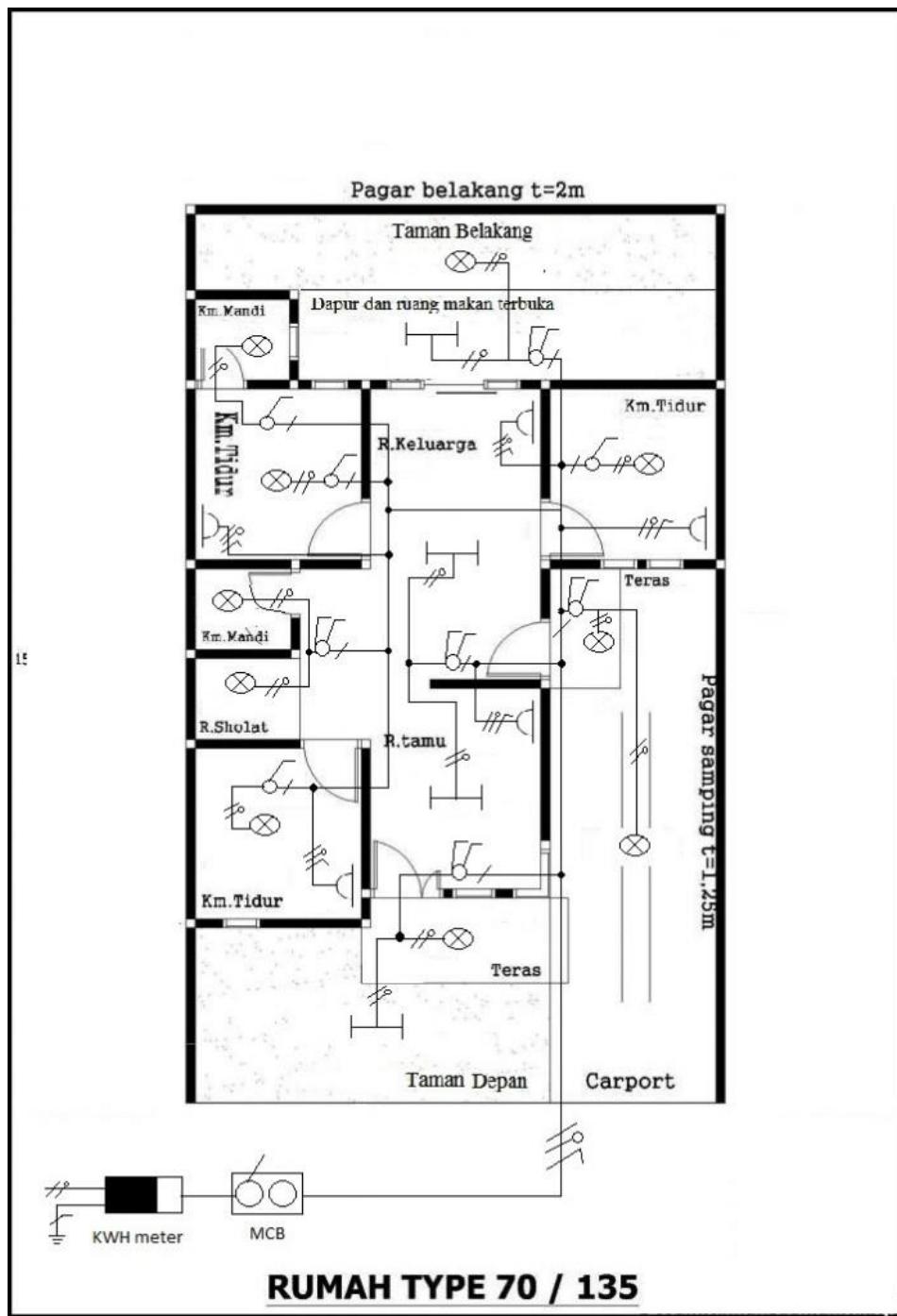


Gambar 4. 43 Gambar Situasi

4.8.2. Gambar Instalasi

Yang menunjukkan gambar denah bangunan (pandangan atas) dengan rencana tata letak perlengkapan listrik dan rencana hubungan perlengkapan listriknya. Saluran masuk langsung ke APP yang biasanya terletak didepan/bagian yang mudah dilihat dari luar. Dari APP ke PHB utama melalui kabel toefoer, yang biasanya berjarak rendah, dan posisinya ada di dalam bangunan. Pada PHB ini energi listrik didistribusikan ke beban menjadi beberapa grup/kelompok:

1. Untuk konsumen domestik/bangunan kecil, dari PHB dibagi menjadi beberapa grup dan langsung ke beban. Biasanya dengan sistem satu fasa.
2. Untuk konsumen industri karena areanya luas, sehingga jarak ke beban jauh dari PHB utama dibagi menjadi beberapa grup cabang/subdistribution panel baru disalurkan ke beban.

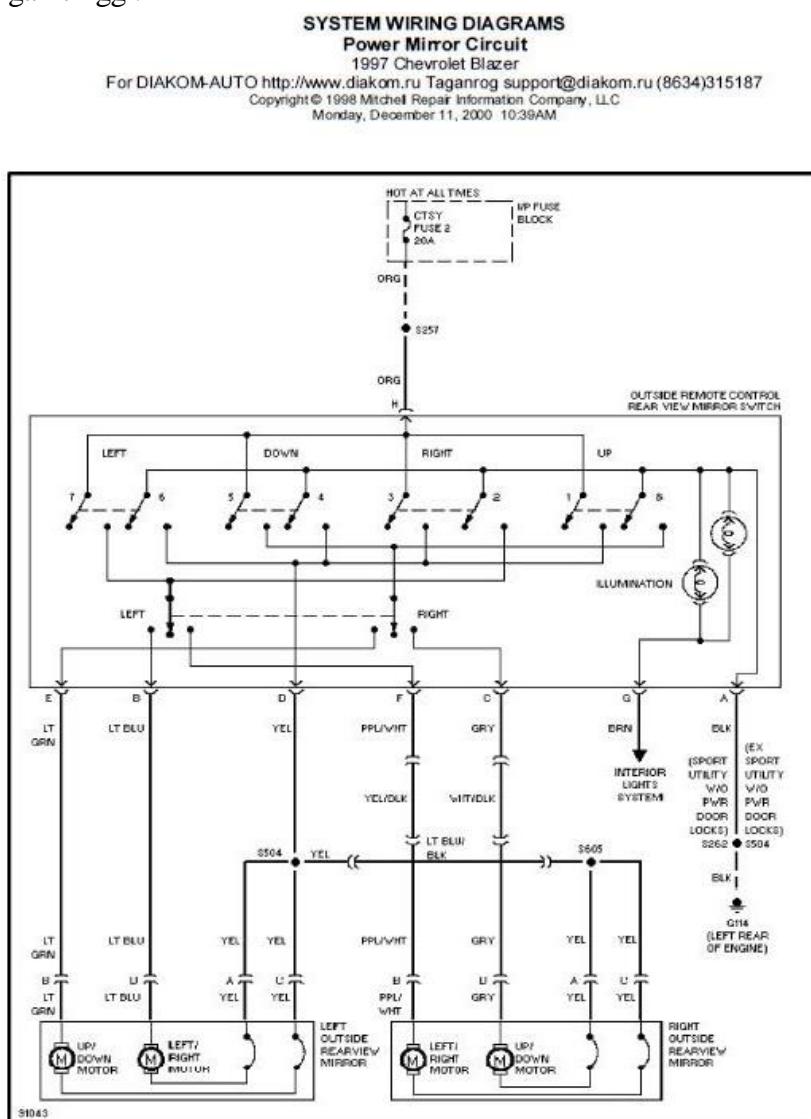


Gambar 4. 44 Gambar Instalasi

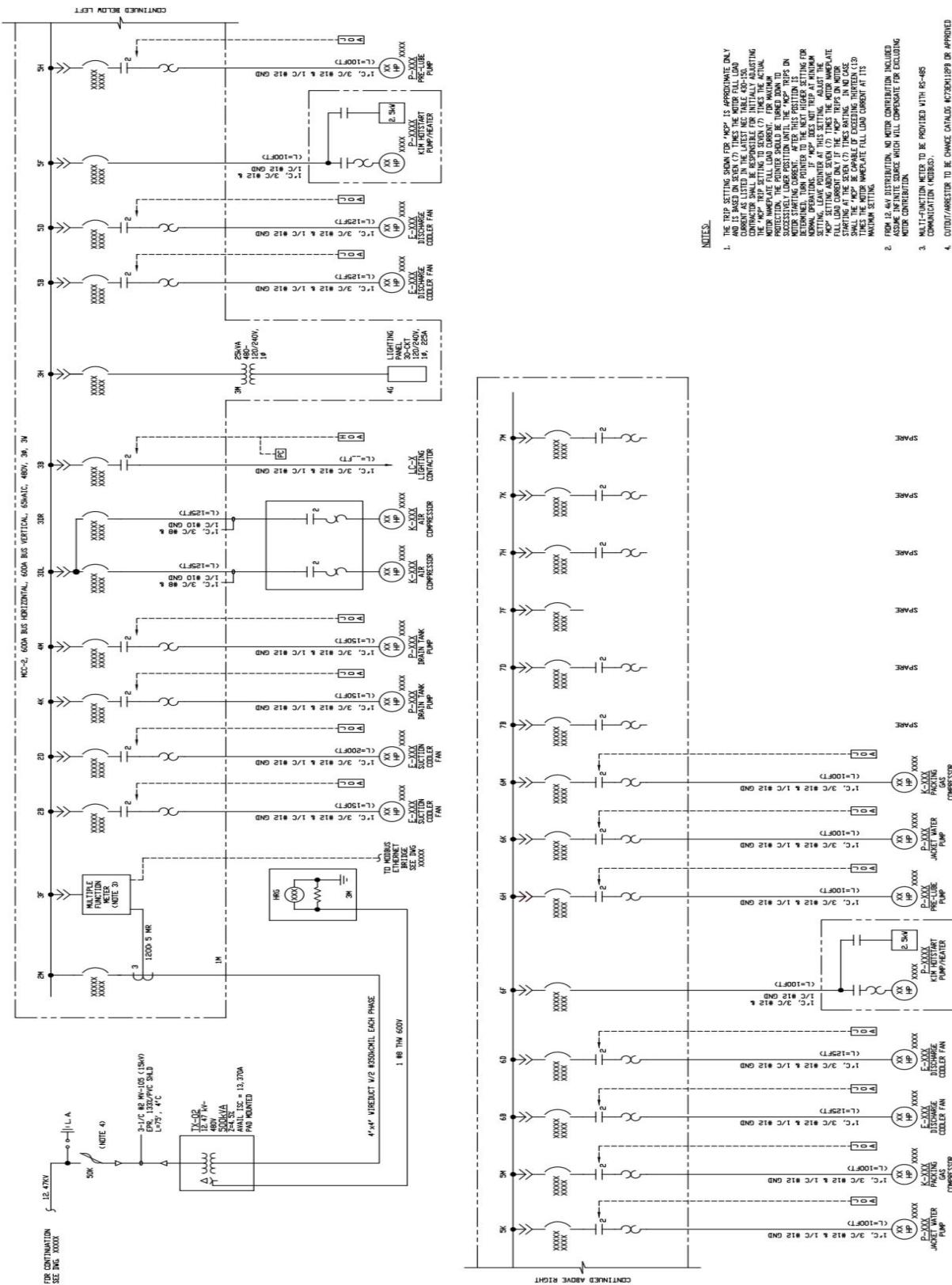
4.8.3. Diagram Garis Tunggal

Diagram garis tunggal dari APP (alat pegukur dan pembatas) ke PHB (panel hubung bagi) utama yang didistribusikan ke beberapa grup langsung ke beban (untuk bangunan berkapasitas kecil) dan melalui panel cabang (SDP) maupun subpanel cabang (SSDP) baru ke beban. Pada diagram garis tunggal ini selain pembagian grup pada PHB utama/cabang/sub cabang juga menginformasikan jenis beban, ukuran dan jenis penghantar, ukuran dan jenis pengaman arusnya, dan sistem pembumian/pertanahannya.

Berikut ini adalah contoh diagram satu garis untuk konsumen tegangan rendah dan konsumen tegangan tinggi.



Gambar 4. 45 System Wiring Diagram



Gambar 4. 46 Diagram Garis Tunggal

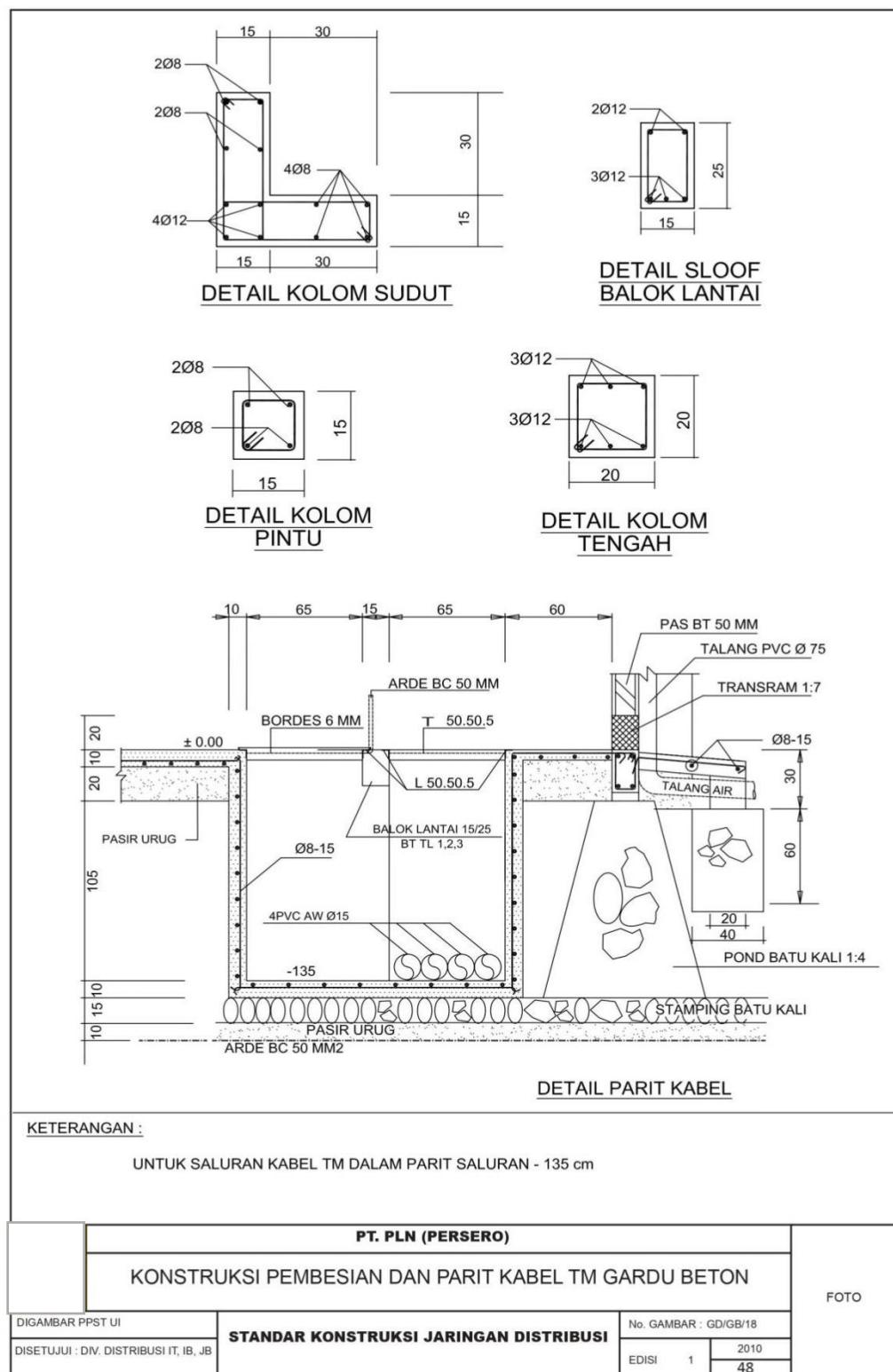
4.8.4. Gambar Rinci

Gambar rinci dalam bangunan diperlukan untuk memberikan penjelasan yang rinci dari perancang ke pada pelaksana proyek atau dalam hal ini kontraktor. Dalam gambar rinci dapat diberikan ukuran (panjang × lebar × tinggi) suatu barang, misalkan panel hubung bagi. Bahkan cara pemasangan kabel, atau pemasangan detail instalasi penangkal petir dapat ditambahkan.

Gambar rinci sekurang-kurangnya meliputi:

- a. Ukuran fisik PHB
- b. Cara pemasangan perlengkapan listrik
- c. Cara pemasangan kabel/penghantar
- d. Cara kerja rangkaian kendali
- e. Dan lain-lain informasi/data yang diperlukan sebagai pelengkap.





Gambar 4. 47 Konstruksi Pembesian dan Parit Kabel TM. Gardu Beton

4.9. Job Safety Analysis

Job Safety Analysis digunakan untuk meminimalisir kecelakaan yang akan terjadi saat pekerjaan instalasi dilakukan. Contoh JSA yang dapat digunakan seperti di bawah ini

ANALISA KESELAMATAN PEKERJAAN (JOB SAFETY ANALISIS)

Nama Pekerjaan	Insulation Test	Tanggal	
Dept/Section		Dianalisa Oleh	
Lokasi	TSP1 & TSP 2	Disetujui Oleh	
Alat Pelindung Diri Yang Harus Digunakan :			
Helm Safety Sarung Tangan Listrik Sepatu Safety			

URAIAN LANGKAH PEKERJAAN		BAHAYA YANG BISA TIMBUL		TINDAKAN PENCEGAHAN/PENGENDALIAN	
A	Insulation Test				
1.	Matikan sumber tegangan di MCCB	1.1	Tersengat listrik	1.1.1	Gunakan sarung tangan listrik
				1.1.2	Gunakan sepatu safety
2.	Matikan MCB yang terhubung ke beban (mesin)	2.1	Tersengat listrik	2.1.1	Gunakan sarung tangan listrik
				2.1.2	Gunakan sepatu safety
3.	Lepas beban pada panel distribusi (Pilot Lamp, Volt meter, Kontaktor etc)	3.1	Tangan tergores ujung kabel	3.1.1	Gunakan sarung tangan listrik

		3.2	Tangan tergores obeng	3.2.1	Gunakan sarung tangan listrik
		3.3	Kepala terbentur benda disekitar panel	3.3.1	Gunakan helm safety
4.	Mengukur & mencatat tahanan isolasi pada panel	4.1	Tersengat insulation tester	4.1.1	Gunakan sarung tangan listrik
		4.2	Tertusuk probe	4.1.2	Gunakan sarung tangan listrik
5.	Memasang kembali beban yang terlepas	5.1	Tangan tergores ujung kabel	5.1.1	Gunakan sarung tangan listrik
		5.2	Tangan tergores obeng	5.2.1	Gunakan sarung tangan listrik
		5.3	Kepala terbentur benda disekitar panel	5.3.1	Gunakan helm safety
6.	Menyalakan kembali MCB	6.1	Tersengat listrik	6.1.1	Gunakan sarung tangan listrik
				6.1.2	Gunakan sepatu safety
B Mengukur Arus Bocor					
1,	Memasang flex ampermeter pada kabel netral	1.1	Tersengat listrik	1.1.1	Gunakan sarung tangan listrik
				1.1.2	Gunakan sepatu safety

C	Mengukur voltase Netral - Ground				
1.	Memasang probe voltmeter pada netral - ground	1.1	Tertusuk probe	1.1.1	Gunakan sarung tangan listrik
		1.2	Tersengat	1.2.1	Gunakan sarung tangan listrik Gunakan sepatu safety
D	Mengukur Temperature Panel				
1.	Mengukur suhu panel	1.1	Terbentur benda sekitar	1.1.1	Gunakan helm safety

4.10. Persiapan Inspeksi Instalasi Distribusi Tenaga Listrik

4.10.1. Persiapan Administrasi

Berdasarkan Standard Operational Procedure (SOP) pelaksanaan inspeksi Instalasi Distribusi Tenaga Listrik, beberapa persiapan administrasi yang perlu dilaksanakan oleh inspektur ketenagalistrikan adalah sebagai berikut:

- Surat Tugas Inspeksi Instalasi Distribusi Tenaga Listrik.
- Surat Pengantar Inspeksi Instalasi Distribusi Tenaga Listrik.
- Peralatan Pemeriksaan Inspeksi Instalasi Distribusi Tenaga Listrik.

4.10.2. Alat yang digunakan pada Distribusi listrik

a. Sarung Tangan Dan Sarung Lengan

Kegunaan : melindungi tangan dan lengan terhadap bahaya listrik, mekanik, kimia, panas dan lain-lain.

Spesifikasi: Daya sekat 1.000 V; 1 – 6 KV; > 6 KV.

Bahan : Katun, nylon, kulit, lapis dan asbes dan bahan sintetis lainnya.

Ukuran Pendek : 100 – 200 mm; 225 – 250 mm ; 275 – 300 mm

Panjang : 360 – 375 mm; 400 – 425 mm; >450 mm

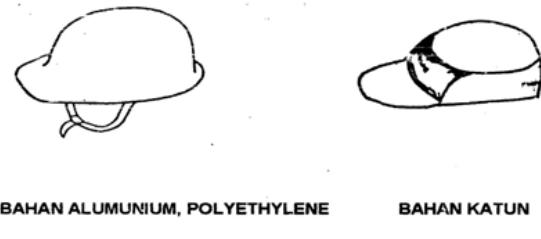


Gambar 4. 48 Sarung Tangan dan Sarung Lengan

b. Topi Pelindung / Helm

Kegunaan : untuk melindungi kepala terhadap bahaya listrik, mekanik, kimia panas.

Bahan : polyethylene, plastik, katun, aluminium dan bahan sintetis lainnya.



Gambar 4. 49 Topi Pelindung

c. Sepatu Safety

Kegunaan : untuk melindungi kaki terhadap bahaya listrik, mekanik, kimia, panas

Spesifikasi: daya sekat 1- 6 KV ; 6 – 20 KV

Bahan : Karet, kulit, kanvas dan bahan sintetis lainnya

Ukuran : dari SII SP 114 – 1980 ; Standar nomor sepatu



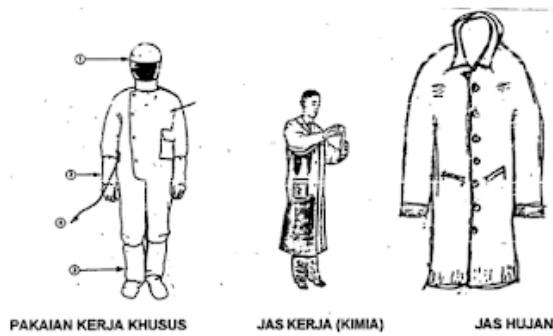
Gambar 4. 50 Sepatu Safety

d. Pakaian Kerja

Kegunaan : melindungi badan terhadap bahaya listrik, panas dan lain-lain

Spesifikasi: Besar (LL), Besar (L), Sedang (M), Kecil (S).

Bahan : katun, karet, Polyethylene, Campuran lapisan asbes, timah hitam dan bahan sintetis lainnya.



Gambar 4. 51 Pakaian Kerja

e. Tongkat Hubung Tanah / Tongkat Pentanahan

Kegunaan : untuk hilangkan tegangan sisa pada instalasi tegangan tinggi yang sudah dipadamkan.

Bahan : tembaga, alumunium dengan tangkai bahan isolasi

Ukuran : panjang 150 cm, 200cm, 250 cm, diameter (ϕ) : 3,125 cm
panjang kabel 500 cm – klem pentanahan 98 % CU



Gambar 4. 52 Tongkat Pentanahan

Catatan : perlu disimpan dalam kotak atau ruang tertutup, sehingga terhindar dari benturan dan kelembaban

f. Alas Pengaman

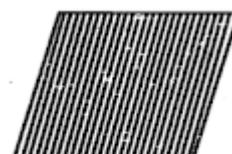
Kegunaan : sebagai tempat petugas berdiri dan bekerja pada peralatan yang bertegangan, agar terhindar dari bahaya tegangan sentuh.

Bahan : karpet plastik, kayu kering lapisan karet, bangku atau plastik tebal yang mudah dipindah-pindahkan.

Bahan	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Tebal	Ket
Kayu	60	120		6-10	
"	60	120		0,6 – 1,2c	



ALAS PENGAMAN KAYU



ALAS PENGAMAN (KARET)

Gambar 4. 53 Alat Pengaman

g. Multi Tester

Biasa disebut juga dengan AVO meter digunakan :

1. Untuk mengukur tegangan keluaran trafo
2. Untuk mengukur arus beban gardu
3. Untuk mengukur kontinyuitas sirkuit



Gambar 4. 54 Multi Tester

h. Meter Tahanan Isolasi

Biasa disebut Meger, untuk mengukur tahanan isolasi instalasi tegangan menengah maupun tegangan rendah.



Untuk instalasi tegangan menengah digunakan Meger dengan batas ukur Mega sampai Giga Ohm dan tegangan alat ukur antara 5.000 sampai dengan 10.000 Volt arus searah.

Untuk instalasi tegangan rendah digunakan Meger dengan batas ukur sampai Mega Ohm dan tegangan alat ukur antara 500 sampai 1.000 Volt arus searah.

Ketelitian hasil ukur dari meger juga ditentukan oleh cukup tegangan batere yang dipasang pada alat ukur tersebut



Gambar 4. 55 Meter Tahanan Isolasi

i. Meter Tahanan Pentanahan

Biasa disebut dengan Meger Tanah atau Earth Tester, digunakan untuk mengukur tahanan pentanahan kerangka kubikel dan pentanahan kabel. Terminal alat ukur terdiri dari 3 (tiga) buah, 1 (satu) dihubungkan dengan elektroda yang akan diukur nilai tahanan pentanahannya dan 2 (dua) dihubungkan dengan elektroda bantu yang merupakan bagian dari alat ukurnya. Ketelitian hasil tergantung dari cukupnya energi yang ada pada batere.



Gambar 4. 56 Meter Tahanan Pentanahan

j. Tester 20 KV

Untuk memeriksa adanya tegangan pada kabel masuk / keluar kubikel



Gambar 4. 57 Tester 20 kV

k. Kunci Momen (Torque Wrench)

Alat ini merupakan alat untuk mengencangkan pengikatan mur – baut yang sekaligus mengukur momen yang terjadi. Ada beberapa macam bentuknya : antara lain dikencangkan sambil dibaca momennya, disetel momennya terlebih dulu baru dilakukan pengencangan. Besarnya torsi yang dibutuhkan untuk pengencangan mur – baut sebanding dengan diameter ulir baut. Untuk mengukur diameter ulir digunakan jangka sorong (sitmat).



Gambar 4. 58 Torque Wrench

4.10.3. Persiapan Ceklist

Selain persiapan administrasi, Inspektur Ketenagalistriksan juga harus menyiapkan dokumen ceklist pemeriksaan Instalasi Distribusi Tenaga Listrik sebagai sarana untuk melaksanakan verifikasi administrasi dan visual di lapangan. Ada 2 (dua) jenis ceklist pemeriksaan, yaitu ceklist pemeriksaan penerapan Keselamatan Ketenagalistrikan (K2) dan ceklist pemeriksaan teknis pada Instalasi Distribusi Tenaga Listrik.

Ada beberapa contoh umtuk checklist yang digunakan dalam distribusi kelistrikan yaitu checklist pemeliharaan trafo tenaga dan ceklist pemeriksaan teknis pada Instalasi Distribusi Tenaga Listrik.

Ceklist pemeliharaan trafo tenaga dengan rincian sebagai berikut:

PANDUAN PEMELIHARAAN TRAFO TENAGA			No. Dokumen : P3B/O&M Trafo/001.01	Berlaku Efektif : 13 Juni 2003											
No.	Kegiatan	Jenis pemeliharaan			Periode pemeliharaan							Dilaksanakan	Peralatan Kerja		
		Preventive	Corrective	Detective	Harian	Mingguan	Bulanan	Triwulan	Semester	Tahunan	5 tahunan	10 tahunan			
1	Pemeriksaan kebocoran minyak (khusus STET kondisi trafo di-off-kan).	<input checked="" type="radio"/>					<input checked="" type="radio"/>						<input checked="" type="radio"/> / <input checked="" type="radio"/>	RP	Visual.
2	Pemeriksaan kelainan bunyi atau bau-bauan.	<input checked="" type="radio"/>					<input checked="" type="radio"/>						<input checked="" type="radio"/>	RP	Visual.
3	Pemeriksaan dalam kondisi operasi pada terminal utama, rel, terminasi kabel, jumper-wire terhadap benda asing atau binatang.	<input checked="" type="radio"/>					<input checked="" type="radio"/>						<input checked="" type="radio"/>	RP	Visual.
4	Pemeriksaan level minyak konservator (main & OLTC tank).	<input checked="" type="radio"/>					<input checked="" type="radio"/>						<input checked="" type="radio"/>	RP	Visual, Meter Level.
5	Pemeriksaan pasokan tegangan AC / DC.	<input checked="" type="radio"/>					<input checked="" type="radio"/>						<input checked="" type="radio"/>	PP	Multi Meter
6	Pemeriksaan sistem pemadam api a.l. : tekanan gas N2, CO2, BCF dan alarm kebakaran.	<input checked="" type="radio"/>					<input checked="" type="radio"/>						<input checked="" type="radio"/>	PP	Manometer, Visual
7	Pemeriksaan temperatur / suhu minyak.	<input checked="" type="radio"/>					<input checked="" type="radio"/>						<input checked="" type="radio"/>	RP	Thermometer
8	Pemantauan beban.	<input checked="" type="radio"/>					<input checked="" type="radio"/>						<input checked="" type="radio"/>	RP	MW, MVAR Meter
9	Pemeriksaan terhadap gas Nitrogen (bagi trafo tanpa conservator).	<input checked="" type="radio"/>					<input checked="" type="radio"/>						<input checked="" type="radio"/>	RP	Visul, manometer tekanan
10	Pemeriksaan level / tekanan minyak silicon pada sealing end (trafo GIS).	<input checked="" type="radio"/>					<input checked="" type="radio"/>						<input checked="" type="radio"/>	PP	Visual
11	Pemeriksaan boks kontrol / proteksi terhadap kotoran atau binatang.	<input checked="" type="radio"/>					<input checked="" type="radio"/>						<input checked="" type="radio"/>	PP	Visual.

Gambar 4. 59 Ceklist Pemeliharaan Trafo Tenaga

4.10.4. Pelaksanaan Inspeksi Instalasi Distribusi Tenaga Listrik

Kegiatan inspeksi Instalasi Distribusi Tenaga Listrik dilaksanakan oleh Tim Inspektur Ketenagalistrikan yang terdiri dari 2 s.d. 4 orang Inspektur Ketenagalistrikan. Kegiatan inspeksi dilaksanakan selama 2 s.d. 4 hari tergantung dari lokasi Instalasi Pembangkit Tenaga Listrik dan tingkat kerumitan inspeksi.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan oleh Inspektur Ketenagalistrikan saat kegiatan inspeksi Instalasi Distribusi Tenaga Listrik berlangsung adalah sebagai berikut:

- a. Inspektur Ketenagalistrikan harus selalu menggunakan atribut Inspektur Ketenagalistrikan (rompi dan safety shoes).
- b. Inspektur Ketenagalistrikan harus menaati peraturan yang berlaku di wilayah Instalasi Distribusi Tenaga Listrik.
- c. Inspektur Ketenagalistrikan harus bertindak secara profesional dan transparan dalam kegiatan inspeksi.

Langkah-langkah yang harus dilaksanakan oleh Inspektur Ketenagalistrikan dalam pelaksanaan inspeksi adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan wawancara dengan pemilik Instalasi Distribusi Tenaga Listrik.
- b. Melakukan pemeriksaan dokumen dan pemeriksaan visual berdasarkan checklist pemeriksaan penerapan Keselamatan Ketenagalistrikan (K2) dan checklist pemeriksaan teknis.
- c. Mendokumentasikan kegiatan pemeriksaan penerapan Keselamatan Ketenagalistrikan (K2) dan pemeriksaan teknis.
- d. Melakukan klarifikasi kepada pemilik Instalasi Distribusi Tenaga Listrik apabila ditemukan ketidaksesuaian berdasarkan hasil pemeriksaan.
- e. Membuat risalah inspeksi yang berisi hasil pemeriksaan yang disepakati oleh Tim Inspektur Ketenagalistrikan dan pemilik Instalasi Distribusi Tenaga Listrik.

4.11. Studi Kasus

- a. Suatu bangunan disuplai listrik 3 phasa, 4 kawat dengan tegangannya 220 V/380 V, frekuensi 50 HZ. Beban yang ada 900 lampu TL 40 W; 220 V; $\cos \varphi = 0,8$, balast 10 W, bagaimana instalasinya?

Jawaban:

Dengan cara sederhana bisa kita naikan sebagai berikut:

- Dengan jumlah lampu 900 TL, setiap phasa dibebani: $900/3 = 300$ TL.
- Tiap lampu TL 40 W; 220 V; $\cos \varphi = 0,8$;

$$\text{balast } 10\text{W memerlukan arus} = \frac{40+10}{0,8 \times 220} = 0,28A$$

Maka untuk 300 lampu $= 300 \cdot 0,28A = 84 A$

- Bila lampu menyala sekaligus: $I_R = 84 A$; $I_S = 84 A$; $I_T = 84 A$.
- Lampu dibagi dalam grup (tiap grup maksimum 12-14 titik lampu), bila tiap titik terdiri dari 2 TL, maka tiap phasa terdapat $300 \text{TL}/2 = 150$ armatur (titik lampu) dan tiap phasa mempunyai 150 armatur $= 12,5 \sim 13$ group.
- Satu grup adalah $12 \text{ armatur} \times 2 \text{ TL} = 24 \text{ TL}$ jadi arus listrik tiap grup $= 24 \times 0,28 = 6,72$ Ampere, dengan demikian pengaman yang digunakan (MCB atau sekering) tiap grup dapat digunakan 10A.
- Arus listrik tiap phasa panel utama $= 13 \times 6,72 A = 87,36 A$ maka pengaman utama (MCB atau Sekering) yang digunakan sebesar 100 A.

- b. Gambar skema pemasangan relai untuk proteksi arus lebih pada jaringan distribusi di sebuah gardu induk!

4.12. Rangkuman

- Sistem distribusi memiliki fungsi sebagai pembagian tenaga listrik ke beberapa tempat dan merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan
- Secara umum pembagian jaringan distribusi tenaga listrik dibagi menjadi Jaringan Sistem Distribusi Primer dan Sekunder.
- Distribusi primer adalah jaringan distribusi daya listrik yang bertegangan menengah (20 KV).
- Jaringan distribusi sekunder atau jaringan distribusi tegangan rendah (JDTR) merupakan jaringan tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan konsumen.
- Jaringan distribusi memiliki perlengkapan dan peralatan seperti Tiang Penyangga, Penghantar, Kapasitor, *Auto Voltage Regulator*, *Recloser*, *Fuse Cut Out*, Pemutus Tenaga, Transformator, Isolator, *Air Break Switch*, *Load Break Switch*.
- Tiang Penyangga berfungsi untuk meletakkan penghantar serta perlengkapan sistem seperti transformator, *Fuse*, *isolator*, *arrester*, *recloser* dan sebagainya.
- Penghantar berfungsi sebagai penyalur arus listrik dari trafo daya pada gardu induk ke konsumen.
- *Auto Voltage Regulator* berfungsi untuk mengatur/menaikan tegangan secara otomatis.
- *Recloser* berfungsi untuk memutuskan saluran secara otomatis ketika terjadi gangguan dan akan segera menutup kembali beberapa waktu kemudian sesuai dengan setting waktunya.
- *Fuse Cut Out* berfungsi untuk melindungi jaringan terhadap arus beban lebih (*over load current*) yang mengalir melebihi dari batas maksimum, yang disebabkan karena hubung singkat (*short circuit*) atau beban lebih (*overload*).
- Pemutus Tenaga berfungsi untuk memutuskan saluran secara keseluruhan pada tiap *output*.
- Transformator adalah alat untuk memindahkan daya listrik arus bolak-balik dari suatu rangkaian ke rangkaian lainnya secara induksi elektromagnetik.
- Isolator berfungsi untuk melindungi kebocoran arus dari penghantar ke tiang maupun ke penghantar lainnya.
- *Air Break Switch* berfungsi sebagai pemisah dan biasa dipasang pada jaringan luar.

- *Load Break Switch* digunakan sebagai pemisah ataupun pemutus tenaga dengan beban nominal.
- Instalasi gardu distribusi sebaiknya dilakukan uji laik seperti: Uji verifikasi rencana, Uji fisik hasil pelaksanaan, Uji Ketahanan Isolasi, Uji ketahanan *Impulse*, Uji Power Frekuensi, Uji alat proteksi, Uji alat-alat kontrol.
- Rangkaian Gardu listrik dibagi menjadi dua, PHB tegangan menengah dan PHB tegangan rendah.
- Gardu distribusi memiliki beberapa jenis, yaitu: Gardu Distribusi konstruksi beton (Gardu Beton), Gardu Distribusi Konstruksi *Metal Clad* (Gardu Besi), Gardu Distribusi Tipe Tiang Portal, Distribusi Tipe Tiang Cantol (Gardu Tiang), dan Gardu Distribusi Mobil (Gardu Mobil).
- Sistem proteksi jaringan distribusi dilakukan agar menjaga keberlangsungan distribusi listrik dari operasi abnormal.
- Sistem proteksi yang terdapat pada jaringan distribusi antara lain: *Relay*, Pemutus Balik Otomatis (PBO), *Arrester*, dan Saklar Seksi Otomatis (SSO).
- Panel Hubung Bagi (PHB) berfungsi jika sumber listrik dari PLN mati akibat gangguan ataupun karena pemeliharaan, maka suplai ke beban tidak akan terganggu dengan adanya sumber listrik sendiri (*genset*) sebagai cadangan.
- Perencanaan Jaringan Distribusi perlu memerhatikan Kriteria Teknik Saluran Listrik dan Perencanaan Konstruksi.
- Gambar Instalasi Distribusi Listrik berfungsi sebagai pemetaan untuk pemasangan instalasi distribusi listrik.
- *Job Safety Analysis* perlu digunakan untuk identifikasi potensi bahaya sebelum melakukan pekerjaan.
- Persiapan inspeksi instalasi distribusi tenaga listrik dibagi menjadi 2 dua, yaitu: Persiapan administrasi dan Persiapan ceklist.

BAB V

PERSYARATAN K3 PEMASANGAN INSTALASI, PERLENGKAPAN, DAN PERALATAN LISTRIK DI PEMANFAATAN LISTRIK

5.1. Jenis – Jenis Pemanfaatan Listrik

Instalasi berasal dari kata instal yang artinya memasang (jika diibaratkan program pada komputer). Instalasi dalam teknik listrik instalasi dapat diartikan sebagai pemasangan suatu rangkaian kabel atau konduktor sebagai penyedia sumber tenaga listrik yang dapat dimanfaatkan oleh konsumen.

Berikut ini beberapa konsumen listrik yang membutuhkan instalasi listrik, yaitu :



Gambar 5. 1 Konsumen Listrik

A. Konsumen Rumah Tangga

Instalasi yang digunakan pada konsumen rumah tangga terdiri dari APP (*alat pengukur dan pembatas*), PHB (*papan hubung bagi*), dan rangkaian instalasi utama yang terdiri dari rangkaian pengendali dan rangkaian beban. Pada umumnya rangkaian pengendali terdiri dari sakelar-sakelar yang memberikan input berupa arus listrik menuju ke beban, Sedangkan rangkaian beban terdiri dari beban-beban listrik yang biasanya digunakan pada instalasi rumah misalnya lampu, kotak kontak, motor listrik dan lain-lain. Daya listrik yang dibutuhkan untuk rumah tangga adalah 450VA sampai dengan 4400VA, tegangan pada rangkaian instalasi rumah mencapai 220V / 380V tergolong tegangan rendah biasanya menggunakan sistem 1 fasa.

B. Penerangan Jalan Umum

Penerangan jalan umum biasanya digunakan untuk menerangi jalan-jalan raya di wilayah perkotaan atau jalan-jalan umum yang wilayah yang penduduknya telah cukup padat, selain itu

penerangan jalan umum juga digunakan pada jalur-jalur utama. Fungsi dari penerangan jalan umum adalah untuk memberikan cahaya bagi para pengguna jalan untuk mencegah terjadinya kecelakaan pada saat malam. Biasanya lampu-lampu yang digunakan untuk menerangi jalan umum dikendalikan dengan menggunakan timer atau ada juga yang menggunakan sensor cahaya. Daya masing-masing lampu pada tiang bernilai 50VA sampai dengan 250VA, bergantung dengan jenis jalan yang diterangi. tegangan pada rangkaian instalasi penerangan jalan umum sama seperti instalasi rumah mencapai 220V / 380V dengan menggunakan sistem 1 fasa.

C. Konsumen Industri

Industri-industri besar banyak menggunakan beban berupa motor 3 fasa sehingga daya yang dibutuhkan mencapai orde kVA. Beban motor tersebut merupakan beban induksi biasanya dirangkai kapasitor bank untuk mengubah sifat beban yang awalnya induksi menjadi resistansi sehingga menghemat biaya yang dikeluarkan oleh industri tersebut. Industri-industri besar yang menggunakan sistem 3 fasa dengan saluran masuk jaringan tegangan menengah yang mencapai 20kV atau 20.000 V.



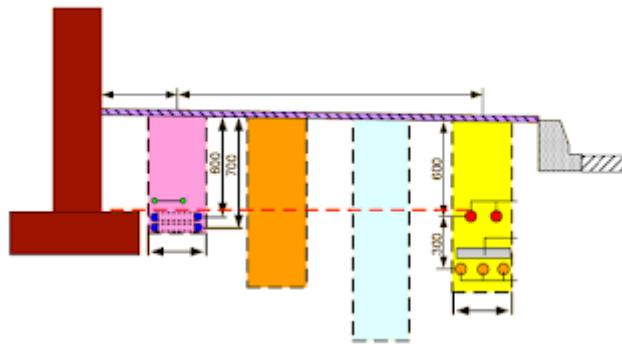
D. Konsumen Bangunan Komersial

Bangunan Komersial adalah bangunan-bangunan besar bisa milik pemerintah atau pun milik swasta, contoh : sekolah, kampus, stadion, apartemen, mall, rumah sakit, stasiun, bandara dan lain-lain sebagainya. Biasanya konsumen dengan bangunan komersial menggunakan sistem instalasi 3 fasa yang kapasitasnya kecil dengan tegangan rendah, sedangkan yang berkapasitas besar dengan tegangan menengah.

Untuk melayani kebutuhan rumah tangga, industri, bahkan bangunan-bangunan umum serta pemerintahan instalasi dapat dibedakan dalam :

1. Instalasi listrik
2. Instalasi air
3. Instalasi gas
4. Instalasi telepon
5. Instalasi TV

Untuk mencegah terjadinya kecelakaan manusia membuat instalasi air dan gas di bawah tanah, sedangkan instalasi listrik, telepon dan TV dibuat di permukaan tanah (saluran udara). Tapi kini seiring dengan perkembangan teknologi pengolahan bahan material konduktor dan isolator, dengan begitu saluran udara dapat dipindahkan menjadi saluran bawah tanah. Di Indonesia pembangunan instalasi listrik yang awalnya menggunakan saluran udara sekarang telah mulai dibangun saluran bawah tanah.



Gambar 5. 2 Instalasi di bawah trotoar yang dibangun di negara belanda

Berdasarkan pemakaianya tenaga listrik dan tegangan nya dapat dibedakan dalam berbagai macam instalasi listrik, yaitu :

1. Menurut Arus Listrik yang Disalurkan

a. *Instalasi arus searah*

Instalasi arus searah biasanya memiliki tegangan kerja mencapai 110V, 220V, atau 440V. Di Indonesia yang memanfaatkan instalasi arus searah adalah industri yang bekerja memanfaatkan komponen elektronika, misal PT. Kereta Api Indonesia pada pelayanan KRL (Kereta Api Listrik).

b. *Instalasi arus bolak-balik*

Instalasi ini pada umumnya bekerja pada tegangan : 125V, 220V, 330V, 500V, 1000V, 3000V, 5000V, 6000V, 10.000V, 15.000V. Di Indonesia jaringan dari PT. PLN tegangan yang digunakan adalah 220V, 380V, 6000V, 20.000V. Instalasi arus bolak-balik banyak dipakai untuk rumah tangga, industri maupun bangunan komersial.

2. Menurut Tegangan yang Digunakan

a. *Instalasi tegangan tinggi*

Instalasi tegangan tinggi digunakan untuk saluran transmisi, karena mengalirkan daya yang besar pada tegangan tinggi selama arus baliknya kecil, sebagai muatan transmisi dengan tenaga yang kecil.

b. *Instalasi tegangan menengah*

Instalasi tegangan menengah biasanya digunakan pada pusat pembangkit listrik arus bolak-balik pada saluran distribusi, instalasi tenaga pada gardu induk sebelum disalurkan menuju ke konsumen.

c. *Instalasi tegangan rendah*

Instalasi dengan tegangan rendah biasanya digunakan pada saluran distribusi, instalasi penerangan rumah tangga, PJU (Penerangan Jalan Umum), dan bangunan komersil.

3. Menurut Pemakaian Tenaga Listrik

a. *Instalasi penerangan / instalasi cahaya*

Untuk instalasi penerangan PT. PLN menyalurkan arus bolak-balik 127V (sistem lama) dan mulai tahun 1980an sampai dengan sekarang menggunakan tegangan 220V pada arus bolak-balik.

b. *Instalasi tenaga*

Instalasi tenaga, adalah instalasi yang mengubah energi listrik menjadi energi lain, misal instalasi untuk motor listrik. Sistem lama PT.PLN menggunakan arus bolak-balik 127V dan sistem baru dengan menggunakan tegangan 380V instalasi tenaga ini biasa dipakai bersama untuk penerangan maupun tenaga.

4. Instalasi Listrik Khusus

Instalasi listrik khusus biasanya digunakan pemakaian alat-alat, atau pada induksi-induksi yang memerlukan tenaga listrik untuk keperluan saluran seperti pada beberapa contoh berikut :

- a. Instalasi listrik pada kereta api, mobil, kapal laut, pesawat terbang**
- b. Instalasi listrik pada pemancar radio, TV, telepon, telegram, radar**

c. Instalasi listrik pada industri pertambangan dan lain-lain

Adapun Jenis-jenis pengguna energi listrik

Energi listrik adalah energi utama yang dibutuhkan bagi peralatan listrik/energi yang tersimpan dalam arus listrik dengan satuan ampere (A) dan tegangan listrik dengan satuan volt (V) dengan ketentuan kebutuhan konsumsi daya listrik dengan satuan Watt (W) untuk menggerakkan motor, lampu penerangan, memanaskan, mendinginkan atau menggerakkan kembali suatu peralatan mekanik untuk menghasilkan bentuk energi yang lain.

Energi yang dihasilkan dapat berasal dari berbagai sumber, seperti air, minyak, batu bara, angin, panas bumi, nuklir, matahari, dan lainnya. Satuan dasar energi listrik adalah Joule, satuan lain adalah KWh (Kilowattjam).

Biasanya listrik berasal dari pembangkit listrik, misalnya: PLTA, PLTB, PLTD (diesel), PLTM, PLTS (surya), PLTU, dan lainnya. Energi Listrik yang dihasilkan dari generator berkisar antara 6kv-24kv.

Lalu Energi Ini akan dinaikkan sebesar 500kv melalui Trafo Step Up akan disalurkan melalui SUTET (Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi). Dengan Tegangan seperti itu, maka Jaraknya lebih panjang lagi agar tidak mengalami kebakaran akibat Saluran terlalu Pendek.

Setelah Itu, Listrik diturunkan menjadi 150kv Lewat Trafo Step Down. Lalu Dialirkkan ke SUTT (Saluran Udara Tegangan Tinggi) membutuhkan penurunan tegangan karena jarak yang dilalui tidak sejauh yang tadi dan juga Sudah Dekat dengan perumahan.

Setelah itu Tegangan Diturunkan lagi menjadi 20kv lewat Trafo Step Down. Lalu dialirkan lagi ke JTM (Jaringan Tegangan Menengah). Karena sudah banyak trafo step down untuk dialirkan ke Rumah kita.

Setelah itu, diturunkan lagi menjadi 220v lewat Gardu Distribusi. Dialirkan ke rumah-rumah penduduk lewat JTR (Jaringan Tegangan Rendah). Tegangan ini sudah siap untuk dialirkan kerumah-rumah penduduk.

Dalam Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Minineral Republik Indonesia No. 28 Tahun 2016 terdiri atas:

a. Tarif Tenaga Listrik untuk keperluan pelayanan sosial, terdiri atas:

1. Golongan tarif untuk keperluan pemakaian sangat kecil pada tegangan rendah, dengan daya 220 VA (S-1/TR);
2. Golongan tarif untuk keperluan pelayanan sosial kecil sampai dengan sedang pada tegangan rendah, dengan daya 450 VA sampai dengan 200 kVA (S-2/TR); dan
3. Golongan tarif untuk keperluan pelayanan sosial besar pada tegangan menengah, dengan daya di atas 200 kVA (S-3 /TM)

b. Tarif Tenaga Listrik untuk keperluan bisnis, terdiri atas:

1. Golongan tarif untuk keperluan bisnis kecil pada tegangan rendah, dengan daya 450 VA sampai dengan 5.500 VA (B-1/TR);
2. Golongan tarif untuk keperluan bisnis menengah pada tegangan rendah, dengan daya 6.600 VA sampai dengan 200 kVA (B-2/TR); dan
3. Golongan tarif untuk keperluan bisnis besar pada tegangan menengah, dengan daya di atas 200 kVA (B-3/TM),

1. Tarif Tenaga Listrik untuk keperluan rumah tangga, terdiri atas:

1. Golongan tarif untuk keperluan rumah tangga kecil pada tegangan rendah, dengan daya sampai dengan 450 VA, 900 VA, 900 VA-RTM, 1.300 VA, dan 2.200 VA (R-1/TR);
2. Golongan tarif untuk keperluan rumah tangga menengah pada tegangan rendah, dengan daya 3.500 VA sampai dengan 5.500 VA (R-2/TR); dan
3. Golongan tarif untuk keperluan rumah tangga besar pada tegangan rendah, dengan daya 6.600 VA ke atas (R-3/TR).

2. Tarif Tenaga Listrik untuk keperluan industri, terdiri atas:

1. Golongan tarif untuk keperluan industri kecil/industri rumah tangga pada tegangan rendah, dengan daya 450 VA sampai dengan 14 kVA (1-1/TR);
2. Golongan tarif untuk keperluan industri sedang pada tegangan rendah, dengan daya di atas 14 kVA sampai dengan 200 kVA (1-2/TR);

3. Golongan tarif untuk keperluan industri menengah pada tegangan menengah, dengan daya di atas 200 kVA (1-3/TM); dan
 4. Golongan tarif untuk keperluan industri besar pada tegangan tinggi, dengan daya 30.000 kVA ke atas (1-4/TT),
- 3. Tarif Tenaga Listrik untuk keperluan kantor pemerintah dan penerangan jalan umum, terdiri atas:**
1. golongan tarif untuk keperluan Kantor Pemerintah kecil pada tegangan rendah, dengan daya 450 VA sampai dengan 5.500 VA (P-1/TR);
 2. Golongan tarif untuk keperluan Kantor Pemerintah sedang pada tegangan rendah, dengan daya 6.600 VA sampai dengan 200 kVA (P-1/TR);
 3. Golongan tarif untuk keperluan Kantor Pemerintah besar pada tegangan menengah, dengan daya di atas 200 kVA (P-2/TM); dan
 4. Golongan tarif untuk keperluan penerangan jalan umum pada tegangan rendah (P-3/TR).
- 4. Tarif Tenaga Listrik untuk keperluan traksi pada tegangan menengah, dengan daya di atas 200 kVA (T/TM) diperuntukkan bagi perusahaan kereta listrik;**
- 5. Tarif Tenaga Listrik untuk keperluan penjualan curah pada tegangan menengah, dengan daya di atas 200 kVA (C/TM) diperuntukkan bagi Pemegang Izin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik; dan**
- 6. Tarif Tenaga Listrik untuk keperluan layanan khusus pada tegangan rendah, tegangan menengah, dan tegangan tinggi (L/TR, TM, TT), diperuntukkan hanya bagi pengguna listrik yang memerlukan pelayanan dengan kualitas khusus dan yang karena berbagai hal tidak termasuk dalam ketentuan golongan tarif Sosial, Rumah Tangga, Bisnis, Industri, Kantor Pemerintah dan Penerangan Jalan Umum, Traksi, dan Curah.**

5.2. Jenis – Jenis Peralatan Listrik

Didalam keseharian kita yang berhubungan dengan kelistrikan kita sering menggunakan kabel untuk instalasi listrik rumah.Kabel listrik adalah media untuk menyalurkan energi listrik.Sebuah kabel listrik terdiri dari isolator dan konduktor.Isolator di sini adalah bahan pembungkus kabel yang biasanya terbuat dari bahan thermoplastik atau thermosetting, sedangkan konduktornya terbuat dari bahan tembaga ataupun aluminium.Kemampuan hantar

sebuah kabel listrik ditentukan oleh KHA (kemampuan hantar arus) yang dimilikinya, sebab parameter hantaran listrik ditentukan dalam satuan Ampere. Kemampuan hantar arus ditentukan oleh luas penampang konduktor yang berada dalam kabel listrik. Berikut macam-macam alat-alat listrik :

1. METERAN LISTRIK

Alat ini yang pasti wajib kalo kita mau pasang listrik di rumah baru. Alat ini disediakan oleh PLN. Alat ini berfungsi untuk mengukur besaran daya yang digunakan oleh konsumen dalam satuan kWh (*kilowatt hour*). Deretan angka-angka pada indikatornya ini yang akan dicatat oleh petugas PLN setiap bulannya. Meteran listrik atau yang disebut juga kWh meter saat ini mempunyai 2 (dua) jenis. Dibedakan dengan cara pembayarannya. Pertama meteran digital yang cara pembayarannya secara prabayar. Kedua meteran analog, cara pembayarannya secara pascabayar.



Gambar 5. 3 Meteran analog kWh

2. PENGAMAN LISTRIK SEKERING

Sekering (*fuse*) atau pengaman lebur biasa yang dikenal dipasaran mempunyai 2 (dua) jenis tipe, yaitu tipe kawat lebur dan tombol. Tipe kawat lebur bekerja memutuskan rangkaian listrik dengan cara meleburkan kawat yang ditempatkan pada suatu tabung apabila kawat tersebut dialiri arus listrik dengan ukuran tertentu. Sedangkan untuk tipe tombol mempunyai prinsip kerja bila terjadi masalah hubung singkat maka arus listrik akan terputus dan untuk menormalkan kembali cukup dengan menekan tombol yang besar tersebut. Tombol kecil berfungsi untuk memutus aliran listrik. Sekering dengan pengaman lebur sekering dengan pengaman tombol.

3. PENGAMAN LISTRIK THERMAL / MCB (MINIATUR CIRCUIT BREAKER)



Gambar 5. 5 MCB

MCB merupakan singkatan dari Miniature Circuit Breaker yang berfungsi sebagai alat pengaman saat terjadi hubung singkat (konsleting) maupun beban lebih (over load). MCB akan memutuskan arus apa bila arus yang melewatkinya melebihi dari arus nominal MCB, sebagai contoh MCB 2 A akan memutuskan arus jika penggunaan beban melebihi 2 A,

MCB juga akan memutuskan arus jika terjadi hubung singkat karena saat hubung singkat arus yang dihasilkan sangat besar dan melebihi 2 A. Sebagai salah satu alat pengaman listrik MCB sangatlah menguntungkan dan lebih efisien dibandingkan sekering (patron lebur), patron lebur merupakan alat pengaman beban lebih saja. Tak seperti MCB patron lebur hanya sebagai alat beban lebih dan apa bila sudah putus maka harus mengganti kawat didalamnya dengan kawat khusus, sedangkan jika MCB putus maka kita hanya perlu menghidupkannya kembali layaknya sakelar. MCB biasanya digunakan oleh PLN sebagai pembatas daya dalam rumah dan sekaligus sebagai pengaman dan sakelar utama, biasanya MCB terletak dibawah KWH meter, anda dapat melihat MCB secara langsung dirumah anda. MCB merupakan pengaman listrik yang bekerja dengan prinsip bimetal dan memiliki dua cara pemutusan yakni secara thermal (panas) dan elektromagnetik. Saat terjadi hubung singkat maka MCB akan memutuskan arus dengan sangat cepat karena menggunakan cara kerja elektromagnetik, namun saat memutuskan arus karena beban lebih maka akan sedikit lambat karena MCB menggunakan cara kerja berdasarkan panas atau thermal. Berikut ini adalah beberapa hal yang harus anda perhatikan ketika membeli MCB:

a. Batasan arus

Sebelum menggunakan MCB anda harus mengetahui batasan arus yang ingin anda gunakan, sebagai contoh jika anda ingin memasang MCB sebagai pengaman motor maka ukurlah berapa arus yang digunakan motor barulah anda membeli MCB dengan batasan arus sesuai dengan motor anda, bisa 2A, 4A, 6A, dan masih banyak lagi.

b. *Tipe MCB*

Perhatikan juga tipe MCB, ada dua jenis yakni MCB 1 fasa (1 pole) dan MCB 3 fasa (3 pole) pastikan anda menggunakan MCB yang sesuai kebutuhan anda. MCB 1 fasa biasanya digunakan dalam rumah tinggal, sedangkan MCB 3 fasa biasanya digunakan oleh industri dan pabrik-pabrik.

c. *Kualitas MCB*

Ini sangat penting, semakin baik kualitas MCB yang anda gunakan maka akan semakin baik pula kinerjanya. Cara paling mudah untuk membeli MCB dengan kualitas yang baik adalah dengan membeli MCB yang harganya mahal, harga semakin mahal menandakan kualitas MCB yang semakin baik.

4. SAKELAR

Sakelar atau *switch* adalah komponen listrik yang paling banyak ditemui di dalam rumah. Kita bisa menjumpainya hampir di setiap ruangan. Fungsi utama sakelar adalah menyambung atau memutus aliran listrik. Ada berbagai macam sakelar yang bisa dijumpai di pasaran. Berdasarkan tempat dan pemasangannya, sakelar dapat dibedakan menjadi dua yaitu *in-bow* (sakelar yang ditanam dalam tembok) serta *out-bow* (sakelar yang dipasang pada permukaan tembok).

5. STOP KONTAK

Stop kontak atau *outlet* merupakan bagian terminal akhir dari instalasi listrik yang terpasang secara permanen sebagai penghubung energi listrik ke peralatan listrik. Disebut permanen karena letaknya terpasang pada dinding. Ada dua bentuk stop kontak yaitu stop kontak kecil, biasanya dimanfaatkan untuk menyalurkan listrik daya rendah ke alat-alat listrik serta stop kontak besar yang digunakan untuk peralatan yang membutuhkan daya listrik besar. Stop kontak besar telah dilengkapi dengan lempeng logam pada sisi atas dan bawah yang berfungsi sebagai *ground*.

Berdasarkan tempat pemasangannya, stop kontak dibedakan menjadi dua jenis, yaitu stop kontak yang dipasang pada tembok disebut stop kontak *in bow* serta stop kontak yang dipasang di luar tembok atau sekedar ditempelkan pada permukaan tembok dan lazim disebut stop kontak *out bow*.

6. STEKER

Steker atau kita mengenalnya dengan sebutan *colokan* merupakan komponen yang berfungsi untuk menghubungkan alat listrik dengan aliran listrik. Steker memiliki hubungan erat dengan stop kontak sebab sebuah alat listrik akan berfungsi bila steker yang ada padanya ditancapkan pada kanal stop kontak.

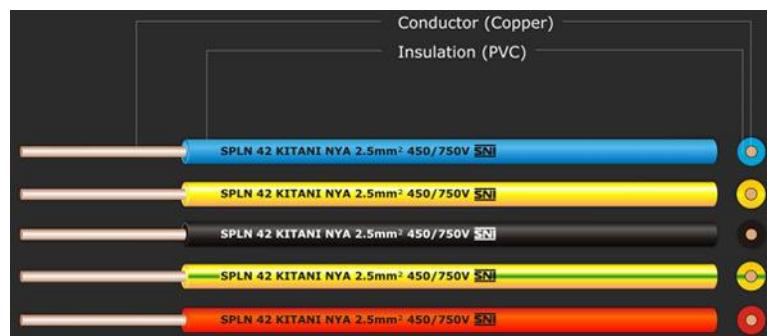
Steker terbagi menjadi dua jenis yaitu steker kecil dan besar. Steker kecil digunakan untuk alat-alat listrik berdaya rendah seperti lampu, radio dan sebagainya. Sedangkan steker besar dipergunakan untuk alat-alat listrik yang membutuhkan daya besar seperti lemari es, mesin cuci dan sebagainya. Steker besar biasanya sudah dilengkapi dengan lempeng logam yang berfungsi sebagai *ground* atau pengaman.

7. KABEL LISTRIK

Salah satu kelengkapan instalasi listrik yang tidak boleh terlewatkan adalah kabel, mengingat fungsinya sebagai penghantar arus listrik ke peralatan listrik. Jika kita telaah kabel ibarat pembuluh darah pada manusia. Di pasaran banyak kita jumpai berbagai macam kabel, namun ada beberapa jenis kabel yang lazim dipakai pada rumah tinggal diantaranya:

a. Kabel NYA

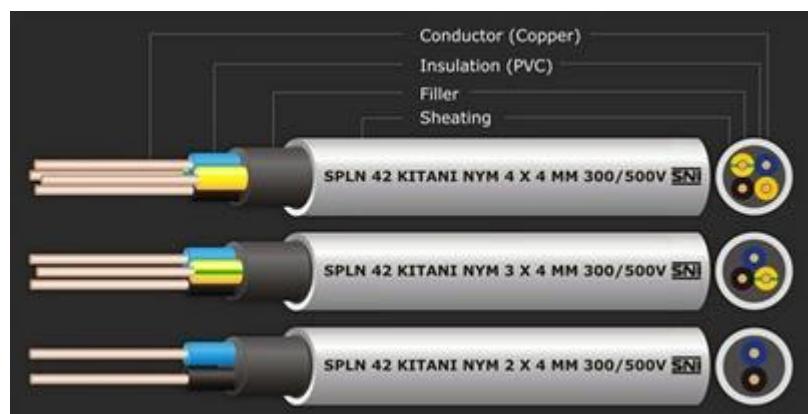
Kabel NYA merupakan kabel berisolasi yang memiliki inti kawat tunggal. Ciri yang bisa dikenali adalah isolasinya yang berwarna merah, kuning, biru dan hitam. Kabel jenis ini tidak cocok bila ditanam. Mengingat isolasinya hanya terdiri dari 1 lapisan maka untuk menghindari terjadinya pengelupasan, maupun gangguan dari luar seperti gigitan tikus, gencutan dan sejenisnya, biasanya pada saat pemasangan dimasukan ke dalam pipa PVC tipis yang berfungsi sebagai *conduit* (selubung pelindung).



Gambar 5. 6 Kabel NYA

b. Kabel NYM

Ciri yang mudah dikenali dari jenis kabel ini adalah isolasi luarnya yang berwarna putih serta adanya selubung karet yang menyelubungi inti kawat tunggal (jumlahnya antara 2

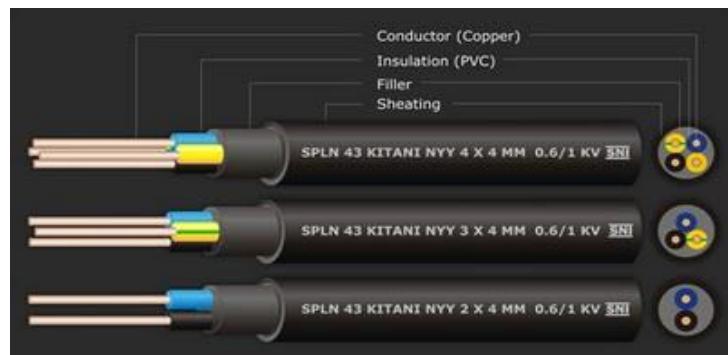


Gambar 5. 7 Kabel NYM

sampai 4 inti). Kabel ini relatif lebih kuat dibandingkan jenis NYA karena memiliki dua pelindung yaitu isolasi di bagian luar serta selubung karet di dalamnya. Pemasangan kabel jenis ini bisa dilakukan tanpa *conduit* kecuali jika ditanam dalam tembok. Seperti juga kabel NYA, kabel NYM bukanlah kabel yang cocok untuk ruang luar (*outdoor*).

c. Kabel NYY

Penanda kabel NYY yang mudah dikenali adalah bagian luarnya berwarna hitam serta memiliki isolasi ganda sehingga lebih kuat, tahan terhadap tekanan dan air. Kabel jenis ini cocok dipakai untuk ruang luar (*outdoor*) maupun ditanam dalam tanah sehingga sesuai jika dipakai untuk lampu taman.



Gambar 5. 8 Kabel NYY

8. PELINDUNG INSTALASI LISTRIK

A. Pipa Instalasi Listrik

Dalam Instalasi listrik untuk melindungi penghantar atau kabel digunakan pipa instalasi. Pemasangan pipa instalasi akan membuat suatu instalasi itu akan terlihat lebih rapi dan hantaran terlindungi dengan aman. Pipa yang digunakan untuk instalasi dapat dibagi menjadi tiga macam yaitu :

1) PIPA UNION

Pipa Union terbuat dari besi, oleh karena itu pipa ini mempunyai kelebihan dalam hal kekuatan untuk melindungi penghantar/kabel.

Namun, ada pula kekurangannya yaitu karena pipa ini terbuat dari logam sehingga jika terdapat kesalahan atau gangguan saat pemasangan instalasi, dapat menyebabkan arus bocor ke conduit pipa. Bahkan, dapat terjadi hubung singkat jika ada kebocoran pada hantaran fasa dan netral. Oleh karena itu dalam pemasangan dengan pipa union ini perlu ada pengamanan tambahannya.



Gambar 5. 9 Pipa Union

2) PIPA PVC

Pipa PVC ini terbuat dari bahan paralon/PVC. Pemakaian pipa PVC ini lebih aman dibandingkan dengan pemakaian pipa union/galvanis, karena pipa ini terbuat dari bahan yang tidak menghantarkan arus listrik/isolator sehingga apabila terjadi arus bocor tidak menghantarkan listrik.



Gambar 5. 10 Pipa PVP

Keunggulan yang lainnya yaitu pipa PVC mempunyai berat yang ringan; dapat digunakan untuk daerah yang lembab; serta tidak menimbulkan korosi atau karat.

Tetapi juga mempunyai kelemahan yaitu pipa PVC ini tidak tahan dengan temperatur kerja diatas 60 derajat celcius. Ukuran pipa yang biasa digunakan dalam pemasangan instalasi rumah adalah 5/8”.

3) PIPA FLEXIBEL

Pipa fleksibel terbuat dari berbagai bahan, diantarnya dari potongan logam dan dari PVC. Pipa fleksibel mempunyai kelebihan dibandingkan dengan pipa yang lain yaitu mudah dibuat belokan dengan sudut yang bervariasi. Pipa fleksibel juga lentur sehingga dapat dipasang di lokasi yang sulit. Pipa ini biasa digunakan sebagai pelindung kabel yang berasal dari dak standar APP, atau juga digunakan sebagai pelindung instalasi tenaga yang menggunakan motor listrik, misalnya mesin press, mesin bubut dan lain-lain.

B. Klem

Klem terbuat dari berbagai macam bahan yang disesuaikan dengan penggunaan pipanya (pipa PVC atau union). Klem berfungsi untuk memasang, menahan, dan menguatkan pipa yang dipasang pada permukaan tembok, dinding kayu atau plafon. Ukuran dari klem atau sengkang ini disesuaikan dengan ukuran pipa yang dipergunakan. Jarak pemasangan klem tidak boleh lebih dari 100 cm.



Gambar 5. 11 Klem

C. Sambungan Pipa (Sock)

Sambungan pipa digunakan untuk menyambung pipa pada sambungan lurus. sambungan pipa ini dibuat dari bahan PVC atau bahan plat. Penggunaan sock ini untuk menghemat bahan pada sambungan pipa yang membutuhkan sambungan yang Panjang.

D. Sambungan Siku (Elbow)

Untuk menyambung pipa pada lokasi belokan dengan sudut 90 derajat, maka sambungan yang digunakan adalah sambungan siku atau elbow. Ada juga yang menyebutnya dengan istilah “Keni”.

5.3. Lembar kerja

5.3.1. Checklist

Formulir Checklist Persiapan Tanam Tiang 9 meter				
Regional/Area	:			
Alamat	:			
Kordinat	:			
Tujuan Penanaman	Rute Baru	Penggantian	Copy from google maps/earth	
No.	Catatan Kondisi Lapangan	Ya	Tidak	Keterangan
1	Apakah di bawah jaringan SUTM ?			
2	Apakah Jarak Ujung tiang < 150cm dari kabel SUTM saat di kerjakan?			
3	Apakah ada Tanda patok kabel tanam tegangan menengah 20KV?			
4	Apakah tenaga kerja > 6 orang?			
5	Apakah Alat Bantu kerja memiliki sifat isolator? (Galah silang dan Tali penarik)			
6	Apakah Alat Pelindung Diri lengkap? (Helmet, Sarung tangan, dan Sepatu Safety)			
7	Apakah ada Safety man (Brevet K3) saat pekerjaan dilaksanaan?			Nama
8	Apakah Safety traffic cone tersedia saat pekerjaan ?			
9	Apakah dilaksanakan pada siang hari?			
10	Apakah bahaya sudah dianalisa dan teridentifikasi serta tercatat?			
Catatan : 1. SUTM : Saluran Udara Tegangan Menengah 20KV 2. WAJIB Menghentikan pekerjaan saat kondisi cuaca hujan, angin, mendung/hailintar dan tiang basah. 3. Jika pekerjaan terpaksa dan diharuskan lanjut sampai malam hari penerangan lampu harus mencukupi minimal 2x500 watt . 4. Jika lokasi rencana penanaman tiang tidak memungkinkan harap mengajukan usulan re-desain atau re-lokasi. 5. Setiap kegiatan mendirikan tiang wajib didampingi pejabat minimal setingkat manar.				

...../.....
Dibuat Oleh

Disetujui Oleh,
Manager

.....
NIK.

.....
NIK.

5.3.2. JSA

Nomor dan Nama Pekerjaan		Tanggal	No. ISA :
Nomor dan Nama Jabatan		Disusun oleh	Tanda tangan
Seksi/Departement		Diperiksa oleh	Tanda tangan
Jabatan Superior		Disetujui oleh	Tanda tangan
Alat Pelindung Diri Yang Harus Dipakai:			
Lokasi Kerja : All			
<p>1. Wajib Digunakan : Helm, Sepatu pengaman, Rompi reflektif, kacamatata pelindung, dan sarung tangan</p> <p>2. Disarankan untuk menggunakan : Masker debu</p>			
Urutan Dasar Langkah Kerja		Resiko Kerja	Tindakan atau Prosedur Pencengahan yang direkomendasikan
Uraikan pekerjaan tersebut menjadi beberapa langkah kerja dasar		Identifikasi Resiko yang berhubungan dengan tiap tiap langkah kerja tersebut terhadap kemungkinan terjadinya kecelakaan,	Gunakan kedua kolom tadi sebagai pembimbing, tentukan tindakan apa yang perlu diambil untuk menghilangkan atau memperkecil resiko yang dapat menimbulkan kecelakaan, cidera, atau penyakit akibat kerja
1	Periksa dan Alat perlindung diri (APD)	1.1 Tersetrum, terjepit, terpeleset, jatuh	1.1.1 harus menyusulkan dengan ikrat keselamatan perusahaan kegiatan pertama dan periksa kelima APD di atas untuk mengurangi risiko cidera. Gunakan APD dengan baik dan benar.
		2.1 Tersengat listrik, jatuh	2.1.1 Pakailah alat dan peralatan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik
2	Persiapan	2.1.2 Periksa alat dan peralatan dalam kondisi baik	2.1.3 Gunakan electrical hand tools yang mempunyai tahanan isolasi (composite)
		2.1.4 Jika bekerja di tempat yang tinggi harus mengikuti prosedur bekerja di ketinggian	
3	Pemasangan	3.1 Terjatuh	3.2.1 Sebelum melakukan pemasangan listrik, maka perlu dilakukan prosedur Lock Out dan Tag Out
		3.2 Tersengat listrik	3.2.2 Matikan listrik di sekeliling daerah yang akan diperbaiki dari sumber utamanya
4	Selesai		3.2.3 Hanya karyawan yang berkewenang yang dapat melakukan pekerjaan listrik
		4.1 Tersengat listrik	3.2.4 Pemeriksaan harus dilakukan secara rutin dan KIP selalu di update
<p>Yakinlah bahwa label LOTO telah dilepas dan umumkan kepada pihak yang terkait.</p> <p>4.1.1</p> <p>4.1.2 Lakukan percobaan dan pengukuran instalasi baru dengan aman</p>			

5.4. Lembar Soal

1. Sebutkan dan jelaskan fungsi dari alat-alat control listrik yang digunakan pada pemanfaatan energy listrik?
2. Jelaskan persyaratan komponen control listrik yang diletakan di dalam proses pemasangan di pemanfaatan energy listrik sesuai Peraturan/PUIL?

5.5. Rangkuman

- Jenis-jenis pemanfaatan yaitu : Konsumen Rumah tangga, penerangan jalan umum, konsumen industri, konsumen bangunan komersial
- Macam-macam instalasi yaitu :
 - o Menurut arus listrik
 - Instalasi arus searah
 - Instalasi arus bolak-balik
 - o Menurut tegangan yang digunakan
 - Instalasi tegangan tinggi
 - Instalasi tegangan menengah
 - Instalasi tegangan rendah
 - o Menurut pemakaian tenaga listrik
 - Instalasi penerangan
 - Instalasi tenaga
 - o Instalasi listrik khusus
- Jenis peralatan listrik yaitu meliputi : meteran listrik, pengaman listrik, pengaman thermal, sakelar, stop kontak, steker, kabel listrik, pelindung instalasi listrik

BAB VI

PERSYARATAN PEMELIHARAAN INSTALASI PERLENGKAPAN PERALATAN DI PEMBANGKIT LISTRIK

6.1. Pengertian dan Tujuan Pemeliharaan

6.1.1 Pemeliharaan

Pemeliharaan peralatan listrik adalah serangkaian tindakan atau proses kegiatan untuk mempertahankan kondisi dan menyakinkan bahwa peralatan dapat berfungsi sebagaimana mestinya sehingga dapat dicegah terjadinya ganguan yang menyebabkan kerusakan.

Manajemen pemeliharaan adalah proses kegiatan pemeliharaan yang meliputi rangkaian tahapan kerja yang teratur, dan sejak perencanaan pengorganisasian, pelaksanaan, pengendalian, penelitian dan pengembangan. Pemeliharaan pusat listrik Pemeliharaan pusat listrik adalah segala kegiatan pemeliharaan yang meliputi program pemeriksaan, perawatan, perbaikan dan uji ulang dengan tujuan utama untuk dapat mempertahankan unit pembangkit pembangkit tersebut beroperasi secara optimum. Pemeliharaan darurat adalah pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan yang mendadak yang waktunya tidak tertentu, yang pelaksanaannya tidak direncanakan sebelumnya dan sifatnya darurat. Pemeliharaan juga dapat diartikan sebagai kegiatan yang meliputi program pemeriksaan, perawatan, perbaikan, dan juga uji ulang (untuk kerja) dengan tujuan utama untuk mempertahankan peralatan tersebut beroperasi secara maksimum.

6.1.2 Tujuan Pemeliharaan

Pemeliharaan bertujuan untuk memberikan pedoman dan petunjuk umum tentang pelaksanaan kegiatan pemeliharaan pusat listrik, agar pembangkit yang dipelihara tersebut dapat beroperasi dengan keandalan yang tinggi serta mutu listrik yang baik, efisien dan daya yang optimum. Sehingga tercapai umur teknis yang diharapkan dan biaya pemeliharaan yang optimum untuk menjamin konsttinuitas penyulur tenaga listrik dan menjamin keandalan, antara lain:

- a. Untuk meningkatkan reliability, availability
- b. Untuk memperpanjang umur peralatan
- c. Untuk mengurangi resiko terjadinya kegagalan atau kerusakan peralatan
- d. Menjamin safety peralatan
- e. Mengurangi lama waktu padam akibat sering ganguan

6.2. Jenis Pemeliharaan

6.2.1. Preventive Maintenance

Preventive maintenance dikenal juga dengan istilah time base maintenance, dimana sistem pemeliharaan berdasarkan jam kerja operasi mesin. Pemeliharaan preventif adalah sistem pemeliharaan yang bertujuan untuk mencegah mencegah terjadinya kerusakan yang tiba-tiba dan untuk mempertahankan performa kerja sesuai/mendekati dengan yang digaransikan. Sistem pemeliharaan ini membutuhkan skedul pemeliharaan yang tetap dan management spare part yang baik, sehingga proses produksi dapat berjalan dengan konstan.

Kegiatan ini dilaksanakan secara berkala dengan berpedoman kepada : instruksi manual dari pabrik, standar-standar yang ada (IEC, CIGRE, dll) dan pengalaman operasi di lapangan. Pemeliharaan ini disebut juga dengan pemeliharaan berdasarkan waktu (Time Base Maintenance).

Prevete Maintenance (PM) dengan cara melakukan pemeriksaan / overhaul

- a. Pengecekan dapat di lakukan pada saat mesin OFF line (Equipment dalam keadaan dimatikan)
- b. Terjadwal :
 - 1) Berdasarkan kalender : mingguan, bulanan, tahunan, (3 Tahun), (5 Tahun)
 - 2) Berdasarkan jam kerja : disetiap 10.000 jam
 - 3) Berdasarkan jarak kerja : disetiap 5.000 km



6.2.2. Prediktif Maintenance

Prediktif maintenance dikenal juga dengan istilah condition base maintenance. Sistem pemeliharaan dapat menghemat waktu dan biaya pemeliharaan, karena pemeliharaan dilakukan sebelum peralatan tersebut benar2 rusak. Sistem pemeliharaan ini membutuhkan SDM yang handal dan investasi invest peralatan prediktif yang relatif mahal.

Conditional Maintenance adalah pemeliharaan yang dilakukan dengan cara memprediksi kondisi suatu peralatan listrik, apakah dan kapan kemungkinannya peralatan listrik tersebut menuju kegagalan. Dengan memprediksi kondisi tersebut dapat diketahui gejala kerusakan secara dini. Cara yang biasa dipakai adalah memonitor kondisi secara online baik pada saat peralatan beroperasi atau tidak beroperasi. Untuk ini diperlukan peralatan dan personil khusus

untuk analisa. Pemeliharaan ini disebut juga pemeliharaan berdasarkan kondisi (Condition Base Maintenance).

Predictive Maintenance (Pdm) dengan cara melakukan pemantauan kondisi / Condition Monitoring. Pemantauan dapat dilakukan pada mesin On Line (Equipment dalam keadaan hidup), atau juga Off Line. Contoh : *Vibration Monitoring, Thermography, On Line Partial Discharge*.



Gambar 6. 1 Predictif Maintenance

6.2.3. Corrective Maintenance

Corrective Maintenance adalah pemeliharaan yang dilakukan secara terencana ketika peralatan listrik mengalami kelainan atau unjuk kerja rendah pada saat menjalankan fungsinya dengan tujuan untuk mengembalikan pada kondisi semula disertai perbaikan dan penyempurnaan instalasi. Pemeliharaan ini disebut juga Curative Maintenance, yang bisa berupa Trouble Shooting atau penggantian part/bagian yang rusak atau kurang berfungsi yang dilaksanakan dengan terencana. Sedangkan istilah Breakdown Maintenance diartikan sebagai pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan mendadak yang waktunya tidak tertentu dan sifatnya darurat.

Corrective Maintenance (CM)/Terencana dan Breakdow Maintenance/Tidak Terencana. Bisa dilakukan Off Line maupun On Line.

6.2.4. Pemeriharaan Emergency

Pemeliharaan Emergency adalah jenis pemeliharaan / perbaikan suatu peralatan yang dilakukan pada saat unit derating atau shut down.

6.2.5. Pemeliharaan Overhaul

Pemeliharaan Overhaul adalah jenis pemeliharaan / perbaikan atau penggantian suatu peralatan yang dilakukan secara berkala pada saat unit sudah beroperasi satu tahun (8000 jam). Jenis OH antara lain :

SI – ME – SI – SE (PLTU)

CI – MI – CI – SE (PLTGU)

6.3. Obyek Pemeliharaan Pembangkit Listrik

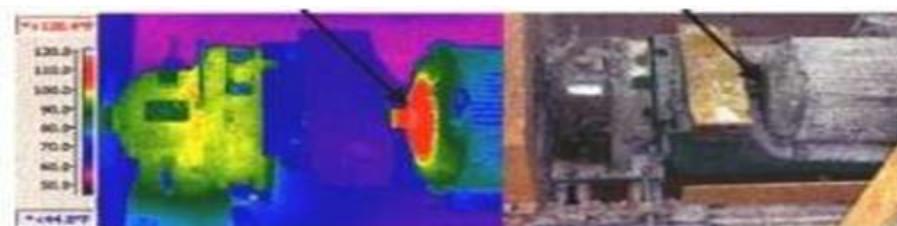
Objek yang dipantau pada suatu mesin/ peralatan untuk keperluan pemeliharaan prediktif meliputi :

- a. Termografi
- b. Tribologi
- c. Vibrasi
- d. Life Assement (NDT & DT)
- e. Unjuk kerja



6.3.1 Thermography

Infrared (IR) Thermography dapat didefinisikan sebagai proses pencitraan variasi radians Inframerah dari suatu permukaan. Pada prinsipnya, IR Thermography akan menampilkan profil temperatur objek. IR akan mendeteksi kondisi-kondisi. Kondisi atau stressor yang mengakibatkan penurunan kinerja suatu peralatan atau desain umur pakainya. Sebagai contoh, koneksi listrik yang korosi atau kendor akan menghasilkan citra kedalaman temperatur yang abnormal oleh karena bertambahnya resistansi listrik. Pada peralatan yang berputar (rotating equipment), bentuk-bentuk bentuk perubahan friksi akan menaikkan, menaikkan temperatur komponen yang tercermin dalam perubahan profil termal komponen.



Gambar 6. 2 Thermografi Untuk deteksi Bearing mtor

6.3.2. Tribolog

Analysis Oil Analysis digunakan untuk mendefinisikan 3 kondisi dasar mesin terkait dengan lubrikasi mesin atau sistem lubrikasi.

Pertama adalah kondisi dari oil: viscosity, acidity, flashpoint, dll untuk melihat adanya kontaminan seperti material-material korosi.

Kedua adalah kondisi sistem lubrikasi, dengan menguji kandungan air, silikon, atau kontaminan-kontaminan kontaminan lain (bergantung pada desain sistem), system integrity dari sistem lubrikasi dapat dievaluasi. Ketiga adalah kondisi mesin itu sendiri. Dengan menganalisa partikel-partikel keausan yang ada dalam minyak, keausan mesin dapat dievaluasi dan dilihat besarnya.

6.3.3. Vibrasi

Vibrasi diukur dengan menggunakan peralatan yang bekerja secara elektronik, dengan kecanggihan tergantung dari display yang dapat ditunjukkan, serta kecepatan dan kemudahan pengoperasiannya. Tingkat besarnya vibrasi suatu mesin untuk dinyatakan baik, ditentukan oleh pabrik pembuatnya sebagai data yang paling akurat. Apabila data ini tidak ada, atau timbul permasalahan dalam acceptance test, atau pihak owner (pemilik) menginginkan suatu tingkat vibrasi tertentu dalam pemesanan, maka bisa dirujuk dari standard-standard yang berlaku sebagai pedoman. Ada beberapa lembaga di dunia atau negara yang mengeluarkan standard tingkat vibrasi. Tapi sebagai contoh di sini akan diberikan dua buah, yaitu International Standard Organization (ISO 3945) dan Canadian Government Specification.

6.3.4. Life Assesment (NDT & DT)

Life Assement (NDT & DT) Yaitu melakukan assesment umur peralatan dengan melakukan pengujian tidak merusak ataupun pengujian yang merusak. NDT adalah singkatan non destruktif test, yang artinya adalah pengujian tak merusak. Maksud dari pengujian ini adalah bahwa bendanya tidak akan dirusak, dipanasi, dirubah yang sifatnya akan merubah struktur benda tersebut. Jadi benda sebelum diuji dan sesudah diuji akan mempunyai struktur logam yang sama. Selain NDT ada juga DT yang berarti pengujian dengan jalan merusak, contohnya uji tarik, uji tekan, uji punter dan lain – lain.

Macam macam NDT :

- 1) Pemeriksaan secara visual dengan mata, kadang – kadang memakai kaca pemasaran.
- 2) Pengujian kebocoran dengan air sabun.
- 3) Pengujian dengan spot check.
- 4) Pengujian dengan fluorescent dry penetrant.
- 5) Pengujian dengan magnetic partikel.
- 6) Pengujian dengan ultra sonik.
- 7) Pengujian dengan eddy current.
- 8) Pengujian dengan crack depth.
- 9) Pengujian radiografi dengan sinar X.
- 10) Pengujian radiografi dengan sinar γ (gamma), dll.

6.3.5. Unjuk Kerja

Salah satu jenis prediktif maintenance adalah monitoring unjuk kerja pembangkit. Hal ini dapat dilakukan dengan mengadakan performance test pembangkit secara berkala.



Kelebihan :

- 1) Meningkatkan umur operasional komponen (availability)
- 2) Memungkinkan menghilangkan tindakan yang bersifat korektif
- 3) Mengurangi downtime peralatan atau proses
- 4) Kualitas produk yang lebih baik
- 5) Meningkatkan kualitas pekerja dan keselamatan lingkungan
- 6) Meningkatkan moral pekerja
- 7) Menghemat energy
- 8) Lebih hemat 8 % -12 % terhadap pemeliharaan preventif

Kekurangan :

- 1) Menaikkan investasi untuk peralatan diagnostic
- 2) Menaikkan investasi untuk pelatihan staff
- 3) Potensi penghematan tidak bias segera dilihat manajemen

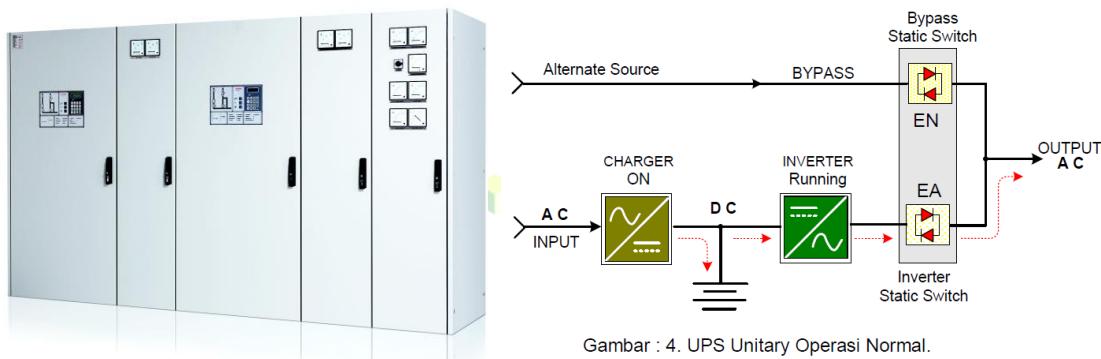
Batasan atau standar referensi

Batasan atau standar referensi parameter-parameter objek pemeliharaan sebagai kriteria bias mengacu pada :

- 1) Ketentuan pabrik pembuat
- 2) Pengalaman dari peralatan/mesin yang sama atau sejenis
- 3) Data saat komisioning test pada awal operasi
- 4) SPLN
- 5) Standar ISO atau standar dari negara – negara industry maju yang dapat dipercaya

6.4. Obyek Pemeliharaan Peralatan Pembangkit Listrik

Meliputi elektronika daya (power electronics), misalnya UPS (Uninterruptible Power Supply), Rectifier, Inverter, dll.



Gambar : 4. UPS Unitary Operasi Normal.

Gambar 6. 3 UPS

Alat Pemadam Api Ringan (APAR) atau portable Fire Extinguisher merupakan salah satu peralatan K3 yang harus ada di pembangkit listrik. Alat pemadam kebakaran antara lain dimaksudkan untuk berjaga – jaga memadamkan terbakarnya minyak didalam trafo.



Fire Extinguisher Chart		Type of Fire				
Extinguisher		Solids (wood, paper, cloth, etc)	Flammable Liquids	Flammable Gasses	Electrical Equipment	Cooking Oils & Fats
	Water	✓	✗	✗	✗	✗
	Foam	✓	✓	✗	✗	✓
	Dry Powder	✓	✓	✓	✓	✗
	Carbon Dioxide (CO2)	✗	✓	✗	✓	✓

Choosing a Fire Extinguisher						
Class	Symbol	Type of Fire	Examples			
A		ABC DRY CHEMICAL	Wood, paper, cloth etc.	WATER	FOAM	WET CHEMICAL
B		B FLAMMABLE LIQUIDS	Gasoline, propane and solvent s	DRY POWDER	FOAM	WATER
C		C ELECTRICAL EQUIPMENT	Computers, fax machines (see note)	WATER	FOAM	DRY POWDER
D		D METALS	Magnesium, lithium, titanium	DRY POWDER	WATER	FOAM
K		K COOKING MEDIA	Cooking oils and fats	DRY POWDER	WATER	FOAM

NOTE: Although ABC and BC Dry Chemical extinguishers can control a fire involving electrical equipment, the National Fire Code (NFPA 70-1990 edition, Section 40-2) specifically advises against dry chemical extinguishers for fire involving computers or other sensitive electronic equipment due to the potential damage from residuals.

Gambar 6. 5 Kelas (Golongan) Kebakaran

Kita perlu mengetahui kelas-kelas (golongan) kebakaran atau sumber penyebab terjadinya api supaya jenis APAR yang dipergunakan efektif dalam mengendalikan kebakaran tersebut. Dalam Permenaker No. Per-04/MEN/1980, kelas atau golongan kebakaran dibagi menjadi 4 golongan yaitu Golongan A, B, C dan D. Berikut ini adalah Kelas atau Golongan Kebakaran beserta Jenis APAR yang efektif untuk memadamkannya :

6.4.1. Kebakaran Kelas A

Kebakaran Kelas A merupakan kelas kebakaran yang dikarenakan oleh bahan-bahan padat non-logam seperti Kertas, Plastik, Kain, Kayu, Karet dan lain sebagainya. Jenis APAR yang cocok untuk memadamkan kebakaran Kelas A adalah *APAR jenis Cairan (Water)*, *APAR jenis Busa (Foam)* dan *APAR jenis Tepung Kimia (Dry Powder)*.

6.4.2. Kebakaran Kelas B

Kebakaran Kelas B merupakan kelas kebakaran yang dikarenakan oleh bahan-bahan cair yang mudah terbakar seperti Minyak (Bensin, Solar, Oli), Alkohol, Cat, Solvent, Methanol dan lain sebagainya. Jenis APAR yang cocok untuk memadamkan kebakaran Kelas B adalah *APAR jenis Karbon Diokside (CO₂)*, *APAR jenis Busa (Foam)* dan *APAR jenis Tepung Kimia (Dry Powder)*.

6.4.3. Kebakaran Kelas C

Kebakaran Kelas C merupakan kelas kebakaran yang dikarenakan oleh Instalasi Listrik yang bertegangan. Jenis APAR yang cocok untuk memadamkan kebakaran Kelas C adalah APAR jenis Karbon Diokside (CO₂) dan APAR jenis Tepung Kimia (Dry Powder).

6.4.4. Kebakaran Kelas D

Kebakaran Kelas D merupakan kelas kebakaran yang dikarenakan oleh bahan-bahan logam yang mudah terbakar seperti sodium, magnesium, aluminium, lithium dan potassium. Kebakaran Jenis ini perlu APAR khusus dalam memadamkannya.

6.4.5. Kebakaran Kelas K

Adalah kebakaran yang disebabkan oleh bahan akibat konsentrasi lemak yang tinggi. Kebakaran jenis ini banyak terjadi di dapur. Api yang timbul didapur dapat dikategorikan pada api Klas B.

6.4.6. Kebakaran kelas E

Adalah kebakaran yang disebabkan oleh adanya hubungan arus pendek pada peralatan elektronik.

6.4.7. Media Pemadam

Alat pemadam yang bisa digunakan untuk memadamkan kebakaran jenis ini dengan menggunakan tepung kimia kering (dry powder), akan tetapi memiliki resiko kerusakan peralatan elektronik, karena dry powder mempunyai sifat lengket. Namun, anda juga dapat menggunakan.

	Water	Foam	ABC Powder	Carbon Dioxide	Wet Chemical
Wood, paper & textiles [A]	✓	✓	✓	✗	✓
Flammable liquids [B]	✗	✓	✓	✓	✗
Flammable gases [C]	✗	✗	✓	✗	✗
Electrical contact	✗	✗	✓	✓	✗
Cooking oils & fats [F]	✗	✗	✗	✗	✓

Gambar 6. 6 Pemadam api berbahaya

6.5. Sistem proteksi

Proteksi sistem tenaga listrik adalah suatu proses menjadikan pembangkitan, transmisi, distribusi, dan pemanfaatan (konsumsi) energi listrik seaman mungkin dari efek-efek kegagalan dan kejadian yang menempatkan sistem tenaga pada risiko. Tidak mungkin kita menjadikan sistem tenaga listrik 100% aman (safe) atau 100% dapat diandalkan (reliable), karena biayanya akan sangat mahal. Oleh karena itu perlu penilaian risiko (risk assessment) untuk menentukan tingkat bahaya yang dapat diterima terhadap kecelakaan atau biaya akibat kerusakan.

Tujuan proteksi dan koordinasi sistem listrik menurut ANSI/IEEE std 242 1986/2001

*ANSI : American National Standards Institute / IEEE : Institute of Electrical and Electronics Engineers.

Nilai investasi peralatan listrik apada suatu pembangkit listrik sedemikian besarnya, sehingga perhatian yang khusus harus diutamakan agar setiap peralatan tidak hanya dapat beroperasi dengan efisien yang optimal, tetapi juga harus teramankan dari kecelakaan/kerusakan yang fatal. Kerusakan yang fatal dapat menimbulkan : kerugian biaya, kerugian operasi (long outage), terganggunya pelayanan (service). Untuk itu proteksi sangat diperlukan pada peralatan pembangkit. Hamper semua peralatan pembangkit tidak dibiarkan beroperasi tanpa menggunakan peralatan proteksi. Proteksi adalah suatu perangkat kerja proteksi yang mempunyai fungsi dan peranan :

- a. Memberikan signal alarm/melepas pemutus tenaga (circuit breaker) dengan tujuan mengisolir ganguan/kondisi yang tidak normal seperti adanya beban lebih, tegangan rendah, kenaikan suhu, beban tidak seimbang, daya kembali, frekuensi rendah, hubung singkat dan kondisi tidak normal lainnya.
- b. Melepas /mentripkan peralatan yang berjalan tidak normal untuk mencegah timbulnya kerusakan. Contohnya : proteksi beban lebih (Overload) berfungsi untuk mengamankan mesin listrik dan kerusakan isolasi.
- c. Melepas/mentripkan peralatan yang terganggu secara cepat dengan tujuan mengurangi kerusakan yang lebih berat. Contohnya : bila suatu mesin listrik secara cepat distop/dilepas setelah terjadinya gangguan pada belitan, maka hanya sebagian kumparan saja yang perlu diperbaiki. Tetapi apabila gangguan terjadi secara terus menerus maka kemungkinan seluruh belitan akan rusak dan memerlukan perbaikan total/overload.
- d. Melokalisir kemungkinan dampak akibat gangguan dengan memisahkan peralatan yang terganggu dari system. Peralatan yang terganggu dapat menyebabkan gangguan pada peralatan yang lain yang berada pada sistemnya.
- e. Melepas peralatan/bagian yang terganggu secara cepat dengan maksud menjaga stabilitas sistem kontinuitas pelayanan dan untuk kerja sistem.

Tabel 6. 1 Klasifikasi Relai Proteksi

No	ASAS KERJA	TIPE KONSTRUKSI	PENGGUNAAN
1	Tarikan Magnit Listrik (Electromagnetic Attraction)	a) Plunger type b) Balanced beam type c) Hinged armature type d) Polarized moving iron type e) Permanent magnet moving coil type	Relai seketika (Instantaneous Relay)
2	Induksi Magnit Listrik (Electromagnetic Induction)	a) Induction disc type b) Induction cup type	Relay dengan waktu tunda (Time Delay Relay)
3	Relai suhu/panas (Thermal Relay)	a) Bimetal strip type b) Thermocouple type c) Electronic	Proteksi motor, generator dan trafo
4	Relai yang digerak-kan oleh gas	a) Bucholz relay b) Sudden pressure relay (gas pressure relay)	Proteksi trafo
5	Static relay	1. Rangkaian elektronik	Complex protective system pada generator, motor

Tabel 6. 2 Simbol Dan Kode Relai Proteksi

No	NAMA RELAI	SIMBOL	KODE
1	Relai jarak (distance relay)	Z <	21
2	Relai periksa sinkron (Synchro check relay)	Uf =	25
3	Relai tegangan kurang (Under voltage relay)	U <	27
4	Relai daya balik (Reverse power relay)	P	32
5	Relai arus kurang (Under current relay)	I <	37
6	Relai kehilangan medan penguat (Loss of	B = O	40

	excitation relay)		
7	Relai urutan phasa negatif (Negatif sequence relay)	Ii >	46
8	Relai suhu (Thermal relay)		49
9	Relai arus lebih seketika (Instantaneous Over current relay)	I >	50
10	Relai arus lebih dengan waktu tunda (Time Over current Relay)	I >	51
11	Relai fluksi lebih (Over excitation relay)	V/f	59/81
12	Relai tegangan lebih (Over voltage relay)	U >	59
13	Relai tegangan seimbang (Voltage balance relay)	Ud	60
14	Relai waktu tunda (Time auxiliary relay)		62
15	Relai tekanan gas (Gas pressure relay)	P	63
16	Relai hubung tanah (Ground fault relay)		64
17	Relai frekuensi (Frequency relay)	f	81
18	Lock out relay		86
19	Relai differensial (Differential Relay)	I	87
20	Relai Bucholz		95

6.6. Jenis Potensi Bahaya Listrik

Bahaya Listrik (Electrical Hazard) :

1. Shock

- Tersengat listrik
- Kesetrum
- Stimulasi fisik atau trauma yang terjadi sebagai akibat dari mengalirnya arus listrik lewat melalui tubuh.

(the physical stimulation or trauma that occurs as a result of electric current passing through the body.)

2. Arc = percikan api (arc flash) -> kebakaran (fire)

Percikan api > Kebakaran (fire)

= Terlepasnya energi panas dan cahaya yang disebabkan oleh kerusakan listrik dan setelah itu peluahan listrik melalui insulator listrik, seperti udara.

(the heat and light energy released that is caused by the electrical breakdown of and subsequent electrical discharge through an electrical insulator, such as air).

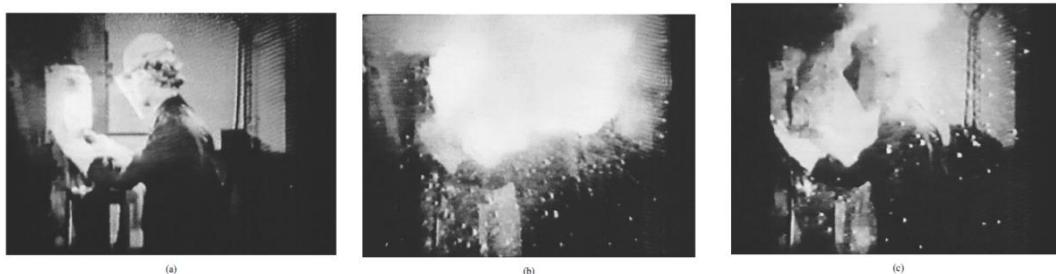
Jenis – Jenis Arc :

1. Arc Flash = Arc yang timbul karena short circuit [terhubungnya kawat fasa AC atau kawat positif + DC dengan kawat lain atau bagian konduktor lain sebelum pemakaian (load)].
 2. Arc yang menyebabkan KEBAKARAN (Fire)

Arc Flash = Arc yang timbul karena short circuit [terhubungnya kawat fasa AC atau kawat positif + DC dengan kawat lain atau bagian konduktor lain sebelum peakaian (load)].



Gambar 6. 7 Kebakaran Listrik



Gambar 6. 8 Electric arc damage caused by 240 volt arc.

Cara mencegah terjadinya Arc Flash [Arc yang timbul karena short circuit terhubungnya kawat fasa AC atau kawat positif + DC dengan kawat lain atau bagian konduktor lain sebelum pemakaian (load)]

1. Pada saat melakukan pekerjaan pemeliharaan, harus selalu listriknya dimatikan dululu (off & LOTO), kecuali terpaksa.

2. Hindarkan kemungkinan terjadinya short circuit, dan pastikan harus ada alat proteksi (CB atau Fuse)
3. Hindari kondisi tidak aman (Unsafe condition) dan perilaku yang tidak aman (Unsafe Act)
4. Gunakan alat pelindung diri (APD) yang baik dan benar.

Penggunaan APD yang benar untuk mencegah efek dari arc flash = arc yang timbul karena short circuit.



Gambar 6. 9 Arc menyebabkan kebakaran



Gambar 6. 10 Segitiga Api

“HEAT” bisa timbul karena :

1. Terjadi short circuit, tetapi alat proteksi tidak mentripkan circuit
2. Kualitas kabel (kawat dan isolasi) tidak baik
3. Penggunaan jenis kabel yang salah (misalnya NYM hanya untuk indoor)
4. Ukuran kawat terlalu kecil
5. Terjadi “loss connection” (dari sambungan kawat, tusuk kontak yang bertumpuk – tumpuk yang cendurung tidak rapat, dan lain – lain)

CARA MENCEGAH TERJADINYA ARC YANG MENYEBABKAN KEBAKARAN :

1. Hindarkan kemungkinan terjadinya short circuit, dan harus ada alat proteksi (CB atau Fuse)
2. Gunakan kualitas kabel (kawat dan isolasi) yang baik
3. Gunakan jenis kabel yang benar
4. Gunakan ukuran kawat yang sesuai dengan KHA (Ampacity)nya
5. Hindari terjadinya “loss connection”

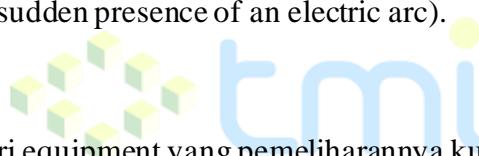
3. Blast = ledakan, kadang-kadang disebut “arc blast”

Blast (electric) = ledakan :

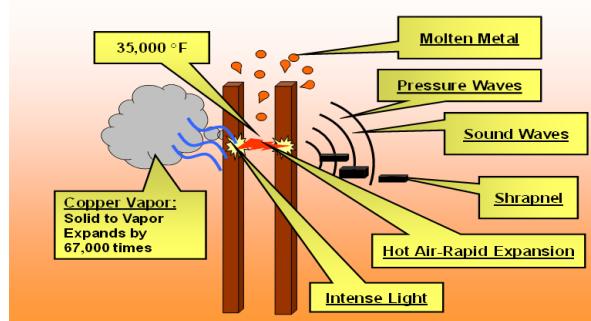
Efek eksplosif yang disebabkan oleh ekspansi cepat dari udara dan material yang superpanas secara mendadak dari percikan api.

(The explosive effect caused by the rapid expansion of air and other vaporized materials that are a superheated by the sudden presence of an electric arc).

Blast (ledakan) :



- 1) Blast yang berasal dari equipment yang pemeliharannya kurang baik, misalnya :
 - Transformator meledak
 - Battery meledak
 - Dll
- 2) Blast yang terjadi karena interrupting rating (breaking capacity) yang tidak benar pada CB & Fuse

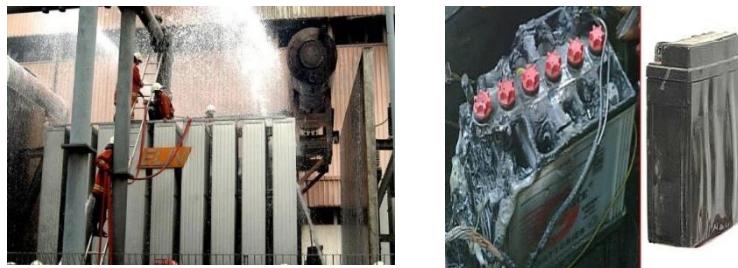


Gambar 6. 11 Efek Blast

BLAST YANG BERASAL DARI EQUIPMENT YANG PEMELIHARAANNYA KURANG BAIK, MISALNYA :

CARA MENCEGAH BLAST YANG BERASAL DARI EQUIPMENT YANG PEMELIHARAANNYA KURANG BAIK

- 1) Laksanakan pekerjaan pemeliharaan (PM, PdM, dan CM) sesuai dengan prosedur – prosedur pemeliharaan (maintenance procedures).
- 2) Lakukan JSA (Job Safety Analysis) untuk setiap pekerjaan pemeliharaan (PM, PdM, CM)



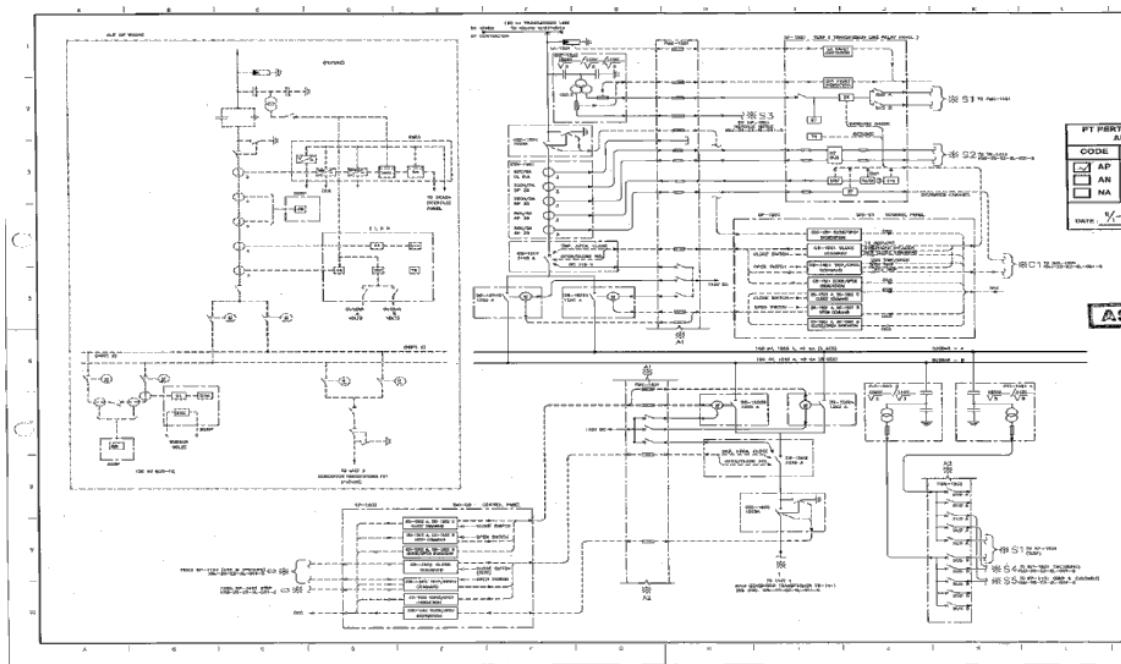
Gambar 6. 12 Transformator meledak (kiri), Batery meledak (kanan)



BLAST YANG TERJADI KARENA INTERRUPTING RATING (BREAKING CAPACITY) YANG TIDAK BENAR PADA CB & FUSE :



Gambar 6. 13 Interior after Blast (kiri), Exterior after blast(kanan)



Gambar 6. 14 Data “Interrupting Rating (Breaking Capacity)” gambar satu garis (single line diagram)

Contoh : Interrupting Rating = 40 KA

Blast yang terjadi karena Interrupting Rating yang tidak benar pada CB & Fuse :

Bila terjadi short circuit dan alat proteksinya trip tetapi pecah (break) maka terjadi blast.

Oleh karena itu pada alat proteksi baik fuse maupun circuit breaker :

- 1) Contact rating [Amper] : untuk memproteksi overcurrent (over load), dan short circuit
- 2) Breaking capacity (interrupting current) [KA] : untuk bertahan tidak pecah jika terjadi short circuit.

CARA MENCEGAH BLAST TERSEBUT :

- 1) Hindari kemungkinan terjadinya short circuit
- 2) Pastikan breaking capacity dari fuse dan circuit breaker adalah lebih besar dari pada maximum short circuit pada titik terjadinya short circuit tersebut. Maximum short circuit pada titik bus dihitung menggunakan software misalnya ETAP (Electrical Transient Analyzer Program).

Yang dimaksud bahaya – bahaya lain dari listrik adalah bahaya – bahaya yang selain shock, Arc & Blast :

- 1) Bahaya induksi electromagnetic ketika sedang melakukan pekerjaan pemeliharaan listrik.
- 2) Bahaya radiasi ketika sedang melakukan pekerjaan pemeliharaan listrik
- 3) Bahaya terpeleset ketika sedang melakukan pekerjaan pemeliharaan listrik
- 4) Bahaya jatuh dari ketinggian ketika sedang melakukan pekerjaan pemeliharaan listrik
- 5) Bahaya tersentuh panas pada peralatan listrik ketika sedang melakukan pekerjaan pemeliharaan listrik
 - a. Cara mencegahnya :
 - b. Hati-hati, Hindari Unsafe Condition & Unsafe Acts, Gunakan APD yang tepat dan baik, Patuhi rambu-rambu yang dipasang, Patuhi prinsip-prinsip K3 Umum, dan K3 Spesialis.
 - c. Bahaya lainnya :
- 6) Bahaya induksi electromagnetic ketika sedang melakukan pekerjaan pemeliharaan listrik
- 7) Bahaya radiasi ketika sedang melakukan pekerjaan pemeliharaan listrik
- 8) Bahaya terpeleset ketika sedang melakukan pekerjaan pemeliharaan listrik
- 9) Bahaya jatuh dari ketinggian.
- 10) Bahaya tersentuh panas pada peralatan listrik ketika sedang melakukan pekerjaan pemeliharaan listrik
- 11) Dll.

6.7. Lembar Kerja

6.7.1. Ceklist Pekerjaan Pemeliharaan

Syarat K3 Administrasi Pemeliharaan di Pembangkit :

- a. Contoh foto atau scan sertifikat ahli K3 dan Teknisi K3 bidang listrik
- b. Contoh dokumen penunjukan PJK3
- c. Permenaker 4/95 tentang PJK3
- d. PP 50/2012 (perusahaan sudah ikut atau belum SMK3)
- e. Kep Dir PPK & K3 no. Kep 47/PPK & K3/ VIII/ 2015 tentang pembinaan calon ahli K3 bidang listrik
- f. Kep Dir PPK & K3 no. Kep 48/PPK & K3/ VIII/ 2015 tentang pembinaan calon teknisi K3 bidang listrik

Pelaksanaan pemeliharaan pada dasarnya dikerjakan sesuai petunjuk pabrik pembuatannya. Untuk memulai pekerjaan kecuali padahal-hal yang darurat, pelaksanaan pemeliharaan hanya boleh dilaksanakan setelah syaratnya lengkap, utamanya adalah perintah kerja, materi pemeliharaan, dan kepala pelaksana.

CHECKLIST PEKERJAAN PEMELIHARAAN DI PEMBANGKITAN LISTRIK, MELIPUTI INSTALASI, PERLENGKAPAN, DAN PERALATAN LISTRIK.

URAIAN KEGIATAN PEMELIHARAAN PERALATAN LISTRIK

/ = Jenis dan siklus waktu pemeliharaan.

4.11. Sistem Proteksi.

No.	Kegiatan	Jenis pemeliharaan			Periode pemeliharaan							Dilaksanakan	Peralatan Kerja	
		Preventive	Corrective	Detective	Harian	Mingguan	Bulanan	Triwulan	Semester	Tahunan	5 tahunan	10 tahunan		
1	Pengecekan kesiapan rangkaian trip dengan menekan tombol lampu test "healthy trip". (di gardu induk yang ada fasilitas peralatan ter-sebut).	<input checked="" type="radio"/>				<input checked="" type="radio"/>							ON	RP
2	Pemeriksaan lampu-lampu led indikator kesiapan relé proteksi (jenis elektronik).	<input checked="" type="radio"/>				<input checked="" type="radio"/>							ON	PP
3	Pemeriksaan kesiapan lampu annunciator (test lamp annunciator).	<input checked="" type="radio"/>				<input checked="" type="radio"/>							ON	RP
4	Pemeriksaan kesiapan tegangan AC & DC pada panel kontrol / proteksi.	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>			<input checked="" type="radio"/>						<input checked="" type="radio"/>	ON	PP
5	Pembersihan panel Kontrol dan Relé.	<input checked="" type="radio"/>					<input checked="" type="radio"/>						ON	PP
6	Pengencangan mur-baut pada terminal-terminal wiring.	<input checked="" type="radio"/>								<input checked="" type="radio"/>			ON / Off	PP
7	Pembersihan kontak-2 relé dengan contact cleaner (jenis elektromekanik).	<input checked="" type="radio"/>								<input checked="" type="radio"/>			OFF	PP
8	Pengujian Individual / karakteristik relé elektro-mekanik pada settingnya.	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>							<input checked="" type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/>	ON / Off	PP
9	Pengujian fungsi relé proteksi.	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>							<input checked="" type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/>	Off	PP
10	Pengujian Individual / karakteristik relé elektronik / digital pada settingnya.	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>							<input checked="" type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/>	ON / Off	PP
11	Pengukuran tahanan iso-lasi dari rangkaian wiring.		<input checked="" type="radio"/>									<input checked="" type="radio"/>	Off	PP
														Megger 500 Volt.

12	Pemeriksaan penanahan panel dan kabel wiring.								<input checked="" type="radio"/>	ON	PP	Megger tanah
13	Pemeriksaan wiring kontrol dengan thermovision.								<input checked="" type="radio"/>	ON	PP	Thermovision

Adaupun dalam melakukan operasi atau pemeliharaan ada beberapa yang berhubungan dengan peralatan baik untuk keamanan ataupun untuk kinerja dari pembangkit sendiri. peralatan yang berhubungan dengan keamanan : berupa arus, tegangan, daya, suhu, tekanan, dan getaran sedangkan peralatan yang berhubungan dengan kinerja yaitu : energy (Kwh) dan pemakaian bahan bakar/air pada pembangkit.

Semula dilakukan secara manual, namun sekarang banyak yang dilakukan secara otomatis dengan menggunakan recoder dan computer dan diberi batas nilai minimum dan maksimum yang tidak boleh dilampaui. Bila nilai melebihi batas maksimum alat (alrm) akan membunyikan tanda dan apabila keadaan ini terus berlangsung, akan diikuti dengan langkah men-trip unit pembangkit.



6.7.2. JSA/JSO

Bertujuan mencari/ menemukan adanya sumber bahaya dan usaha menghilangkannya dari suatu rangkaian proses pekerjaan.

Langkah – Langkah JSO

Ada 5 langkah yang harus dilakukan :

1. Memilih pekerjaan yang diamati
2. Melaksanakan pengamatan
3. Mencatat hasil-hasil pengamatan
4. Membahas hasil-hasil pengamatan bersama pekerja yang diamati
5. Memberikan tindak lanjut bagi sikap bekerja yang aman

Ada 4 aspek yang membantu dalam JSA :

1. Manusia (orang yang terkait : operator, supervisor dll)
2. Metode praktek kerja dan prosedur kerja dari pekerjaan yang dianalisis
3. Peralatan dan mesin yang digunakan
4. Material (bahan)

5. Lingkungan Kerja

	JOB DESCRIPTION	DATE :	New : Rev :
JOB SAFETY ANALYSIS	LOCATION	SUPERVISOR	DIBUAT OLEH
TEAM	UNIT	TEAM LEADER	REVISI OLEH
PPE YANG DIRECOMENDASIKAN			DISETUJUI OLEH

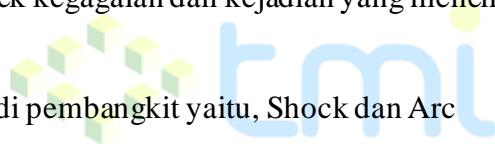
No	Job Step	Hazard Identification	Recommendation for Hazard Control
1.	Pelepasan Top Rail	1.1 Terjatuh dari ketinggian 1.2 Pipa Top Rail jatuh dari pegangan 1.3 Tangan terkilir 1.4 Kaki tertimpa Pipa Top Rail 1.5 Material yang sudah dibongkar berantakan	1.1 Kaitkan Full body harness pada tiang terjauh untuk mencegah & dan membatasi langkah 1.2 Pegang erat,gunakan tali untuk menurunkan atau lakukan secara estafet dan lakukan pelepasan berdua dengan partner. 1.3 Putar kunci mendatar dan berlawanan dengan arah jarum jam sehingga Nut menjadi terbuka dan dapat dilepas. 1.4 Letakkan kaki di luar arah jatuhnya pipa saat melepas pipa 1.5 Lakukan house keeping
2.	Pelepasan Mid Rail	2.1 Terjatuh dari ketinggian 2.2 Pipa Mid Rail terlepas dari pegangan 2.3 Tangan terkilir 2.4 Kaki tertimpa pipa Mid Rail 2.5 Material yang sudah dibongkar berantakan	2.1 Kaitkan Full body harness pada tiang terjauh untuk mencegah & dan membatasi langkah 2.2 Pegang erat,gunakan tali untuk menurunkan atau lakukan secara estafet dan lakukan pelepasan berdua dengan partner. 2.3 Putar kunci mendatar dan berlawanan dengan arah jarum jam sehingga Nut menjadi terbuka dan dapat dilepas. 2.4 Letakkan kaki di luar arah jatuhnya pipa saat melepas pipa 2.5 Susun pipa dengan rapid an teratur di tempat yang tidak menghalangi access
3.	Pelepasan Toe Board	3.1 Terjatuh dari ketinggian 3.2 Papan Toe Board terlepas dari pegangan 3.3 Tangan terkilir 3.4 Kaki tertimpa papan Toe Board	3.1 Kaitkan Full body harness pada tiang terjauh untuk mencegah & dan membatasi langkah 3.2 Pegang erat,gunakan tali untuk menurunkan atau lakukan secara estafet dan lakukan pelepasan berdua dengan partner. 3.3 Gunakan Tang Potong untuk memotong kawat

6.8. Latihan / Study Kasus

- 1) Jelaskan dengan singkat mengapa proteksi dibutuhkan.
- 2) Jelaskan apa yang dimaksud dengan ‘Breaking Capacity’ atau ‘Repturing Capacity’ pada sistem proteksi.
- 3) Jelaskan apa yang dimaksud Slektivitas dan Diskriminasi pada suatu system proteksi
- 4) Jelaskan apa yang dimaksud dengan proteksi pendukung (back up protection) pada suatu sistem proteksi.
- 5) Sebutkan komponen dasar sistem proteksi

6.9. Rangkuman

- 1) Pemeliharaan adalah pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan yang mendadak yang waktunya tidak tertentu, yang pelaksanaannya tidak direncanakan sebelumnya dan sifatnya darurat.
- 2) Tujuan Pemeliharaan adalah memberikan pedoman dan petunjuk umum tentang pelaksanaan kegiatan pemeliharaan pusat listrik
- 3) Jenis Pemeliharaan yaitu : Preventive, Predictive, Cirretive, pemeliharaan emergency, pemeliharaan Overhaul
- 4) Obyek Pemelihraan : Termografi, Tribologi, vibrasi, life assement, unjuk kerja
- 5) Obyek pemeliharaan peralatan di pembangkit meliputi meliputi elektronika daya (power electronics), misalnya UPS (Uninterruptible Power Supply), Rectifier, Inventer, APAR, dll
- 6) Sistem Proteksi Proteksi sistem tenaga listrik adalah suatu proses menjadikan pembangkitan, transmisi, distribusi, dan pemanfaatan (konsumsi) energi listrik seaman mungkin dari efek-efek kegagalan dan kejadian yang menempatkan sistem tenaga pada risiko.
- 7) Jenis potensi bahaya di pembangkit yaitu, Shock dan Arc



BAB VII

PERSYARATAN K3 PEMELIHARAAN INSTALASI, PELENGKAPAN, DAN PERALATAN LISTRIK DI TRANSMISI LISTRIK

7.1. Pengertian dan Pemeliharaan

Pemeliharaan pada transmisi adalah serangkaian tindakan atau proses kegiatan untuk mempertahankan kondisi dan meyakinkan bahwa peralatan dapat berfungsi sebagaimana mestinya sehingga dapat dicegah terjadinya gangguan yang menyebabkan kerusakan. Tujuan pemeliharaan pada transmisi adalah untuk menjamin tidak adanya hambatan dalam kontinyuitas penyaluran tenaga listrik sendiri. Tujuan pemeliharaan pada transmisi diantaranya :

- a. Untuk meningkatkan *reliability*, *availability* dan *efficiency*.
- b. Untuk memperpanjang umur peralatan.
- c. Mengurangi resiko terjadinya kegagalan atau kerusakan peralatan.
- d. Meningkatkan *safety* peralatan.
- e. Mengurangi lama waktu padam akibat sering gangguan.

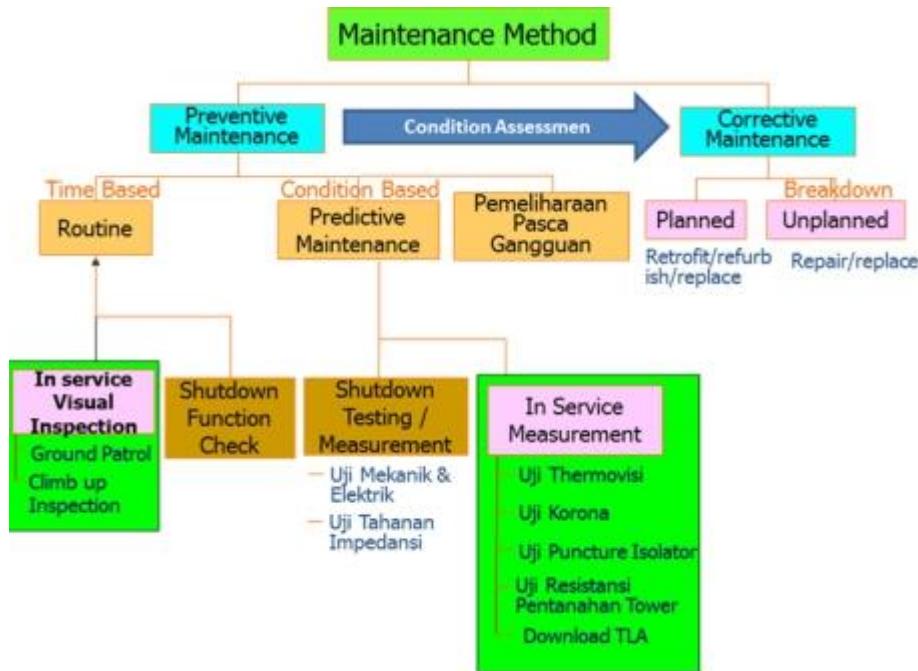


7.2. Pemeliharaan SUTT/SUTET

Pemeliharaan SUTT / SUTET memegang peranan sangat penting dalam menunjang kualitas dan keandalan penyediaan tenaga listrik kepada konsumen. Pemeliharaan SUTT / SUTET adalah proses kegiatan yang bertujuan mempertahankan atau menjaga kondisi SUTT / SUTET, sehingga dalam pengoperasiannya SUTT / SUTET dapat selalu berfungsi sesuai dengan karakteristik desainnya dan mencegah terjadinya gangguan yang merusak. Jadi, efektifitas dan efisiensi dari pemeliharaan SUTT / SUTET dapat dilihat dari :

- a. Peningkatan *reliability*, *availability* dan *efficiency* SUTT / SUTET
- b. Perpanjangan umur SUTT / SUTET
- c. Perpanjangan interval overhaul (pemeliharaan besar) pada SUTT / SUTET
- d. Pengurangan resiko terjadinya kegagalan atau kerusakan pada SUTT / SUTET
- e. Peningkatan *safety*
- f. Pengurangan lama waktu padam
- g. Waktu pemulihan yang efektif.

- h. Biaya pemeliharaan yang efisien/ekonomis



Gambar 7. 1 Maintenance Method



Jenis-jenis pemeliharaan yang harus dilaksanakan diantaranya :

A. Pemeliharaan Preventif (Preventive Maintenance)

Pemeliharaan preventif dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kerusakan secara tiba-tiba dan untuk mempertahankan unjuk kerja yang optimal sesuai umur teknisnya, melalui inspeksi secara periodik dan pengujian fungsi atau melakukan pengujian dan pengukuran untuk mendiagnosa kondisi peralatan.

Kegiatan ini dilaksanakan dengan berpedoman kepada : instruction manual dari pabrik, standar-standar yang ada (IEC, IEEE, CIGRE, ANSI, dll) dan pengalaman serta observasi / pengamatan operasi di lapangan. Pemeliharaan preventif dibagi menjadi 2 (dua) bagian, yaitu :

1. Pemeliharaan Rutin (*Routine Maintenance*), merupakan pemeliharaan yang secara periodik / berkala dengan melakukan inspeksi dan pengujian fungsi guna mendeteksi adanya potensi kelainan atau kegagalan pada peralatan dan mempertahankan unjuk kerjanya. Pelaksaan pemeliharaan rutin pada SUTT / SUTET terdiri dari beberapa rangkaian, yaitu :
 - a. *Ground Patrol* : Pemeliharaan mingguan dan triwulan.

b. *Climb Up Inspection:* Pemeliharaan yang dilaksanakan minimal 1 (satu) kali dalam 5 Tahun atau lebih sesuai kebutuhan operasional yang mengacu pada peta kerawanan instalasi (polusi tinggi, rawan petir dan tegakan) serta setelah gangguan yang memerlukan investigasi lanjutan dilapangan.

Namun, ruang lingkup dalam pemeliharaan rutin meliputi beberapa rangkaian, diantaranya :

- 1) *In Service Visual Inspection*, pekerjaan pemantauan atau pemeriksaan secara berkala untuk memastikan kondisi peralatan saat operasi dengan hanya memanfaatkan indera penglihatan dan alat ukur bantu sederhana sebagai pendekripsi. *In Service Visual Inspection* memiliki tujuan untuk mendapatkan indikasi awal ketidaknormalan peralatan (anomali) sebagai bahan untuk melakukan Evaluasi Level 1 serta sebagai informasi bagi pengembangan atau tindakan pemeliharaan.
- 2) *Climb up Inspection*, merupakan jenis pekerjaan pemeriksaan secara berkala terhadap tower berserta perlengkapannya dilakukan oleh *Climber* (petugas pemeliharaan) dengan cara memanjat tower pada SUTT / SUTET yang dalam keadaan bertegangan

B. PREDICTIVE MAINTENANCE

Predictive maintenance atau Pemeliharaan Berbasis Kondisi (*Condition Based Maintenance*) merupakan pemeliharaan yang dilakukan dengan cara melakukan monitor dan membuat analisa tren terhadap hasil pemeliharaan untuk dapat memprediksi kondisi dan gejala kerusakan secara dini. Hasil monitor dan analisa tren hasil *Predictive Maintenance* merupakan input yang dijadikan sebagai acuan tindak lanjut untuk tahap *Planned Corrective Maintenance*. *Predictive Maintenance* sendiri memiliki beberapa pengujian yang meliputi :

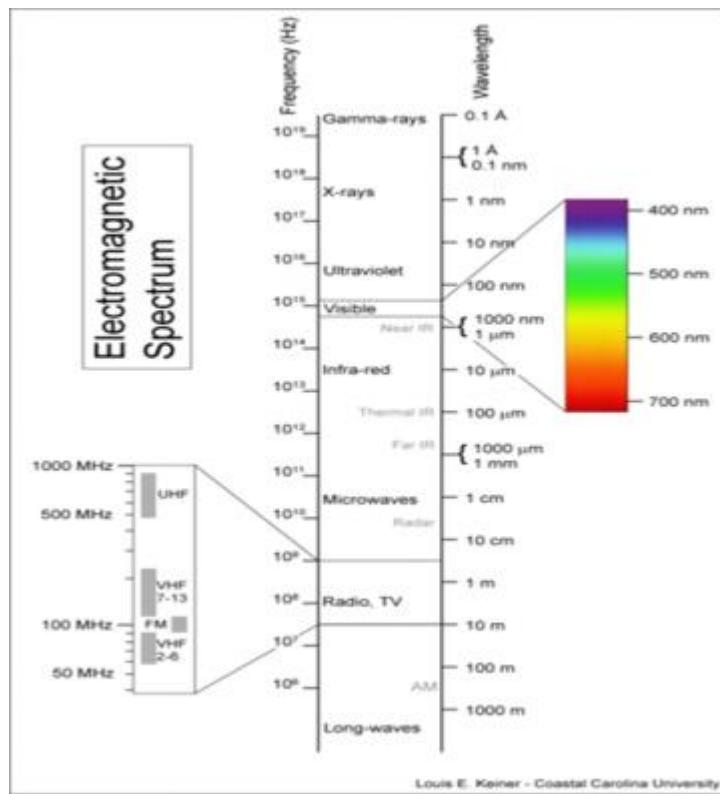
1. *In Service Measurement*, Adalah pengujian yang dilakukan saat peralatan operasi (bertegangan) untuk dapat memprediksi kondisi dan gejala kerusakan peralatan secara tepat. uraian kegiatan yang dilaksanakan meliputi pengujian *Thermovisi*, *Corana Detector*, *ITECE*, *Puncture Insulator*, Resistansi pentahanan tower.

2. *Shutdown Testing / Measurement*, Adalah pengujian contoh yang dilakukan saat peralatan tidak operasi (padam) untuk dapat memprediksi kondisi dan gejala kerusakan peralatan secara dini. Khususnya pada transmisi yang sudah habis masa manfaatnya.

a. Pengujian *Thermovisi*

Selama beroperasi, peralatan yang menyalurkan arus listrik akan mengalami pemanasan karena adanya I^2R . Bagian-bagian yang sering mengalami pemanasan dan harus diperhatikan adalah terminal dan sambungan, terutama antara dua metal yang berbeda serta penampang konduktor yang mengecil karena korosi atau rantas. Kenaikan I^2R , disamping meningkatkan rugi-rugi juga dapat berakibat buruk karena bila panas meningkat, kekuatan mekanis dari konduktor melemah, konduktor bertambah panjang, penampang mengecil, panas bertambah besar, demikian seterusnya, sehingga konduktor putus.

Pengukuran panas secara langsung pada peralatan listrik yang sedang beroperasi tidak mungkin dilakukan terutama untuk SUTTT dan SUTET, karena tegangannya yang tinggi. Deteksi panas secara tidak langsung dapat dilakukan dengan menggunakan teknik sinar infra merah. Sinar infra merah atau *infrared* (disingkat IR) sebenarnya adalah bagian dari spektrum radiasi gelombang elektromagnetik. IR mempunyai panjang gelombang antara 750 nm hingga 100 μm (lihat grafik spektrum).



Gambar 7. 2 Electromagnetic Spectrum

b. Pengujian Korona

Partial Discharge, korona, *spark over*, *flashover*, breakdown adalah rumpun kejadian luahan listrik secara berurutan yang dapat terjadi pada isolasi. *Partial discharge* (PD) adalah kejadian *breakdown* listrik pada suatu bagian kecil dari sistem isolasi listrik yang berbentuk cair atau padat, akibat stres tegangan listrik. Selama kejadian PD, tidak ada jembatan langsung antara 2 elektroda. Dalam ilmu listrik, korona adalah partial discharge yang bersinar dari konduktor dan insulator, karena ionisasi dari udara, kea medan listrik melewati batas kritis (24-30 kV/cm).

C. PEMELIHARAAN PASCA GANGGUAN

Pemeliharaan ini dilakukan setelah peralatan mengalami gangguan dan dalam menjalani pemeliharaan, peralatan harus melakukan *In Service Visual Inspection* (*Ground Patrol* atau melakukan pengecekan jalur setelah *reclose / trip* akibat gangguan eksternal, dilanjutkan dengan *Climb Up Inspection* yang berguna untuk memastikan lokasi sumber gangguannya) & *In Service Measurement* (*Thermovisi*, *puncture test / ITeCe*, *Corona Detector*, *Download TLA*). Namun,

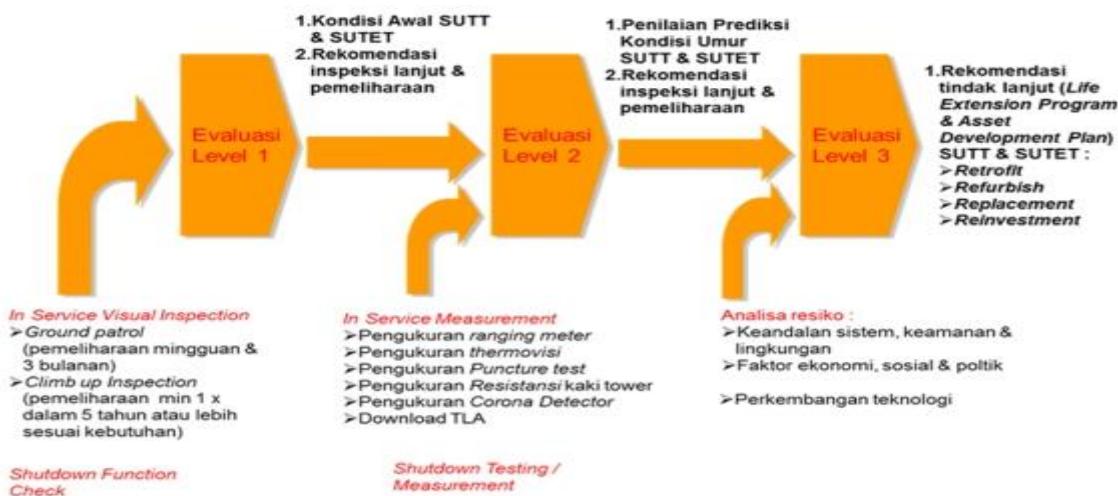
jika kondisi peralatan masih dalam keadaan baik, maka peralatan dapat dioperasikan kembali, namun bila peralatan telah terjadi kerusakan yang memerlukan perbaikan, maka perlu ditindaklanjuti dengan melakukan pemeliharaan *Corrective Maintenance*.

CORRECTIVE MAINTENANCE

Pemeliharaan yang dilakukan jika peralatan mengalami kelainan, unjuk kerja rendah pada saat menjalankan fungsinya atau kerusakan (berdasarkan *Condition Assesment* dari *Preventive Maintenance*), dengan tujuan untuk mengembalikan pada kondisi semula melalui perbaikan ataupun penggantian. Di dalam pelaksanaannya, *Corrective Maintenance* dapat dibagi menjadi 2 (dua), yaitu :

1. *Planned*, pemeliharaan yang dilakukan jika peralatan mengalami kelainan / unjuk kerja rendah pada saat menjalankan fungsinya, dengan tujuan untuk mengembalikan pada kondisi semula melalui perbaikan (*repair*) ataupun penggantian (*replace*) secara terencana. Acuan tindak lanjut yang digunakan pada Planned Corrective Maintenance berdasarkan hasil pemeriksaan *Ground patrol*, *Climb up* dan pengujian pada *Predictive Maintenance*.
2. *Unplanned*, Disebut juga dengan Pemeliharaan *Breakdown*, merupakan pemeliharaan yang dilakukan jika peralatan mengalami kerusakan secara tiba-tiba sehingga menyebabkan pemadaman. Untuk mengembalikan pada kondisi semula perlu dilakukan perbaikan besar (*repair*) atau penggantian (*replace*).

7.2.1. Metode Evaluasi hasil pemeliharaan SUTT/SUTET



Gambar 7. 3 Metode Evaluasi hasil pemeliharaan SUTT/SUTET

Metode evaluasi hasil pemeliharaan SUTT / SUTET mengacu pada alur pengambilan keputusan seperti pada gambar di atas. Proses pengambilan keputusan tersebut meliputi 3 (tiga) tahapan utama, yaitu :

a. Evaluasi Level 1

Merupakan tahap awal metode evaluasi hasil pemeliharaan SUTT / SUTET. Pelaksanaan Evaluasi Level 1 menggunakan input hasil pemeliharaan rutin SUTT / SUTET baik yang sifatnya mingguan & 3 bulanan yaitu Ground patrol, dan 5 (lima) tahunan atau lebih sesuai kebutuhan yaitu *Climb up inspection*. Tahapan ini menghasilkan Kondisi Awal SUTT / SUTET (*Early warning*) dan Rekomendasi pelaksanaan inspeksi lanjut & pemeliharaan.

b. Evaluasi Level 2

Adalah tahap lanjutan metode evaluasi hasil pemeliharaan SUTT / SUTET. Pelaksanaan Evaluasi Level 2 menggunakan input Kondisi Awal SUTT / SUTET (*Early warning*) dan Rekomendasi pelaksanaan inspeksi lanjut & pemeliharaan dari Evaluasi Level 1 ditambah dengan hasil pemeliharaan *In Service Measurement* dan *Shutdown Testing / Measurement*. Tahapan ini menghasilkan Penilaian Prediksi Kondisi Umur SUTT / SUTET (*Life prediction*) dan Rekomendasi pelaksanaan inspeksi lanjut & pemeliharaan.

c. Evaluasi Level 3

Merupakan tahap akhir metode evaluasi hasil pemeliharaan SUTT / SUTET. Pelaksanaan Evaluasi Level 3 menggunakan input Penilaian Prediksi Kondisi Umur SUTT / SUTET (*Life prediction*) dan rekomendasi pelaksanaan inspeksi lanjut & pemeliharaan dari Evaluasi Level 2 ditambah dengan Evaluasi Resiko yang meliputi Keandalan sistem, keamanan & lingkungan dan Faktor ekonomi, sosial serta Perkembangan teknologi terkini. Tahapan ini menghasilkan Rekomendasi tindak lanjut yang berupa program perpanjangan umur SUTT / SUTET dan Rencana pengembangan aset (*Life extension program & Asset development plan*) seperti *Retrofit*, *Refurbish*, *Replacement* ataupun *Reinvestment*.

7.2.2. Pemeliharaan Gardu Induk

7.2.2.1.Pengertian Gardu Induk

Gardu induk adalah bagian penting dari sakuran transmisi pada pendistribusian kelistrikan. Terjadinya gangguan pada gardu induk memiliki hubungannya pada pemelihraannya dan tujuan pemeliharaan adalah menjamin operasi yang stabil dan tidak terjadinya gangguan pada saat pendistribusian listrik. Pada umumnya, terjadinya gangguan pada gardu induk yang terjadi karena pemeliharaan yang kurang baik serta adanya peralatan yang tidak berfungsi dengan baik. Pemeliharaan gardu induk sendiri memiliki bertujuan untuk meningkatkan hasil kerja (*performance*) peralatan, deteksi jika terjadinya kerusakan secepat mungkin dan mencegah gangguan sebanyak dan seluas mungkin.

Tugas pemeliharaan terperinci sebagai berikut :

- a. Patroli Harian, Inspeksi dan Perbaikan; Selama operasi, peralatan diperiksa oleh indra manusia dan instrument-instrumen pengukur. Pembersihan dan perbaikan kecil dapat juga dilakukan selama operasi. Hal-hal yang dianggap harus dicatat.
- b. Inspeksi tetap (regular) dan perbaikan; Selain peralatan yang dapat diperiksa setiap hari, ada sekelompok peralatan lain yang harus diperiksa secara teratur. Dengan menggunakan indra, perkakas serta alat pengukur dan pengujian dilakukan pekerjaan inspeksi tersebut, dan bila perlu perbaikan.
- c. Inspeksi khusus dan perbaikan; Inspeksi khusus dan perbaikan dilaksanakan bila kelihatan adanya ketidaknormalan pada inspeksi biasa, bila peralatan terlalu sering digunakan dan bila ada gangguan yang serius pada peralatan yang sama jenisnya.

7.2.2.2.Gangguan Listrik Dan Penaggulangannya

Jika garudu induk mengalami gangguan, maka penanggulangannya tergantung dari jenis tingkat gangguan yang terjadi. Bila diperkirakan bahwa gangguan terjadi dalam lingkungan gardu, maka gangguan itu harus segera diatasi dan dilaporkan pada pusat pembagi beban. Bagian yang bertugas melakukan perbaikan mengusahakan agar peralatan yang rusak segera dapat diperbaiki serta mengurangi pengaruh gangguan dengan menyediakan pekerja dan bahan yang diperlukan, gardu induk mobil, dan sebagainya. Untuk memungkinkan perbaikan dengan cepat disediakan sejumlah bagian pengganti (*spare parts*) dalam jumlah yang cukup dan jenis yang sesuai. Hal ini tergantung dari kondisi geografis dan pentingnya gardu, fungsinya dalam sistem,

kondisi operasi, jumlah gangguan, harga dan waktu penyediaan bagian pengganti, serta lamanya peralatan beroperasi.

Kecenderungan terjadi kecelakaan karena kejutan listrik mungkin saja terjadi bila kondisi kerja dan cara kerja yang kurang aman. Cara menjalankan kondisi aman dalam pemeliharaan gardu, diantaranya:

- a. Mengadakan daftar-check pekerjaan; Daftar ini memuat detail persiapan dan pelaksanaan kerja satu per satu, prosedurnya, standar penilain keamanannya, perhatian khusus yang harus diberikan dan sebagainya.
- b. Membuat konstruksi penopang yang diperlukan dan jarring pengaman untuk mencegah kontak dengan bagian-bagian bertegangan.
- c. Memasang tanda-tanda larangan masuk, bahaya, dan sebagainya.
- d. Memberi tanda pengaman di tempat kerja berupa tali, papan pemberitahuan, bendera dan sebagainya.
- e. Menggunakan peralatan pengaman, misalnya topi pengaman, ikat pinggang pengaman, sarut tangan karet, sepatu karet dan sebagainya.
- f. Menegaskan pemberian tanggung jawab antara pekerja operasi dan pemeliharaan; Sebelum pekerjaan (perbaikan) dimulai, prosedur pengamanan menjadi tanggung jawab petugas operasi, yang kemudian menyerahkan kepada petugas pemeliharaan. Sesudah pekerjaan selesai, tanggung jawab ini diserahkan kembali kepada petugas operasi.

7.2.2.3.Jenis-Jenis Pemeliharaan Dalam Pemeliharaan Gardu Induk

Jenis-jenis pemeliharaan pada gardu induk adalah sebagai berikut:

- a. *Predictive Maintenance (Conditional Maintenance)* adalah pemeliharaan yang dilakukan dengan cara memprediksi kondisi suatu peralatan listrik, apakah dan kapan kemungkinannya peralatan listrik tersebut menuju kegagalan. Dengan memprediksi kondisi tersebut dapat diketahui gejala kerusakan secara dini. Cara yang biasa dipakai adalah memonitor kondisi secara online baik pada saat peralatan beroperasi atau tidak beroperasi. Untuk ini diperlukan peralatan dan personil khusus untuk analisa. Pemeliharaan ini disebut juga pemeliharaan berdasarkan kondisi (*Condition Base Maintenance*).

- b. *Preventive Maintenance (Time Base Maintenance)* adalah kegiatan pemeliharaan yang dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kerusakan peralatan secara tiba-tiba dan untuk mempertahankan unjuk kerja peralatan yang optimum sesuai umur teknisnya. Kegiatan ini dilaksanakan secara berkala dengan berpedoman kepada : Instruction Manual dari pabrik, standar-standar yang ada (IEC, CIGRE, dll) dan pengalaman operasi di lapangan. Pemeliharaan ini disebut juga dengan pemeliharaan berdasarkan waktu (*Time Base Maintenance*).
- c. *Corrective Maintenance* adalah pemeliharaan yang dilakukan dengan berencana pada waktu-waktu tertentu ketika peralatan listrik mengalami kelainan atau unjuk kerja rendah pada saat menjalankan fungsinya dengan tujuan untuk mengembalikan pada kondisi semula disertai perbaikan dan penyempurnaan instalasi. Pemeliharaan ini disebut juga *Curative Maintenance*, yang bisa berupa *Trouble Shooting* atau penggantian part/bagian yang rusak atau kurang berfungsi yang dilaksanakan dengan terencana.
- d. *Breakdown Maintenance* adalah pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan mendadak yang waktunya tidak tertentu dan sifatnya darurat. Pelaksanaan pemeliharaan peralatan dapat dibagi 2 macam:
 - 1) Pemeliharaan yang berupa monitoring dan dilakukan oleh petugas operator atau petugas patroli bagi Gardu Induk yang tidak dijaga (GITO – Gardu Induk Tanpa Operator).
 - 2) Pemeliharaan yang berupa pembersihan dan pengukuran yang dilakukan oleh petugas pemeliharaan.

7.3. Sistem Proteksi di Transmisi

Proteksi transmisi tenaga listrik adalah proteksi yang dipasang pada peralatan-peralatan listrik pada suatu transmisi tenaga listrik sehingga proses penyaluan tenaga listrik dari tempat pembangkit tenaga listrik (*Power Plant*) hingga Saluran distribusi listrik (*substation distribution*) dapat disalurkan sampai pada konsumen pengguna listrik dengan aman. Proteksi transmisi tenaga listrik diterapkan pada transmisi tenaga listrik agar jika terjadi gangguan peralatan yang berhubungan dengan transmisi tenaga listrik tidak mengalami kerusakan. Jika proteksi bekerja dengan baik, maka pekerja dapat melakukan pemeliharaan transmisi tenaga listrik dalam kondisi bertegangan. Jika saat melakukan pemeliharaan tersebut terjadi gangguan, maka pengaman-

pengaman yang terpasang harus bekerja demi mengamankan sistem dan manusia yang sedang melakukan perawatan.

Transmisi tenaga listrik terbagi dalam beberapa kategori. Kategori yang *pertama* adalah transmisi dengan tegangan sebesar 500Kv yang merupakan transmisi yang sangat tinggi. Kategori yang *kedua* adalah transmisi dengan tegangan sebesar 150 kV. Dan yang *ketiga* adalah transmisi 75 kV. Untuk dibawah 75 kV selanjutnya dinamakan dengan distribusi tenaga listrik.

Proteksi berbeda dengan pengaman. Jika pengaman suatu sistem berarti system tersebut tidak merasakan gangguan sekalipun. Sedangkan proteksi atau pengaman sistem, sistem merasakan gangguan tersebut namun dalam waktu yang sangat singkat dapat diamankan.

Sehingga sistem tidak mengalami kerusakan akibat gangguan yang terlalu lama. Gangguan pada transmisi tenaga listrik dapat berupa :

- a. Gangguan transmisi akibat hubung singkat.
- b. Gangguan transmisi akibat sambaran petir.
- c. Gangguan transmisi akibat hilangnya salah satu kabel fasa disebabkan dicuri oleh manusia



7.4. Pencegahan gangguan trasmisi listrik

Pencegahan gangguan pada jaringan transmisi sangat penting dilaksanakan karena jaringan tranmisi merupakan penyalur utama dari energi listrik untuk sampai ke jaringan distribusi dan seterusnya sampai ke konsumen. Jika jaringan transmisi menyalurkan secara baik maka energi listrik tidak akan terputus-putus. Pencegahan gangguan bertujuan untuk mengecilkan dari frekuensi terjadinya hambatan penyaluran energi listrik.

1. Usaha Memperkecil Terjadinya Gangguan

Cara yang ditempuh, antara lain:

- a. Membuat alat proteksi sesuai dengan fungsinya masing-masing dan dapat bekerja dengan cepat jika terjadi gangguan sehingga tidak menyebabkan kerusakan pada sistem jaringan.
- b. Menyetting relay proteksi sesuai dengan waktu kerjanya. Arus atau tegangan kerja relay harus lebih besar dari arus dan tegangan normal, sehingga relay dapat bekerja sesuai fungsinya
- c. Membuat isolasi yang baik untuk semua peralatan transmisi

- d. Membuat koordinasi isolasi yang baik antara ketahanan isolasi peralatan transmisi dan penangkal petir (arrester)
- e. Memakai kawat tanah dan membuat tahanan tanah pada kaki menara sekecil mungkin, serta selalu mengadakan pengecekan
- f. Membuat perencanaan yang baik untuk mengurangi pengaruh dan mengurangi atau menghindarkan sebab-sebab gangguan karena hubung singkat dan sambaran petir.
- g. Pemasangan yang baik, artinya pada saat pemasangan harus mengikuti peraturan-peraturan yang berlaku
- h. Menghindari kemungkinan kesalahan operasi, yaitu dengan membuat prosedur tata cara operasional (standing operational procedur) dan membuat jadwal pemeliharaan yang rutin
- i. Memasang kawat tanah pada SUTT dan gardu induk untuk melindungi terhadap sambaran petir
- j. Memasang lightning arrester (penangkal petir) untuk mencegah kerusakan pada peralatan akibat sambaran petir.



2. Usaha Mengurangi Kerusakan Akibat Gangguan

- a. Beberapa cara untuk mengurangi pengaruh akibat gangguan, antara lain sebagai berikut:

Secepatnya memisahkan bagian sistem yang terganggu dengan memakai pengaman dan pemutus beban dengan kapasitas pemutusan yang memadai yang di perintah otomatis oleh relay proteksi.
- b. Merencanakan agar bagian sistem yang terganggu bila harus dipisahkan dari sistem tidak akan mengganggu operasi sistem secara keseluruhan atau penyaluran tenaga listrik ke jaringan distribusi tidak terganggu.

Mempertahankan stabilitas sistem selama terjadi gangguan, yaitu dengan memakai pengatur tegangan otomatis yang cepat dan karakteristik kestabilan generator memadai.

7.5. Lembar kerja

7.5.1. Ceklist pemeliharaan di transmisi

Doc. No: BSI-OPP-PM-.....	Interval Freq: Weekly	PM Type: ONLINE Check	Effective date : 1/6/2017	Rev. No: 0
------------------------------	--------------------------	--------------------------	------------------------------	---------------

A. Informasi Umum

Lokasi	
Kapasitas (kVA)	
Serial Number	

Tanggal Inspeksi : _____

Waktu Inspeksi: _____

No	Item yang Diinspeksi	Kegiatan Inspeksi	Tindakan / Keadaan	Check Box
1	Temperatur Minyak & Lilitan Trafo	<ul style="list-style-type: none"> - Periksa indikator temperatur suhu minyak & lilitan (Jika ada), lalu tuliskan nilai pembacaannya. - Bandingkan hasil pembacaan temperaturnya dengan data sebelumnya. - Ketika temperatur lebih tinggi atau lebih rendah (pertimbangkan arus pembebanan & suhu sekitar), termometer trafo perlu diperiksa 	Minyak Trafo = °C Lilitan Trafo = °C	
2	Level Ketinggian Minyak Trafo	<ul style="list-style-type: none"> - Periksa ketinggian di oil level indicator - Bandingkan nilainya dengan nilai pada kurva oil level - oil temperatur - Ketinggian minyak dianggap normal jika perbedaan ketinggiannya di rentang 1 gradasi pengukuran pada kurva 		
3	Bushing	(Jika memungkinkan) Periksa adakah keretakan, pecah, debu, kebocoran compound atau minyak pada bushing		
4	Kebocoran Minyak Trafo	Periksa kebocoran - kebocoran minyak trafo secara visual dari beberapa bagian : <ul style="list-style-type: none"> - Sirip - sirip radiator - tangki trafo - pipa - pipa, dll <p style="margin-top: 10px;"> * Jika kebocoran terjadi karena gasket, maka kencangkan baut-bautnya atau ganti gasketnya. * Jika kebocoran terjadi pada bagian yang di-las, beri material pelekat </p>		
5	Bunyi dan getaran yang tidak normal	<ul style="list-style-type: none"> - suara aneh dan tidak normal, utamanya berasal pada bagian motor pompa minyak dan kipas, harus diperiksa dengan hati - hati. *Jika motor pompa minyak atau kipas makin berisik, penggantian bearing bisa dipertimbangkan. - Getaran yang tidak normal bisa diperiksa dengan tangan. *Jika ada bagian seperti penyangga, pipa, dan bagian lainnya yang bergetar akibat baut kendur, maka kencangkan!! 		

7.5.2. JSA

JOB SAFETY ANALYSIS

	Jenis Pekerjaan : Maintenace Trafo (Purifier oil trafo & Replace Seal Safety Relieve Valve)		Lokasi :	Tanggal :	Hal.... dari.....
	Pihak Sewatama/Pelanggan			Pihak Sewatama/Pelanggan	
	Diajukan Oleh :	Ditinjau Oleh :	Dianalisa Oleh :	Dianalisa Oleh :	Disetujui Oleh :
	Nama :	Nama :	Nama :	Nama :	Nama :
	Jabatan :	Jabatan :	Jabatan :	Jabatan :	Jabatan :
Alat Pelindung Diri Yang Diharuskan Dan Atau Disarankan :					
<input type="checkbox"/> Helmet <input type="checkbox"/> Safety Shoes <input type="checkbox"/> Safety Glasses <input type="checkbox"/> Earplug <input type="checkbox"/> Handgloves <input type="checkbox"/> Masker <input type="checkbox"/> Full body Harness					
NO.	LANGKAH KERJA	BAHAYA	TINDAKAN DAN PROSEDUR YANG DISARANKAN		
1	Mempersiapkan APD	Tersandung	Waspada terhadap kondisi Sekitar area tempat mendaruh APD Perhatikan langkah kaki & posisi mengangkat Peralatan.		
2	Mempersiapkan Tools	Terjepit, tersandung	Briefing dilakukan dengan jelas, dan memastikan peserta briefing paham.		
3	Safety Briefing / Toolbox Talk	Tidak memahami materi briefing	Perhatikan langkah kerja yang disampaikan dan kondisi sekitar		
4	Berjalan ke Area kerja	Tersandung & terjatuh	Perhatikan lokasi kerja dan pastikan aman dari Personel yang tidak bersangkutan		
5	Barikade area kerja	Tersandung & terjatuh	Memperhatikan kondisi keseluruhan tempat kerja dan menganalisa bahaya yang mungkin terjadi		
6	Observasi area kerja	Terjepit, terbentur, tertimpa, tersandung	Gunakan APD (Safety Shoes, Safety Helm, Safety Glass, Sarung Tangan)		
7	Mematikan Sumber energi & Install LOTO pada Panel Incoming / MCC & Gardu Induk PLN	Kerusakan komponen Panel	<ul style="list-style-type: none"> - Pastikan personil yang melakukan isolasi pada panel Incoming (MV) adalah orang yang berkompeten - Pastikan tidak dilakukan sendirian saat melakukan isolasi energi - Gunakan APD (Safety Shoes 20KV, Safety Helm, Safety Glass, Sarung Tangan 20KV) 		
8	Membuka drain oil trafo dan memasang hose oil	Tersengat listrik Terkilir Terjepit	<ul style="list-style-type: none"> - Pastikan sumber energi listrik telah diisolasi dan di Lock out Tag out - Memastikan LBS panel sudah Open dan grounding & sumber energi pada genset sudah diisolasi dan diberi tagging - Gunakan APD (Safety Shoes 20KV, Safety Helm, Safety Glass, Sarung Tangan 20KV) <ul style="list-style-type: none"> - Pastikan sumber energi sudah terisolasi & lockout - Gunakan APD (Safety Shoes, Safety Helm, Safety Glass, Sarung Tangan) <ul style="list-style-type: none"> - Pastikan pada saat melepas drain oil trafo, posisi kaki berada permukaan yang rata - Pastikan posisi untuk berpijak bebas dari peralatan / tools - Pastikan sepatu safety yang digunakan tidak licin <ul style="list-style-type: none"> - Pastikan posisi tangan saat melepas plug oil drain dapat terlihat & 		

BAB VIII

PERSYARATAN K3 PEMELIHARAAN INSTALASI, PELENGKAPAN, DAN PERALATAN LISTRIK DI DISTRIBUSI LISTRIK

8.1. Jenis – Jenis Pemeliharaan Pada Sistem Distribusi

Distribusi tenaga listrik adalah tahap akhir dalam pengiriman tenaga listrik; ini merupakan proses membawa listrik dari sistem transmisi listrik menuju ke konsumen listrik. Gardu distribusi terhubung ke sistem transmisi dan menurunkan tegangan transmisinya dengan menggunakan trafo.

Distribusi ini dibagi menjadi dua bagian yaitu:

a. Distribusi Primer

Yaitu jaringan distribusi yang berasal dari jaringan transmisi yang diturunkan tegangannya di Gardu Induk (GI) menjadi Tegangan Menengah (TM) dengan nominal tegangan 20;kV yang biasa disebut JTM (Jaringan Tegangan Menengah) lalu disalurkan ke lokasi-lokasi pelanggan listrik kemudian di turunkan tegangannya di trafo pada gardu distribusi untuk disalurkan ke pelanggan.

b. Distribusi Sekunder

Yaitu jaringan distribusi dari gardu distribusi untuk di salurkan ke pelanggan dengan klasifikasi tegangan rendah yaitu 220 V atau 380 V (antar fasa). Pelanggan yang memakai tegangan rendah ini adalah pelanggan paling banyak karena daya yang dipakai tidak terlalu banyak. Jaringan dari gardu distribusi dikenal dengan JTR (Jaringan Tegangan Rendah), lalu dari JTR dibagi-bagi untuk ke rumah pelanggan, saluran yang masuk dari JTR ke rumah pelanggan disebut Sambungan Rumah (SR). Pelanggan tegangan ini banyaknya menggunakan listrik satu fasa, walau ada beberapa memakai listrik tiga fasa.

Konsumen rumah tangga maupun komersial biasanya terhubung dengan jaringan distribusi sekunder melalui sambungan rumah listrik. Konsumen yang membutuhkan tegangan yang lebih tinggi dapat mengajukan permohonan untuk langsung terhubung dengan jaringan distribusi primer, atam ke level subtransmisi.

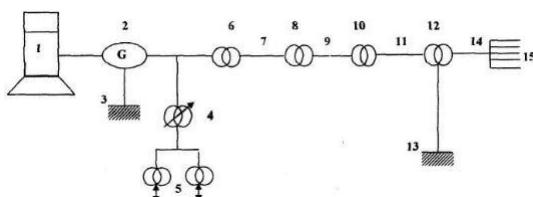
Pemeliharaan merupakan suatu pekerjaan yang dimaksudkan untuk mendapatkan jaminan bahwa suatu sistem atau peralatan akan berfungsi secara optimal, umur teknisnya meningkat

dan aman baik bagi personil maupun bagi masyarakat umum. Kegiatan pokok pemeliharaan rutin ini ditentukan berdasarkan periode atau waktu pemeliharaan yaitu bulanan, triwulan, semesteran atau tahunan.

Untuk melaksanakan pemeliharaan yang baik perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- a) Sistem distribusi pemeliharaan yang baik dan benar, memakai bahan/peralatan yang berkualitas baik sesuai dengan yang berlaku.
- b) Sistem distribusi yang baru dibangun harus diperiksa secara teliti, apabila terhadap kerusakan kecil segera diperbaiki pada saat itu juga.
- c) Pemelihraan harus terlatih baik dengan petugas cukup memadai.
- d) Mempunyai peralatan kerja yang baik dengan jumlah cukup memadai untuk pemeliharaan dalam kedaan tidak bertegangan maupun pemelihraan dalam keadaan bertegangan.
- e) Mempunyai buku/brosur peralatan dari pabrik pembuat dan dipelihara untuk bahan pada pekerjaan pemeliharaan berikutnya.
- f) Jadwal yang telah dibuat sebaiknya dibahas ulang untuk melihat kemungkinan penyempurnaan dalam pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan.
- g) Harus diamati tindakan pengaman dalam pelaksanaan pemeliharaan, gunakan peralatan keselamatan kerja yang baik dan benar.

Distribusi Listrik adalah suatu sistem jaringan yang berfungsi untuk menyalurkan energi listrik dari pusat listrik hingga sampai ke rumah-rumah dan konsumen - konsumen kecil lainnya (pelanggan). Jaringan distribusi berawal dari sisi sekunder transformator daya digardu induk (GI) penerima dan kemudian melalui saluran tegangan menengah. Bentuk jaringan distribusi dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 8. 1 Sistem Jaringan Distribusi

c. Pemeliharaan Rutin (Preventif Maintenance).

Pemeliharaan yang direncanakan terselenggara terus menerus secara periodik, merupakan pemeliharaan rutin dan ini suatu usaha atau kegiatan yang dimaksudkan untuk mempertahankan kondisi sistem dalam keadaan baik dengan keandalan dan daya guna yang optimal.

Contoh :

- 1) Pengecatan kembali kerangka PHB – TR dan Busbar.
- 2) Perbaikan instalasi PHB – TR.

d. Pemeliharaan khusus (Corrective Maintenance)

Merupakan pemeliharaan yang dimaksudkan untuk memperbaiki kerusakan atau untuk mengadakan perubahan atau penyempurnaan. Bertujuan untuk mempertahankan atau mengembalikan kondisi sistem atau peralatan yang mengalami gangguan atau kerusakan sampai kembali pada keadaan semula dengan kapasitas yang sama.

Contoh : Penggantian peralatan – peralatan PHB – TR yang terbakar.



e. Pemeliharaan darurat (Emergency Maintenance).

Pemeliharaan yang dimaksudkan untuk memperbaiki kerusakan yang disebabkan oleh bencana alam seperti gempa bumi, banjir, angin, badai, longsor dan sebagainya, yang sifatnya mendadak dan perlu segera dilaksanakan dan pekerjaannya tidak direncanakan.

8.2. Gardu Distribusi

Gardu Distribusi adalah suatu bangunan gardu listrik berisi atau terdiri dari instalasi Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Menengah (PHB-TM), Trafo Distribusi, dan Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) untuk memasok kebutuhan daya listrik bagi para pelanggan baik dengan Tegangan Menengah (TM 20kV) maupun Tegangan Rendah (TR 220/380 V). Konstruksi Gardu Distribusi dirancang berdasarkan optimalisasi biaya terhadap maksud dan tujuan penggunaannya yang kadang kala harus disesuaikan dengan peraturan pemerintah daerah setempat.

Secara garis besar gardu distribusi dibedakan atas :

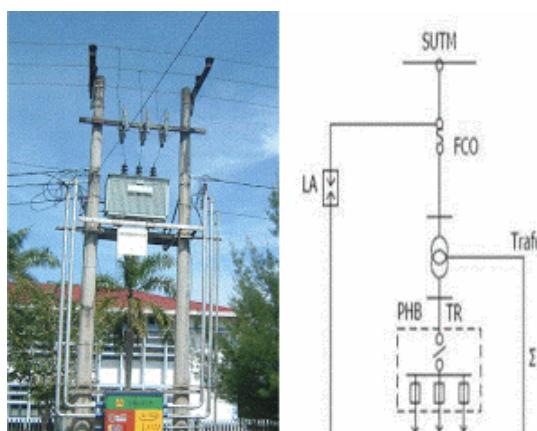
- a. Jenis pemasangannya
 - 1) Gardu pasangan luar : Gardu Portal, Gardu Cantol
 - 2) Gardu pasangan dalam : Gardu Beton, Gardu Kios
- b. Jenis konstruksinya
 - 1) Gardu beton
 - 2) Gardu tiang
 - 3) Gardu kios
- c. Jenis penggunaannya
 - 1) Gardu pelanggan umum
 - 2) Gardu pelanggan khusus

Khusus untuk pengertian dari Gardu Hubung adalah gardu yang ditujukan untuk memudahkan manuver pembebanan dari satu penyulang ke penyulang lain yang dapat dilengkapi/tidak dilengkapi *Remote Terminal Unit* (RTU). Untuk fasilitas ini biasanya dilengkapi fasilitas *DC Supply* dari Trafo Distribusi pemakaian sendiri atau Trafo Distribusi untuk umum yang diletakkan dalam satu kesatuan.

8.2.1. Gardu Tiang

Bahan tiang : Beton, Besi, Kayu

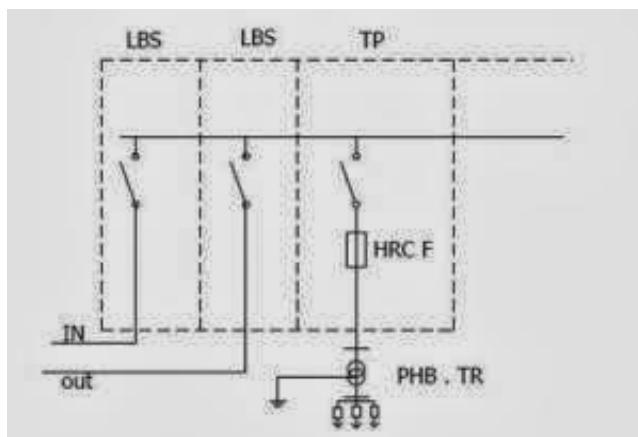
8.2.1.1.Gardu Portal



Gambar 8. 2 Gardu portal dan bagan satu garis

Umumnya konfigurasi gardu tiang yang dicatut dari SUTM adalah **T section** dengan peralatan pengaman, *Fuse Cut-Out* (FCO) sebagai pengaman hubung singkat transformator dengan elemen pelebur (pengaman lebur Link type expulsion) dan *Lightning Arrestor* (LA) sebagai sarana pencegah naiknya tegangan pada transformator akibat surja petir.

Untuk gardu tiang pada sistem jaringan lingkaran terbuka (*open-loop*), seperti pada sistem distribusi dengan saluran kabel bawah tanah, konfigurasi peralatan adalah **π section** dimana transformator distribusi dapat dicatut dari arah berbeda yaitu posisi *incoming-outgoing* atau dapat sebaliknya.



Gambar 8. 3 Bagan satu garis konfigurasi π section

Guna mengatasi faktor keterbatasan ruang pada gardu portal, maka digunakan konfigurasi switching/proteksi yang sudah terangkai sebagai Ring Main Unit (RMU). Peralatan incoming-outgoing berupa Pemutus Beban Otomatis (PBO) atau Circuit Breaker (CB) yang bekerja secara manual atau digerakkan dengan *remote control*.

8.2.1.2.Gardu Cantol



Gambar 8. 4 Gardu Control

Pada gardu distribusi tipe Cantol, transformator yang terpasang adalah transformator dengan daya ≤ 100 kVA fase 3 atau fase 1. Transformator terpasang adalah jenis *Completely Self Protected Transformer (CSP)* yaitu peralatan switching dan proteksinya sudah terpasang lengkap dalam tangki transformator.

Perlengkapan perlindungan tambahan transformator yaitu *Lightning Arrester (LA)* yang dipasang terpisah dengan pengantar pembumiannya dan dihubungkan langsung dengan *body* transformator. Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) maksimum 2 saluran dengan saklar pemisah pada sisi masuk dan pengaman lebur (type NH-NT) sebagai pengaman saluran. Semua Bagian Konduktif Terbuka (BKT) dan Bagian Konduktif Ekstra (BKE) dihubungkan dengan pembumian sisi Tegangan Reandah (TR).

8.2.2. Gardu Beton



Gambar 8. 5 Gardu Beton

Seluruh komponen instalasi yaitu transformator dan peralatan *switching/proteksi* terangkai didalam bangunan yang dirancang, dibangun, dan difungsikan dengan konstruksi pasangan batu dan beton (*masonrywall building*). Konstruksi ini dimaksudkan untuk pemenuhan persyaratan terbaik bagi keselamatan ketenagalistrikan.

8.2.3. Gardu Kios



Gambar 8. 6 Gardu Kios

Gardu tipe ini adalah bangunan *prefabricated* terbuat dari konstruksi baja, fiberglass, atau kombinasinya, yang dapat dirangkai di lokasi rencana pembangunan gardu distribusi. Terdapat beberapa jenis konstruksi, yaitu Kios Kompak, Kios Modular, dan Kios Bertingkat. Gardu ini dibangun pada tempat-tempat yang tidak diperbolehkan atau tidak memenuhi standart untuk dibangun gardu beton. Karena sifat mobilitasnya, maka kapasitas transformator distribusi yang terpasang terbatas. Kapasitas maksimum adalah 400 kVA dengan 4 saluran tegangan rendah.

Khusus untuk Kios Kompak, seluruh seluruh instalasi komponen utama gardu sudah dirangkai selengkapnya di pabrik, sehingga dapat langsung diangkut ke lokasi dan disambungkan pada sistem distribusi yang sudah ada untuk difungsikan sesuai tujuannya.

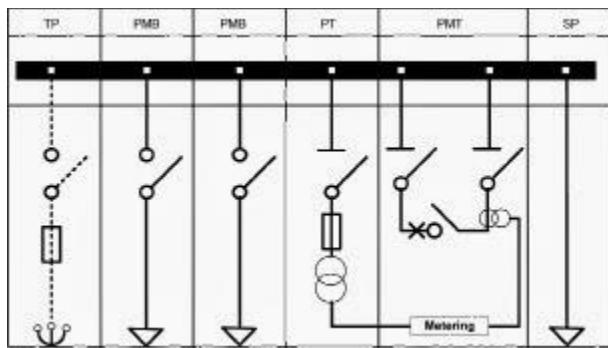
8.2.7. Gardu Pealangan Umum

Umumnya konfigurasi Gardu Pelanggan Umum adalah **π section**, sama halnya seperti dengan gardu tiang yang dicatu dari Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM). Karena keterbatasan lokasi dan pertimbangan keandalan yang dibutuhkan, bisa saja konfigurasi gardu berupa **T section** dengan catu daya diambil dari PHB-TM gardu terdekat yang sering disebut dengan Gardu Antena. Untuk tingkat keandalan yang dituntut lebih dari Gardu Pelanggan Umum biasa, maka gardu dipasok oleh SKTM lebih dari satu penyulang sehingga jumlah saklar hubung

lebih dari satu dan dapat digerakkan secara otomatis (*ACOS* ; *Automatic Change Over Switch*) atau secara *remote control*.

8.2.8. Gardu Pelanggan Khusus

Gardu ini dirancang dan dibangun untuk sambungan daya listrik bagi pelanggan ber-daya besar. Selain komponen utama peralatan hubung dan proteksi, gardu ini dilengkapi dengan alat-alat ukur yang dipersyaratkan. Untuk pelanggan dengan daya lebih dari 197 kVA, komponen utama gardu distribusi adalah peralatan PHB-TM, proteksi dan pengukuran Tegangan Menengah. Transformator penurun tegangan berada di sisi pelanggan atau diluar area kepemilikan dan tanggung jawab PT. PLN (Persero). Pada umumnya gardu pelanggan khusus ini dapat juga dilengkapi dengan transformator untuk melayani pelanggan umum.



Gambar 8. 7 Bagan satu garis gardu pelanggan khusus

Keterangan

TP : Pengaman Transformato

PMB : Pemutus Beban

PT : Trafo Tegangan

PMT : Pemutus Tenaga

SP : Sambungan Pelanggan

8.2.9. Gardu Hubung



Gambar 8. 8 Gardu Hubung

Gardu Hubung atau disingkat GH atau Switching Substation adalah gardu yang berfungsi sebagai sarana manuver pengendali beban listrik jika terjadi gangguan aliran listrik, program pelaksanaan pemeliharaan atau untuk maksud mempertahankan kontinuitas pelayanan.

Isi dari Gardu Hubung adalah rangkaian saklar beban (*Load Break Switch/LBS*), dan atau pemutus tenaga terhubung paralel. Gardu Hubung juga dapat dilengkapi sarana pemutus tenaga pembatas beban pelanggan khusus tegangan menengah. Konstruksi gardu hubung sama dengan konstruksi gardu distribusi tipe beton. Pada ruang dalam Gardu Hubung dapat dilengkapi dengan ruang untuk gardu distribusi yang terpisah dan ruang untuk sarana pelayanan kontrol jarak jauh. Berdasarkan kebutuhannya Gardu Hubung terbagi menjadi :

- a. Gardu Hubung untuk 7 buah sel kubikel
- b. Gardu Hubung untuk 7+7 buah sel kubikel
- c. Gardu Hubung untuk 7+7+7 buah sel kubikel

Penggunaan kelompok-kelompok sel tersebut bergantung atas sistem yang digunakan pada suatu daerah operasional, misalnya Spindle, Spotload, Fork, Bunga, dan lain-lain. Spesifikasi teknis Gardu Hubung sama dengan spesifikasi teknis gardu distribusi, kecuali kemampuan **Arus Nominal**-nya yang bisa berbeda.

8.3. Tiang Distribusi

Tiang listrik pada jaringan distribusi digunakan untuk saluran udara (overhead line) sebagai penyangga kawat penghantar agar penyeluran tenaga listrik ke konsumen atau pusat pusat beban dapat disalurkan dengan baik. Persyaratan suatu tiang penyangga yang digunakan untuk penompang jaringan distribusi tenaga listrik adalah :

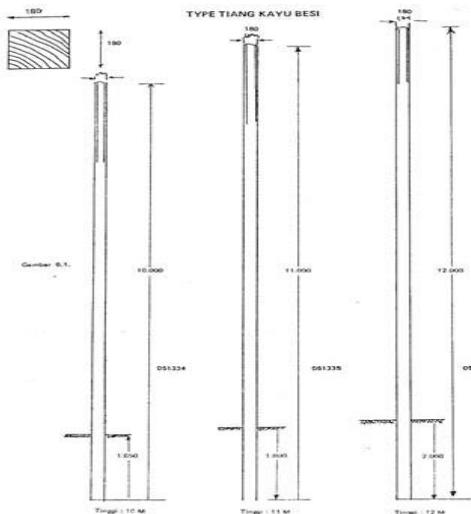
- a. Mempunyai kekuatan mekanis yang tinggi
- b. Mempunyai umur yang panjang
- c. Mudah pemasangan dan murah pemeliharaannya
- d. Tidak terlampau berat
- e. Harganya murah
- f. Berpenampilan menarik
- g. Mudah dicabut dan dipasang kembali Tiang listrik pada jaringan distribusi digunakan untuk saluran udara (overhead line) sebagai penyangga kawat penghantar agar penyeluran tenaga listrik ke konsumen atau pusat pusat beban dapat disalurkan dengan baik.

8.3.1. Klasifikasi Tiang Penyangga Jaringan Distribusi

Berdasarkan bahannya Jenis tiang jaringan distribusi yang digunakan untuk jaringan distribusi tenaga listrik ada beberapa macam, yaitu :

a. Tiang Kayu (Wood Pole)

Tiang kayu banyak digunakan sebagai penyangga jaringan karena konstruksinya yang sederhana dan biaya investasi lebih murah bila dibandingkan dengan tiang jenis yang lain. Selain itu tiang kayu merupakan penyekat (isolator) yang paling baik sebagai penompang saluran udara terhadap gangguan hubung singkat. Jenis kayu yang digunakan sebagai tiang listrik diambil dari jenis tertentu. Untuk Indonesia yang memiliki berjuta-juta hektar hutan kayu dari berbagai jenis, yaitu kayu untuk jaringan distribusi dari jenis kayu : ulin (Eusidiraxylon Zwageri), kayu jati (Tectona Grandis), kayu rasamala (Altanghia Exelsa Novanla). Sedangkan di Amerika Serikat jenis tiang kayu yang digunakan dari jenis kayu den (douglas fir), kayu cemara (yellow pine), dan kayu aras (western red cedar), kayu Ulin (Eusidiraxylon Zwageri), kayu Jati (Tectona Grandis), kayu Rasamala (Altanghia Exelsa



Gambar 8. 9 Tiang kayu dalam bentuk segiempat

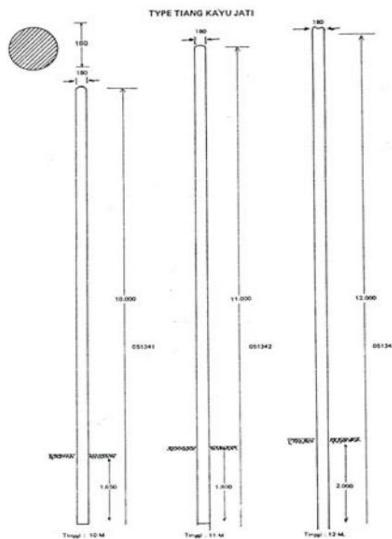
Novanla), kayu Den (Douglas Fir), kayu Cemara (Yellow Pine), dan kayu Aras (Western Red Cedar). Kelebihan Tiang Kayu ini adalah mempunyai konstruksi yang sederhana, biaya investasi lebih murah, merupakan bahan penyekat (isolasi) yang baik buat penompang jaringan, dapat dibentuk menurut konstruksi, biaya perawatan rendah dan bebas dari gangguan petir. Kelemahan Tiang Kayu ini adalah

tergantung pada persediaan kayu yang ada, perlu pengawetan terlebih dahulu, umur lebih pendek :

10 - 12 tahun bila tak diawetkan dan 20 - 30 tahun bila diawetkan, tidak dapat menyangga beban secara aman, dan apalagi bila terjadi satu atau dua kawat terputus.

Sebelum digunakan tiang kayu ini diawetkan dulu agar tahan lama. Penggunaan tiang kayu yang tidak diawetkan dianggap tidak ekonomis, karena kayu akan cepat lapuk oleh sebangsa/sejenis cendawan (jamur) yang menempel pada kayu tersebut. Dimana cendawan lebih senang hidup menempel pada kayu apabila dalam keadaan lembab (basah). Dengan diadakan pengawetan umur tiang kayu akan berkisar antara 25 sampai 30 tahun lebih, apalagi bila digunakan jenis kayu ulin, kayu jati, dan kayu rasamala akan sangat memuaskan sesuai pengalaman selama ini. Terutama kayu ulin memiliki kekerasan dan kekuatan yang baik tanpa diawetkan. Sedangkan jenis kayu lain apabila tidak diawetkan akan mempunyai umur hanya 10 sampai 12 tahun.

Penggunaan tiang kayu ini ternyata menghasilkan penghematan biaya investasi yang tidak kecil dibandingkan tiang baja. Apalagi Indonesia tersedia banyak sekali persediaan kayu. Walaupun demikian biaya pengangkutan untuk mendatangkan kayu ulin dari hutan-hutan di Kalimantan cukup tinggi. Begitu pula untuk biaya pemeliharaan tiang, khususnya tiang yang tidak mengalami pengawetan sebelumnya.

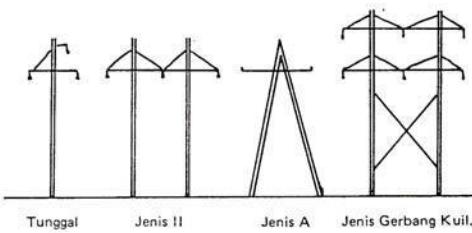
**Gambar 8. 10 Tiang kayu dalam bentuk bulat****Perbandingan Kekuatan Tiang Kayu****Tabel 8. 1 Ukuran Tiang Kayu**

Jenis Kayu	Persentase Kelembaban (%)	Berat Jenis (g/cm ²)	Elastisitas Modulus (kg/cm ²)	Ketegangan Serat (kg/cm ²)	Kekuatan tindas (kg/cm ²)
Tiang Den	12	0,47	137.000	548	522
Tiang Cemara	12	0,51	127.000	548	498
Tiang Aras	12	0,33	79.000	422	353
Tiang Damar	15,7	0,45	4.000		295
Tiang Rasamala	14,7	0,80	92.000	575	598
Tiang Ulin	15,5	1,04	184.000	1.113	734

Tabel 8. 2 Kedalaman tiang dihitung seperenam dari tinggi tia

Tinggi Tiang (m)	Diameter Bagian Atas (m)	Diameter Bagian Bawah (m)	Kedalaman Pondasi (m)
	15 20 20	20 25 30	1,65 1,65 1,65
9	15	20	1,65
	20	25	1,65
	20	30	1,65
10	15	20	1,65
	20	25	1,65
	20	30	1,65
11	15	20	1,80
	20	25	1,80
	20	30	1,80
12	20	20	2,00
	20	25	2,00
	20	30	2,00
13	20	20	2,15
	20	25	2,15
	20	30	2,15
	20	20	2,30

14	20	25	2,30	
	20	30	2,30	
15	20	20	2,50	
		25	2,50	
		30	2,50	
16	20	20	2,65	
		25	2,65	
		30	2,65	
17	20	20	3,00	
		25	3,00	
		30	3,00	



Gambar 8. 11 Konstruksi tiang kayu yang digunakan pada jaringan distribusi

b. Tiang Baja (*Steel Pole*)

Tiang baja yang digunakan berupa pipa-pipa baja bulat yang disambung dengan diameter yang berbeda dari pangkal hingga ujungnya. Pada umumnya ukuran penampang bagian pangkal lebih besar dari ukuran penampang bagian atasnya (ujung).

Melihat konstruksinya yang lebih kokoh, lurus dan bentuknya lebih indah dibandingkan dengan tiang kayu, tiang baja ini banyak dipakai. Walaupun ongkos pengangutan dan pemeliharaan tiang baja ini lebih mahal, tetapi bila dibandingkan dengan tiang kayu maka

tiang baja ini lebih banyak dipilih untuk penyangga kawat penghantar jaringan distribusi, terutama untuk jaringan distribusi tegangan tinggi. Hal ini disebabkan beban penopang pada jaringan distribusi tegangan tinggi lebih besar bila dibandingkan beban penopang pada jaringan distribusi tegangan rendah.

Tiang baja bulat sangat banyak digunakan untuk penopang jaringan listrik SUTM dan SUTR. Disamping penggunaan jenis lainnya seperti: tiang kayu, tiang beton bertulang, tiang beton bertulang dan tiang konstruksi baja.

Tiang baja bulat ukuran 12 m dan 14 m digunakan untuk keperluan-keperluan khusus. Seperti untuk tiang penopang jaringan 20 kV yang melintasi jaringan 6 kV yang berada di bawah 20 kV tersebut.

Tiang baja bulat ukuran 11 m sering dipakai untuk penopang jaringan SUTM. Tiang baja bulat ukuran 9 m digunakan untuk penopang jaringan SUTR. Baja bulat ukuran 8 m digunakan untuk tiang penyangga kawat pada penguat tiang jenis (schoer kontra mast) baja bulat ukuran 3 m dipakai pada penyambungan tiang 9 m ada untuk jaringan SUTR, dimana akan dipasangkan jaringan di atas jaringan SUTR.



c. **Tiang Beton**

Tiang beton dibagi menjadi 2 yaitu:

1. **Tiang Beton Bertulang**

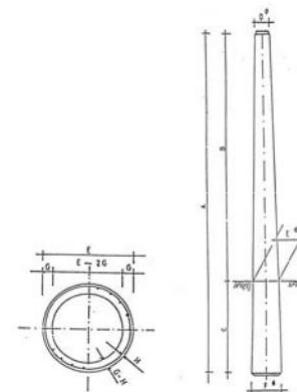
Tiang jenis ini lebih mahal dari pada tiang kayu tetapi lebih murah dari pada tiang baja bulat. Tiang ini banyak digunakan untuk mendistribusikan tenaga listrik di daerah pedesaan dan daerah terpencil atau di tempat-tempat yang sulit dicapai. Karena tiang beton bertulang dapat dibuat di tempat tiang tersebut akan didirikan. Tiang beton bertulang juga dipilih jika dikehendaki adanya sisi dekoratif. Untuk pembuatan beton bertulang digunakan campuran beton 1 : 1,5 : 3 dengan kerikil yang seragam berukuran diameter 15 mm.

Tiang beton bertulang memiliki umur yang sangat panjang dengan perawatan yang sederhana, tetapi tiang ini berukuran besar dan cukup berat. Kelemahannya tiang ini cenderung hancur jika ditabrak kendaraan.

2. Tiang Beton Pratekan

Jenis tiang ini lebih mahal dari tiang beton bertulang.

Pemasangannya lebih sulit dibandingkan dengan tiang kayu karena sangat berat. Tiang beton bertulang memiliki umur yang sangat panjang dengan perawatan yang sangat sederhana. Tiang jenis ini tidak perlu di cat untuk pengawetannya, karena tidak akan berkarat. Kelemahan jenis tiang ini cenderung hancur jika terlanggar oleh kendaraan.



**Gambar 8. 12 Penampang
Tiang Beton Pratekan**

Berikut ini tabel standar spesifikasi tiang beton pratekan dijelaskan sebagai berikut.

Tabel 8. 3 Standar Spesifikasi Tiang Beton Praktekan

Type	Rancangan Beban (daN)	Momen Lentur (Kn M)	A	B	C	D	E	F	G	H	Value a3	Berat Nominal
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
9-16- 100	100		9	7,5	1,5	160	260	280	40	15	0,204	512
9-16- 200	200	14,2	9	7,5	1,5	160	260	280	40	15	0,024	524

9-19-														
350	350		24,85	9	7,5	1,5	190	290	310	45	15	0,261	660	
9-19-														
500	500		35,5	9	7,5	1,5	190	290	310	45	15	0,261	671	
11-19-														
200	200			11	9,1	1,9	190	311	337	45	15	0,341	850	
11-19-														
350	350		30,68	11	9,1	1,9	190	311	337	45	15	0,341	858	
11-19-														
500	500		43,83	11	9,1	1,9	190	311	337	50	15	0,283	926	
11-22-														
850	850		74,52	11	9,1	1,9	220	341	337	60	15	0,484	1243	
11-22-														
1200	1200		105,20	11	9,1	1,9	220	341	337	60	15	0,484	1292	
12-19-														
200	200		19,2	12	10	2	190	323	350	45	15	0,415	1063	
12-19-														
350	350		33,6	12	10	2	190	323	350	45	15	0,415	1063	
12-19-														
500	500		48	12	10	2	190	323	350	50	15	0,415	1063	
13-19-														
350	350		36,52	13	10,8	2,2	190	334	363	45	15	0,426	1076	
13-19-														
500	500		52,17	13	10,8	2,2	190	334	363	50	15	0,463	1185	

13-22-													
850	850	88,68	13	10,8	2,2	220	364	393	60	15	0,604	1553	
13-22-													
1200	1200	125,2	13	10,8	2,2	220	364	393	60	15	0,604	1616	
14-19-													
350	350	39,43	14	11,6	2,4	190	346	367	45	15	0,459	1159	
14-19-													
500	500	56,33	14	11,6	2,4	190	346	367	45	15	0,459	1159	

Berdasarkan sifatnya

Menurut sifatnya tiang listrik dapat digolongkan menjadi tiga macam, yaitu tiang kaku (*rigid*), tiang lentur (*flexible*), dan tiang setengah lentur (*semi flexible*).

Tiang kaku direncanakan untuk menahan beban penompang yang diperkirakan besar (berat), sedangkan tiang lentur dan setengah lentur direncanakan untuk menahan beban penompang tidak terlalu berat atau lebih ringan.

Untuk tiang kayu yang memiliki sifat lentur biasanya tidak digunakan untuk saluran feeder utama (jaringan distribusi primer) yang memiliki beban penompang lebih besar, tetapi banyak digunakan untuk jaringan distribusi tegangan rendah.

Untuk tiang yang memiliki sifat setengah lentur banyak digunakan untuk jaringan distribusi sekunder atau untuk tiang service (pelayanan) pada konsumen.

Tiang yang mempunyai sifat lentur dan setengah lentur ini banyak sekali kerugiannya dan diperlukan perencanaan yang lebih teliti sebelum digunakan.

Khususnya dalam merencanakan ketegangan (*stress*) kawat yang menompang di antara jarak tiang (*span*). Kalau tidak akan terjadi kelenturan ke arah tegangan (*stress*) kawat yang terkencang.

Hal ini bisa terjadi pula apabila salah satu atau dua kawat yang menompang pada tiang di antara span tersebut putus. Dan kelenturan tiang akan mengarah ke span yang kawatnya tidak putus.

Kesulitan lain apabila mengukur ketegangan kawatnya (*sag*) bila tidak sesuai dengan beban yang menompang pada tiang akan mengakibatkan kejadian yang sama. Atau bila pondasi tiang tidak kokoh akan mengakibatkan tiang menjadi miring atau amblas ke dalam tanah.

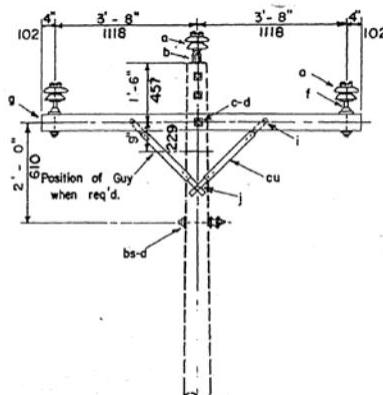
Berdasarkan konstruksinya

Melihat bentuk konstruksi jaringan distribusi tenaga listrik saluran udara, maka dikenal 2 macam konstruksi, yaitu :

a. Tiang horizontal

Keuntungannya

- Tekanan angin yang terjadi, terfokus pada wilayah cross-arm (*travers*)
- Dapat digunakan untuk saluran ganda tiga fasa



Gambar 8. 13 Gambar Tiang dalam konstruksi horizontal

Kerugiannya

- Lebih banyak menggunakan cross-arm (*travers*)
- Beban tiang (tekanan ke bawah) lebih berat.
- Lebih banyak menggunakan isolator

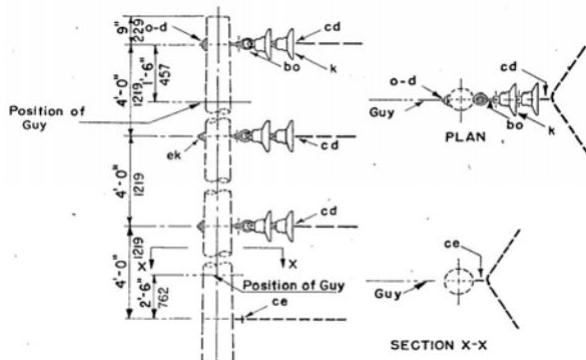
b. Tiang vertikal

Keuntungannya:

1. Sangat cocok untuk wilayah yang memiliki bangunan tinggi
2. Beban tiang (tekanan ke bawah) lebih sedikit
3. Isolator jenis pasak (pin insulator) jarang digunakan
4. Tanpa menggunakan cross-arm (*travers*)

Kerugiannya:

1. Tekanan angin merata di bagian tiang
2. Terbatas hanya untuk saluran tunggal tiga fasa



Gambar 8. 14 Tiang dalam kontruksi vertical

3) Berdasarkan fungsinya

a. Tiang Singgung (*tangent pole*)

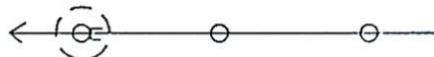
Tiang singgung ini digunakan untuk saluran yang lurus, dan diterapkan untuk sudut line tidak kurang dari 5 derajat. Fungsi tiang singgung ini untuk menyangga kawat penghantar dan isolator yang memiliki beban penompang yang lebih ringan. Sehingga tidak ada gaya yang ditimbulkan oleh tarikan kawat pada sudut kurang dari 5 derajat. Isolator yang dipakai untuk tiang singgung ini biasanya dari jenis pasak (*pin type insulator*) dan isolator jenis pos saluran (*line post insulator*).



Gambar 8. 15 Simbol untuk tiang singgung (*tangent*)

b. Tiang Ujung (*deadend pole*)

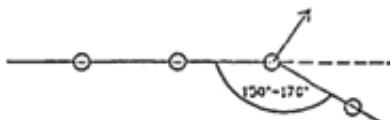
Pada ujung-ujung jaringan tenaga listrik dipasang tiang-tiang penarik yang berfungsi merentangkan kawat penghantar. Jika kekuatan tarik pada tiang ujung ini lebih besar maka digunakan dua buah atau kadang-kadang tiga buah kawat tarikan (*guy wire*). Hal ini dimaksudkan untuk mengimbangi kekuatan tarik kawat penghantar. Jenis isolator yang dipasang pada tiang ujung ini sesuai dengan kekuatan tarik yang lebih besar, dipakai isolator jenis gantung (*suspension type insulator*).



Gambar 8. 16 Simbol untuk tiang ujung (*deadend*)

c. Tiang Sudut (*angle pole*)

Tiang sudut digunakan untuk saluran yang memiliki sudut lebih besar dari 5 derajat. karena sudut yang terjadi biasanya lebih besar, maka tiang sudut diperkuat dengan suatu kawat tarikan (*guy wire*) sebagai penahan gaya tarikan dari kawat penghantar yang membuat sudut tersebut. Sudut yang diperke-nankan adalah (a) sudut kecil antara 5 derajat sampai 10 derajat, dan (b) sudut besar antara 10 derajat sampai 60 derajat. Pembagian sudut ini menetukan isolator yang dipasangkan pada tiang tersebut. Karena tiap-tiap isolator mempunyai kekuatan mekanis sendiri-sendiri. Untuk sudut kecil (5 - 10 derajat), pada tiang sudut dipasang isolator jenis pasak (*pin type insulator*) yang dipasang secara ganda. Sebab bila dipasang tunggal tidak memungkinkan kekuatannya pada tarikan sudut sampai 10 derajat. Sedangkan untuk sudut besar (10 - 60 derajat) karena kekuatan tarik dari kawat penghantar lebih besar maka tiang sudut besar ini digunakan isolator jenis gantung (*suspension type insulator*).

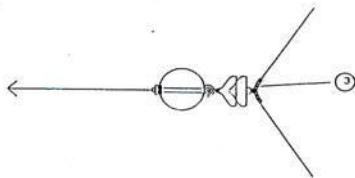


Gambar 8. 17 Simbol untuk tiang sudut (*angle pole*)

d. Tiang Penegang (*tension pole*)

Tiang penegang ini biasanya digunakan untuk memperkuat tegangan kawat (*stress*) pada tiang- tiang sudut yang kawat tarikannya (*guy wire*) menghadap ke

jalan raya atau sungai, sehingga tidak memungkinkan meletakkan kawat tarikan di tengah jalan raya atau di tengah sungai. Oleh sebab itu untuk tidak mengganggu lalu lintas jalan raya, maka digunakan tiang penegang tersebut. Karena fungsi tiang penegang ini hanya untuk memperkuat tegangan kawat maka tidak digunakan isolator. Tetapi bila letak tiang penegang ini di daerah padat beban maka tiang penegang ini dapat dialihkan fungsinya sebagai tiang service (pelayanan) dengan menggunakan kabel service yang terbungkus isolasi yang digantungkan pada kawat penegang dan isolator jenis pasak (*pin type insulator*).



Gambar 8. 18 Simbol untuk tiang penegang (tention pole)

4) Ukuran Tiang Penyangga

Hal-hal yang harus diperhatikan mengenai ukuran tiang listrik ini adalah

- a. Tinggi tiang, yang tergantung pada ukuran tegangan sistem.
- b. Kedalaman pondasi tiang, yang tergantung pada kondisi tanah setempat.
- c. Jarak antara tiang (*span*), yang tergantung pada kepadatan beban untuk suatu daerah pelayanan, jenis kawat penghantara dan ketinggian tiang.

Tabel 8. 4 Ukuran Tiang Dan Jarak Antar Tiang Menurut Peraturan AVE D210

Macam Saluran	Tegangan (kV)	Macam Tiang	Tinggi Tiang (m)	Jarak Tiang (m)
Distribusi		Tiang kayu		

Tegangan Rendah	0 s/d 1	Tiang besi Tiang baja	pipa 9 s/d 12	40 s/d 80
Distribusi		Tiang kayu, Tiang pipa besi,		
Tegangan Tinggi	6 s/d 30	Tiang baja, Tiang konstruksi besi	10 s/d 20	60 s/d 150
Transmisi		Tiang konstruksi besi,		
Tegangan Tinggi	60 s/d 110	Tiang beton ertulang, Menara baja	30 s/d 60	200 s/d 300
Transmisi Extra High Voltage	220 s/d 380	Konstruksi besi	40 s/d 80	250 s/d 350

Ketentuan-ketentuan diatas sudah ditetapkan dalam standarisasi seperti PUIL atau AVE-VDE. Hingga saat ini ketentuan-ketentuan dalam bidang jaringan distribusi belum ada yang dirobah. Dengan adanya perkembangan bidang teknologi dewasa ini, nampaknya perlu ditinjau kembali.

5) Standarisasi Konstruksi Jaringan Distribusi Tegangan Rendah

Konstruksi jaringan distribusi tenaga listrik dengan saluran udara terdiri dari beberapa macam bentuk atau formasi. Hal ini banyak disebabkan oleh sejumlah faktor yang diantaranya oleh faktor alih teknologi dan kondisi rute jaringannya sendiri. Konstruksi jaringan distribusi dengan saluran udara yang dipergunakan di wilayah Sumatera Barat tidak jauh beda dengan konstruksi jaringan distribusi dengan saluran udara yang dipergunakan di Jawa Timur maupun di Jawa Barat.

Konstruksi jaringan distribusi tersebut merupakan penyempurnaan dari standar konstruksi distribusi yang telah ada, yaitu berasal dari Standart Sofrelec, New Jack, dan Chas T. Main International, Inc.yang telah menyebar ke wilayah- wilayah PLN.

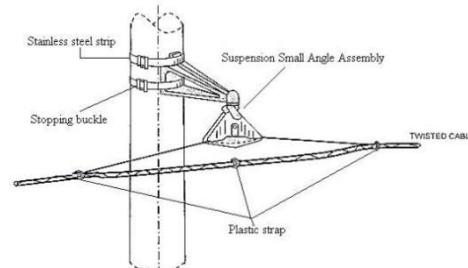
Pemahaman konstruksi jaringan distribusi ini banyak manfaatnya yang dapat dipetik yaitu:

- a. Agar dapat membantu sistem informasi mengenai standar konstruksi distribusi ini.
- b. Terdapat keseragaman konstruksi jaringan distribusi sehingga akan mempermudah pelaksanaan pembangunan, pengoperasian dan pemeliharaan jaringan distribusi di seluruh wilayah PT PLN.
- c. Dengan adanya pengetahuan standar konstruksi jaringan distribusi tersebut bagi pelaksana akan membantu meningkatkan penguasaan standar konstruksi yang sekaligus akan meningkatkan profesionalisme sumber daya manusia di bidang konstruksi.
- d. Meningkatnya mutu jaringan distribusi yang nantinya akan meningkatkan mutu keandalan dan keandalan dalam pelayanan.
- e. Mempercepat proses perencanaan, pengoperasian dan pemeliharaan jaringan distribusi.
- f. Memudahkan dalam mengedit maupun merubah konstruksi dan komponennya sesuai kondisi di lapangan.

Ada 10 jenis konstruksi jaringan distribusi tegangan rendah, yang masing-masing sesuai dengan kondisi/rute jaringan di lapangan. Masing-masing konstruksi tersebut adalah :

a. Konstruksi TR-1.

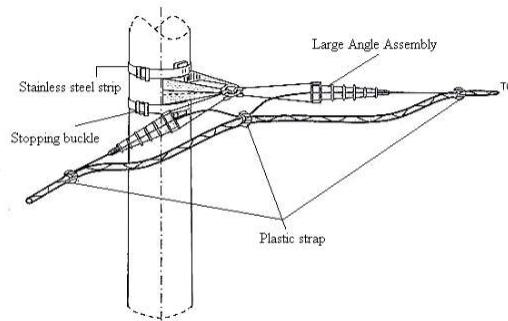
Konstruksi TR-1 merupakan konstruksi saluran kabel udara tegangan rendah (SKUTR) yang menggunakan *suspension small angle assembly* (penggantung untuk tiang sangga/tumpu).



Gambar 8. 19 Konstruksi Pemasangan SKUTR Tiang Penyanga TR1

b. Konstruksi TR-2.

Konstruksi TR-2 merupakan konstruksi pemasangan SKUTR dengan sudut kurang dari 45° , dengan menggunakan *large angle assembly* (penggantung untuk tiang belokan/sudut).

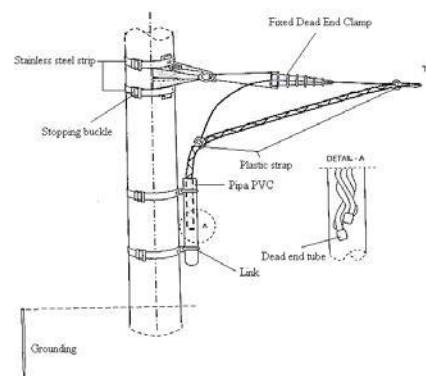


Gambar 8. 20 Konstruksi Pemasangan SKUTR Tiang Sudut TR2

TR-2 ini termasuk tiang sudut, yang merupakan tiang yang dipasang pada saluran listrik, dimana pada tiang tersebut arah penghantar mbelok dan arah gaya tarikan kawat horizontal.

c. Konstruksi TR-3.

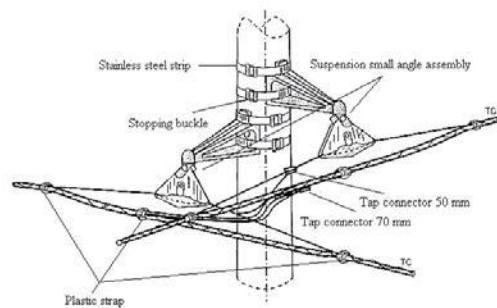
Konstruksi TR-3 merupakan konstruksi pemasangan SKUTR untuk tiang akhir atau tiang awal dengan *treck schoor*. Pengait kabel digunakan *fixed dead-end clamp complete plastic strip* (peralatan untuk penarik pada tiang awal/akhir lengkap dengan *plastic strap*).



Gambar 8. 21 Konstruksi Pemasangan SKUTR Tiang Awal/Akhir TR3

d. Konstruksi TR-4.

Konstruksi TR-4 merupakan konstruksi pemasangan SKUTR sebagai tiang penyangga pada persimpangan (silang). Kedua saluran dikaitkan pada *suspension small angle assambly*.

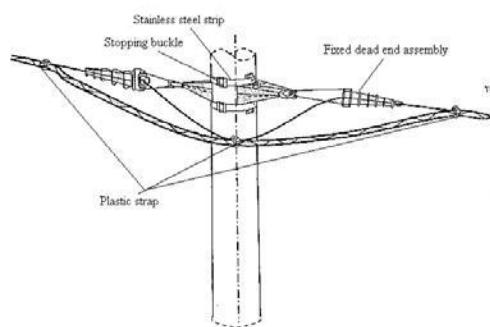


Gambar 8. 22 Konstruksi Pemasangan SKUTR Tiang Penyangga Pada Persimpangan TR4

e. Konstruksi TR-5.

Konstruksi tiang TR-5 merupakan konstruksi pemasangan SKUTR pada tiang penegang. Kabel dikaitkan pada *fixed dead-end assambly*.

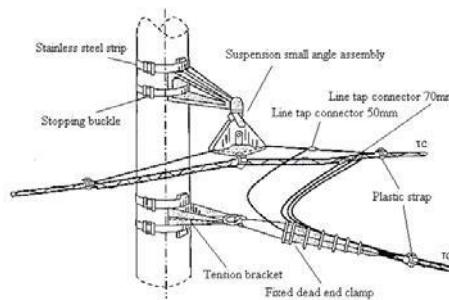
Tiang penegang/tiang tarik adalah tiang yang dipasang pada saluran listrik yang lurus dimana gaya tarik kawat pekerja terhadap tiang



Gambar 8. 23 Konstruksi Pemasangan SKUTR Tiang Penegang TR5t

f. Konstruksi TR-6.

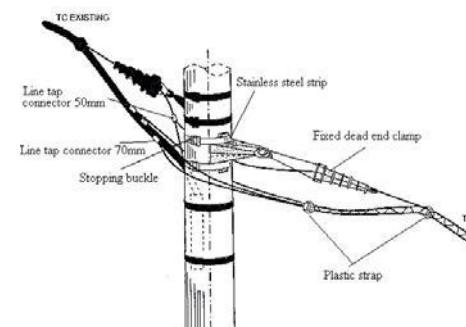
Konstruksi TR-6 merupakan konstruksi pemasangan SKUTR pada tiang pencabangan, yang menggunakan *suspension small angle assambly* dan *fixed dead-end assambly* untuk mengaitkan kabel.



Gambar 8. 24 Konstruksi Pemasangan SKUTR Tiang Percabangan TR6

g. Konstruksi TR-7.

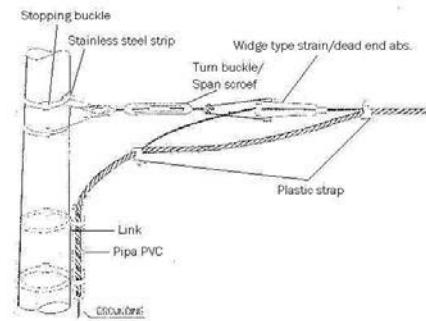
Konstruksi TR-7 merupakan konstruksi penyambungan SKUTR dengan existing dengan menggunakan *fixed dead-end assamby*.



Gambar 8. 25 Konstruksi Pemasangan SKUTR dengan Existing TR7

h. Konstruksi TR-8.

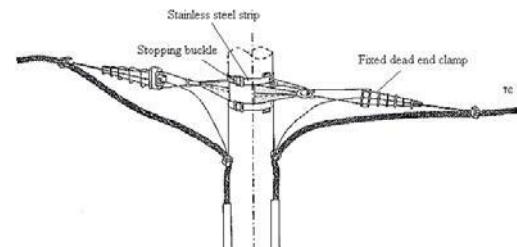
Merupakan konstruksi pemasangan SKUTR pada tiang awal atau tiang akhir dengan menggunakan ajustable.



Gambar 8. 26 Konstruksi Pemasangan SKUTR dengan Ajustable TR8

i. Konstruksi TR-9.

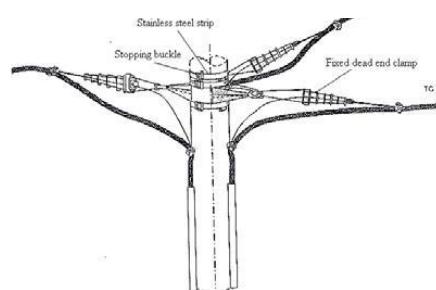
Konstruksi TR-9 merupakan konstruksi pemasangan SKUTR pada trafo tiang, dengan menggunakan *fixed dead-end clamp* untuk mengikat kabel



Gambar 8. 27 Konstruksu Pemasangan SKUTR Trafo Tiang TR9

j. Konstruksi TR-10.

Konstruksi TR-10 merupakan konstruksi pemasangan SKUTR pada trafo tiang untuk tiga jurusan. Pengikat kabel digunakan *fixed dead-end clam*

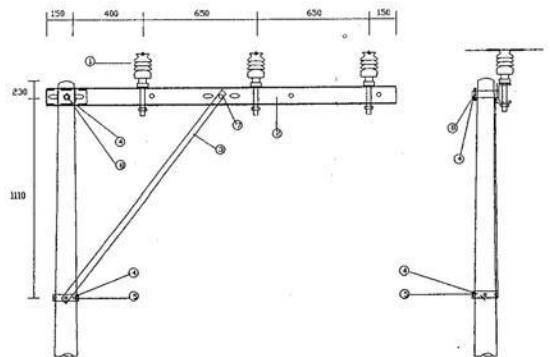


Gambar 8. 28 Konstruksi Pemasangan SKUTR pada Trafo Tiang TR10

6) Standarisasi Konstruksi Jaringan Distribusi Tegangan Menengah

a. Konstruksi TM-1.

Konstruksi TM-1. Konstruksi TM-1 merupakan tiang tumpu yang digunakan untuk rute jaringan lurus, dengan satu traves (cross -arm) dan menggunakan tiga buah isolator jenis pin insulator dan tidak memakai treck skoor (guy wire). Penggunaan konstruksi TM-1 ini hanya dapat dilakukan pada sudut 170° - 180° .



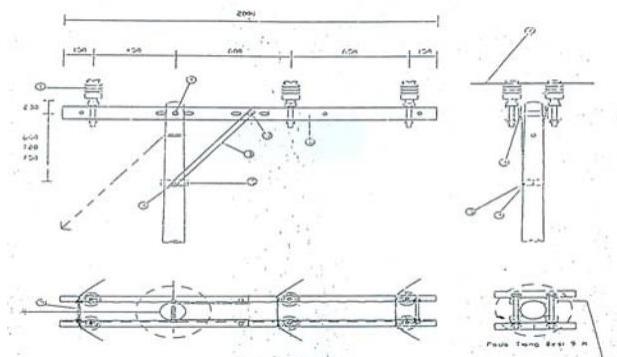
Gambar 8. 29 Konstruksi Tiang Penyangga TM-1 SUTM

Konstruksi TM-1 ini termasuk tiang penyangga yang merupakan tiang yang dipasang pada saluran listrik yang lurus dan hanya berfungsi sebagai penyangga kawat pengantar dimana gaya yang ditanggung oleh tiang adalah gaya karena beban kawat.

Konstruksi TM-1D. Pada dasarnya konstruksi TM-1D sama dengan TM-1, bedanya TM-1D digunakan untuk saluran ganda (*double circuit*), dengan dua traves (cross-arm) dan enam buah isolator jenis pin insulator. Satu traves diletakkan pada puncak tiang, sedangkan traves yang lain diletakkan dibawahnya.

b. Konstruksi TM-2.

Konstruksi TM-2. Konstruksi TM-2 digunakan untuk tiang tikungan dengan sudut $150^\circ - 170^\circ$, menggunakan double traves dan double isolator. Karena tiang sudut maka konstruksi TM-2 mempunyai treck skoor.



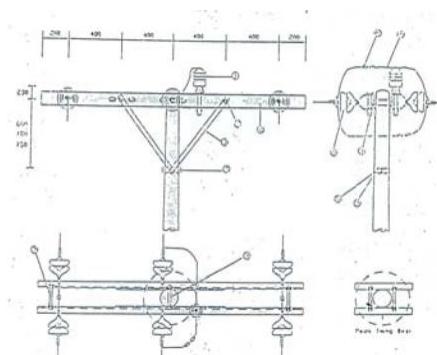
Gambar 8. 30 Konstruksi Tiang Sudut TM-2 SUTM

Konstruksi TM-2 ini termasuk tiang sudut, yang merupakan tiang yang dipasang pada saluran listrik, dimana pada tiang tersebut arah penghantar membelok dan arah gaya tarikan kawat horizontal.

Konstruksi TM-2D. Konstruksi TM-2D mempunyai konstruksi sama dengan TM-2, bedanya TM-2D digunakan untuk saluran ganda (double sirkuit), dan menggunakan double treck schoor yang diletakkan dibawah masing-masing traves.

c. Konstruksi TM-3.

Konstruksi TM-3 terpasang pada konstruksi tiang lurus, mempunyai double traves. Isolator yang digunakan enam buah isolator jenis suspension insulator dan tiga buah isolator jenis pin insulator. Konstruksi TM-3 ini tidak memakai treck schoor.



Konstruksi TM-3D. Konstruksi TM-3D sama dengan konstruksi TM-3, bedanya TM-3D digunakan untuk saluran ganda (double sirkuit), empat buah traves, 12 isolator jenis suspension insulator, dan 6 isolator jenis pin insulator.

d. Konstruksi TM-4.

Konstruksi TM-4. Konstruksi TM-4 digunakan pada konstruksi tiang TM akhir. Mempunyai double traves, dengan tiga buah isolator jenis suspension insulator dan memakai treck schoor.

Konstruksi TM-4 ini termasuk tiang awal atau tiang akhir yang merupakan tian g yang dipasang pada permulaan atau pada akhir penerikan kawat penghantar, dimana gaya tarikan kawat pekerja terhadap tiang dari satu arah.

Konstruksi TM-4D. Konstruksi TM-4D sama dengan konstruksi TM-4, bedanya TM-4D mempunyai double sirkuit dengan double treck schoor.

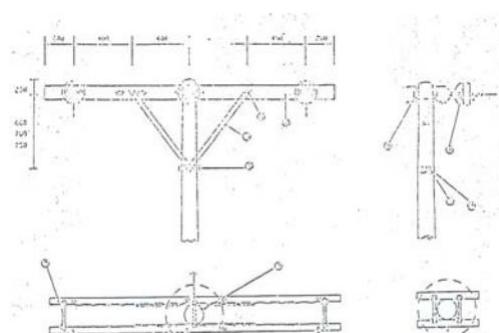
e. Konstruksi TM-5.

Konstruksi TM-5. Terpasang pada konstruksi tiang TM lurus dengan belokan antara $120^\circ - 180^\circ$, menggunakan double traves dengan enam buah isolator jenis suspension dan tiga buah isolator jenis pin insulator, dan memakai treck schoor.

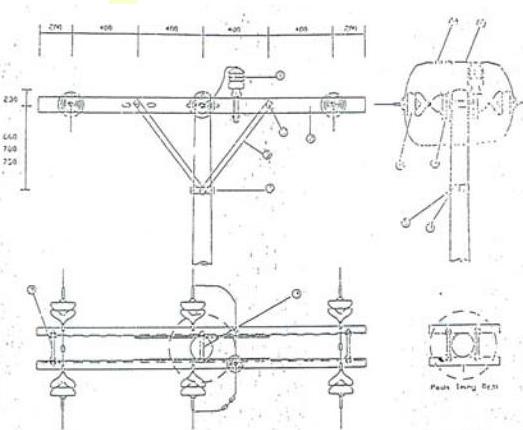
Konstruksi TM-5D. Konstruksi TM-5D sama dengan TM-5, namun TM-5D digunakan untuk saluran ganda (double sirkuit) dengan double treck schoor.

f. Konstruksi TM-6.

Konstruksi TM-6 ini terpasang pada konstruksi tiang TM siku ($60^\circ - 90^\circ$). Masing-masing double traves disilang 4. Isolator yang digunakan jenis suspension insulator sebanyak 6 buah dan satu isolator jenis pin insulator. Konstruksi ini memakai treck skoor ganda.

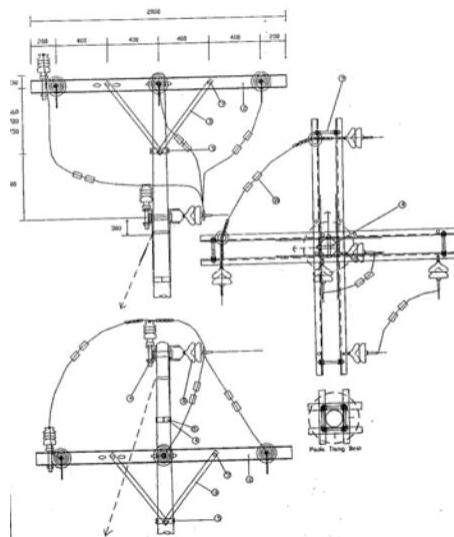


Gambar 8. 32 Konstruksi Tiang Akhir TM-4 SUTM



Gambar 8. 33 Konstruksi Tiang Penegang TM-5 SUTM

Konstruksi TM-6 ini termasuk tiang sudut, yang merupakan tiang yang dipasang pada saluran listrik, dimana pada tiang tersebut arah pengantar membelok dan arah gaya tarikan kawat horizontal.



Gambar 8. 34 Konstruksi Tiang Belokan TM-6 SUTM

g. Konstruksi TM-7.

Konstruksi TM-7 digunakan pada konstruksi pencabangan jaringan tegangan menengah dengan sudut siku (90°). Masing-masing double traves disilang 4. Pada TM induk memakai isolator suspension, pada TM percabangan juga memakai isolator suspension dan menggunakan isolator jenis pin. Konstruksi ini memakai treck skoor.

Konstruksi TM-7D terpasang pada konstruksi percabangan Jaringan Tegangan Menengah (JTM) sudut siku (90°). Masing-masing satu traves disilang 2. TM induk memakai isolator tumpu dan pada TN percabangan juga memakai isolator tumpu. Type isolator tumpu. Dan memakai treck skoor.

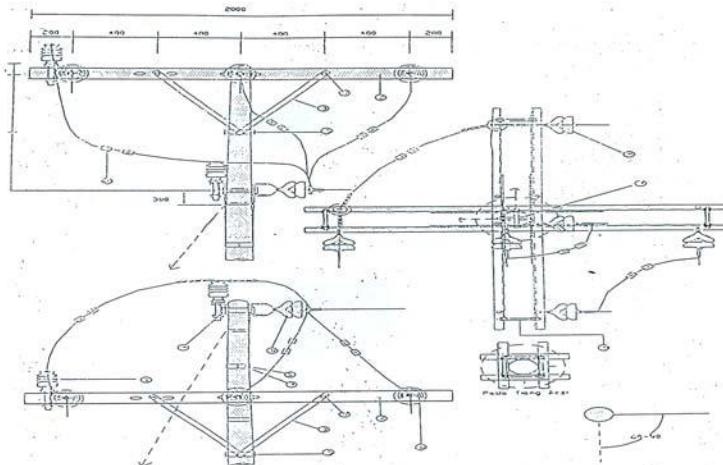
h. Konstruksi TM-8.

Konstruksi TM-8 ini terpasang pada konstruksi percabangan JTM sudut siku (90°). Masing-masing double traves disilang 4. TM induk memakai isolator tumpu dan TM percabangan memakai isolator suspension. Type isolator yang digunakan ada dua jenis. Memakai treck skoor. TM-8 hampir sama dengan TM-7 hanya

bedanya pada isolator TM induknya. Konstruksi TM-8D sama dengan TM-8 hanya bedanya TM-8D mempunyai double sirkuit.

i. Konstruksi TM-9.

Konstruksi TM-9 terpasang pada konstruksi jaringan TM penyanga lurus. Satu traves. Type isolator tumpu. Tidak pakai treck skoor. TM-9 biasanya lebih banyak digunakan pada daerah perkotaan yang banyak bangunan.



Gambar 8. 35 Konstruksi Tiang Belokan TM-9 SUTM

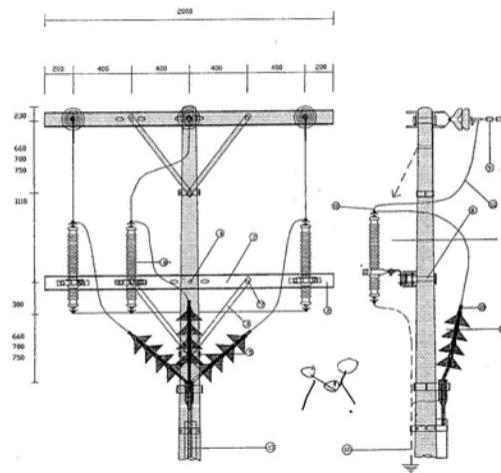
Konstruksi TM-9 ini termasuk konstruksi tiang penyanga yang merupakan tiang yang dipasang pada saluran listrik yang lurus dan hanya berfungsi sebagai penyanga kawat penghantar dimana gaya yang ditanggung oleh tiang adalah gaya karena beban kawat.

j. Konstruksi TM-10.

Konstruksi TM-10 sama dengan konstruksi TM-6. TM-10 terpasang pada konstruksi tiang tikungan siku (sudut 60° - 90°). Masing-masing double traves disilang 4. Isolator type suspension. Memakai treck skoor ganda.

k. Konstruksi TM-11.

Konstruksi TM-11 terpasang pada konstruksi tiang TM akhir, Opstijg kabel. TM double traves. Isolator type suspension. Satu traves untuk lightning arrester. Dan memakai treck skoor.



**Gambar 8. 36 Konstruksi Tiang opstijg kabel
TM-11 SUTM**

Konstruksi TM-11 merupakan tiang akhir yang merupakan tiang yang dipasang pada permulaan dan akhir penerikan kawat penghantar, dimana gaya tarikan kawat pekerja terhadap tiang dari satu arah.

i. Konstruksi TM-12.

Konstruksi TM-12 merupakan tiang penyangga lurus. Terpasang pada konstruksi tiang pada hutan lindung. Mempunyai isolator jenis tumpu. Tidak memakai traves. Konstruksi TM-12 merupakan tiang penyangga, yaitu tiang yang dipasang pada saluran listrik yang lurus dan hanya berfungsi sebagai penyangga kawat penghantar dimana gaya yang ditanggung oleh tiang adalah gaya beban kawat.

m. Konstruksi TM-13.

Konstruksi TM-13. Merupakan konstruksi tiang penyangga lurus. Terpasang pada konstruksi tiang hutan lindung. Isolator type tumpu. Tidak memakai traves.

Konstruksi TM-13 merupakan tiang penyangga, yaitu tiang yang dipasang pada saluran listrik yang lurus dan hanya berfungsi sebagai penyangga kawat penghantar dimana gaya yang ditanggung oleh tiang adalah gaya beban.

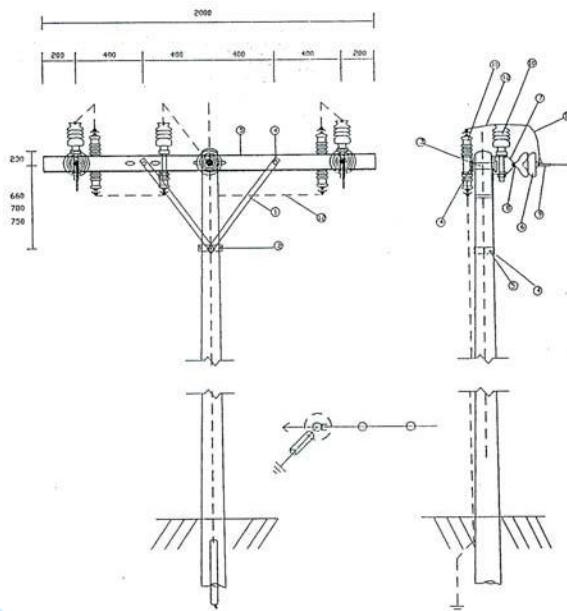
n. Konstruksi TM-14.

Konstruksi TM-14 merupakan konstruksi tiang tarik vertical (sudut 150° - 170°). Terpasang pada konstruksi tiang hutan lindung. Type isolator suspension. Tidak memakai traves.

o. Konstruksi TM-15.

Konstruksi TM-15 merupakan TM yang terpasang pada konstruksi tiang tarik akhir dengan menggunakan Arrester. Mempunyai double traves. Type isolator tumpu. Memakai treck skoor.

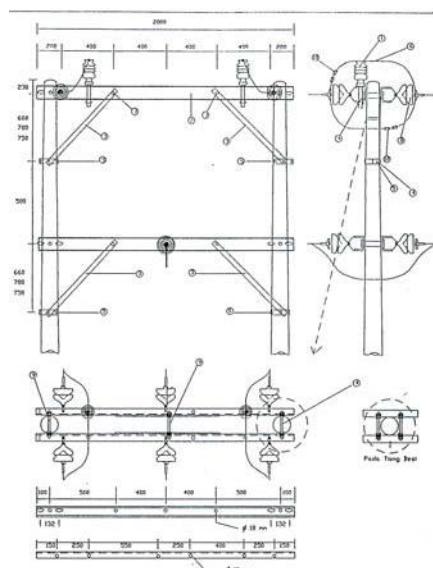
Konstruksi TM-15 merupakan tiang akhir, yang merupakan tiang yang dipasang pada permulaan dan akhir penerikan kawat penghantar, dimana gaya tarikan kawat pekerja terhadap tiang dari satu arah.



Gambar 8. 37 Konstruksi Tiang Akhir Dengan Arrester TM-15 SUTM

p. Konstruksi TM-16.

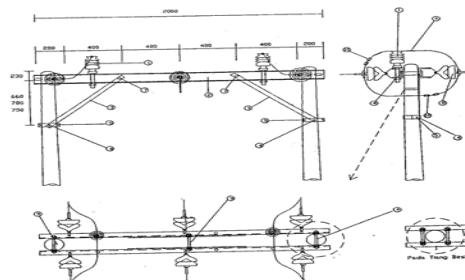
Konstruksi TM-16 merupakan konstruksi tiang portal dengan double traves. Isolator yang digunakan jenis suspension, dan jenis pin. Konstruksi TM-16 digunakan untuk jaringan yang melalui sungai dengan treck schoor.



Gambar 8. 38 Konstruksi Tiang Portal (Single Arm) TM-16 SUTM

q. Konstruksi TM-16A.

Konstruksi TM-16A hampir sama dengan konstruksi TM-16 hanya pada TM-16A digunakan untuk double circuit dengan 2 pasang double travers.



Gambar 8. 39 Konstruksi Tiang Portal (Double Arm) TM-16A SUTM

r. Konstruksi TM-17.

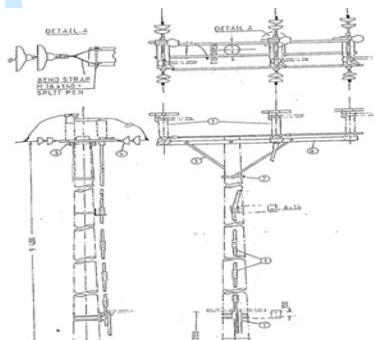
Konstruksi TM-17 merupakan konstruksi tiang tarik vertikal dengan menggunakan isolator jenis suspension dan isolator jenis pin. Konstruksi TM-17 ini digunakan untuk jaringan bersudut 120° - 180° dengan treck schoor.

s. Konstruksi TM-18.

Konstruksi TM-18 ini digunakan untuk sudut 90° yang merupakan konstruksi tiang tarik vertikal yang menggunakan double treck schoor. Isolator yang digunakan jenis suspension tanpa travers.

t. Konstruksi TM-19.

Konstruksi TM-19 merupakan tiang khusus yang dipasang LBS (Load Break Switch) pada bagian puncaknya. Mempunyai double travers. Isolator yang digunakan jenis suspension.



Gambar 8. 40 Konstruksi Tiang LBS TM-19

8.4. Sistem Proteksi pada distribusi listrik

Sistem proteksi merupakan sistem yang sangat penting dalam penyaluran tenaga listrik. Sistem proteksi ini berfungsi sebagai pengaman pada komponen-komponen jaringan listrik dan pelindung dari gangguan-gangguan yang terjadi pada sistem distribusi. contoh gangguan: Sambaran Petir, Arus lebih, *Over Load*, dll. untuk itulah dibutuhkan sistem proteksi yang handal

MODUL TEKNIKI K3 LISTRIK

untuk meminimalisirkan gangguan yang terjadi, Sistem proteksi yang terdapat pada jaringan distribusi antara lain:

- a. Fuse Cut Out (FCO)
- b. Relai
- c. Pemutus Balik Otomatis (PBO)/Recloser
- d. Sakalar Seksi Otomatis (SSO)
- e. Arrester

8.5. Lembar Kerja

8.5.1. Ceklist Pemeliharaan Jaringan Distribusi

No	Kriteria	Hasil		Dokumen Pendukung	Keterangan
		Pemeriksaan	Tidak		
		Ya	Tidak	Terlampir	
1.	Pemeliharaan instalasi tenaga listrik dapat mempertahankan kondisi operasi secara optimum yang meliputi kegiatan pemeriksaan, perawatan, perbaikan dan uji ulang				
2.	Pemeliharaan instalasi tenaga listrik dilaksanakan berdasarkan pedoman pemeliharaan yang ditetapkan oleh				

MODUL TEKNIKI K3 LISTRIK

	pemilik instalasi dengan memperhatikan ketentuan, prosedur, dan standar				
3.	Pelaksanaan pemeliharaan instalasi tenaga listrik harus dilakukan oleh tenaga teknik yang memiliki sertifikat kompetensi sesuai level kompetensi yang dipersyaratkan				
No	Kriteria	Hasil Pemeriksaan		Dokumen Pendukung	Keterangan
4.	Pemeliharaan instalasi penyediaan tenaga listrik dapat dilakukan oleh badan usaha jasa pemeliharaan instalasi tenaga listrik yang memiliki izin usaha jasa penunjang	Ya	Tidak	Terlampir	

MODUL TEKNIKI K3 LISTRIK

	tenaga listrik sesuai kualifikasi dan klasifikasi yang dipersyaratkan				
5.	Pemeliharaan instalasi tenaga listrik dapat mempertahankan kondisi operasi secara optimum yang meliputi kegiatan pemeriksaan, perawatan, perbaikan dan uji ulang				



MODUL TEKNIKI K3 LISTRIK

JOB SAFETY ANALYSIS :

P/APB :

KASI :

NGGAL :

NDISI PERALATAN : BEBAS TEGANGAN / BERTEGANGAN

AMA PEKERJAAN :

NO	TAHAPAN PEKERJAAN	POTENSI BAHAYA		PENGENDALIAN
1		1		
		2		
2		1		
		2		
3		1		
		2		
4		1		
		2		
5		1		
		2		

Diusulkan oleh pihak-3

Dianalisa oleh : SPV JARGI (.....)

Diperiksa oleh : Pengawas K3 (.....)

Disetujui : ASMAN..HASET BC PURWOKERT / TEGAL (.....)

8.6. Latihan

Jawablah pertanyaan dibawah ini!

1. Jelaskan maksud pelaksanaan pemelihraan Gardu induk system tenaga listrik ?
2. Sebutkan perbedaan dan persamaan jaringan distribusi primer dan sekunder ?
3. baik buruk system distribusi tenaga listrik dapat dilihat dari konstinuitas pelayanan dan kuanlitas daya. Jelas?

8.7. Rangkuman

1. Jenis- jenis pemelihraan pada system distribusi
2. Distribusi terbagi 2 yaitu: distribusi primer dan sekunder
3. Gardu distribusi suatu bangunan gardu listrik berisi atau terdiri dari instalasi Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Menengah (PHB-TM), Trafo Distribusi, dan Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) untuk memasok kebutuhan daya listrik bagi para pelanggan baik dengan Tegangan Menengah (TM 20kV) maupun Tegangan Rendah (TR 220/380 V).

BAB IX

PERSYARATAN K3 PEMELIHARAAN INSTALASI, PERLENGKAPAN DAN PERALATAN DI PEMANFAATAN LISTRIK

9.1. Pembahasan Materi

9.1.1. Pengertian dan tujuan pemeliharaan

A. Pengertian Pemeliharaan

Pemeliharaan peralatan listrik adalah serangkaian tindakan atau proses kegiatan untuk mempertahankan kondisi dan menyakinkan bahwa peralatan dapat berfungsi sebagaimana mestinya sehingga dapat dicegah jika terjadi gangguan yang menyebabkan kerusakan.

Manajemen pemeliharaan adalah proses kegiatan pemeliharaan yang meliputi rangkaian tahapan kerja yang teratur, dan sejak perencanaan pengorganisasian, pelaksanaan, pengendalian, penelitian dan pengembangan.

Pemeliharaan pusat listrik Pemeliharaan pusat listrik adalah segala kegiatan pemeliharaan yang meliputi program pemeriksaan, perawatan, perbaikan dan uji ulang dengan tujuan utama untuk dapat mempertahankan unit pembangkit pembangkit tersebut beroperasi secara optimum.

Pemeliharaan darurat adalah pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan yang mendadak yang waktunya tidak tertentu, yang pelaksanaannya tidak direncanakan sebelumnya dan sifatnya darurat.

Pemeliharaan juga dapat diartikan sebagai kegiatan yang meliputi program pemeriksaan, perawatan, perbaikan, dan juga uji ulang (untuk kerja) dengan tujuan utama untuk mempertahankan peralatan tersebut beroperasi secara maksimum.

B. Tujuan Pemeliharaan

Pemeliharaan bertujuan untuk memberikan pedoman dan petunjuk umum tentang pelaksanaan kegiatan pemeliharaan pusat listrik, agar pembangkit yang dipelihara tersebut dapat beroperasi dengan keandalan yang tinggi serta mutu listrik yang baik, efisien dan daya yang optimum. Sehingga tercapai umur teknis yang diharapkan dan biaya pemeliharaan yang optimum untuk menjamin konstabilitas penyiaran tenaga listrik dan menjamin keandalan, antara lain:

1. Untuk meningkatkan reliability, availability

2. Untuk memperpanjang umur peralatan
3. Untuk mengurangi resiko terjadinya kegagalan atau kerusakan peralatan
4. Menjamin safety peralatan
5. Mengurangi lama padam akibat sering ganguan

9.1.2. Jenis pemeliharaan pada pemanfaatan

A. Preventive Maintenance (Perawatan Pencegahan)

Kegiatan pemeliharaan yang dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kerusakan peralatan secara tiba-tiba dan untuk mempertahankan unjuk kerja peralatan yang optimum sesuai umur teknisnya. Kegiatan ini dilaksanakan secara berkala dengan berpedoman kepada: **Instruction Manual** dari pabrik, standar-standar yang ada (IEC, CIGRE, dll) dan pengalaman operasi di lapangan. Pemeliharaan ini disebut juga dengan pemeliharaan berdasarkan waktu (Perawatan Pencegahan). Preventif Maintenance ini terdiri dari 2 jenis, yaitu :

1. Predictive Maintenance (Perawatan Prediktif)

Pemeliharaan yang dilakukan dengan cara memprediksi kondisi suatu peralatan listrik, apakah atau kapan kemungkinannya peralatan listrik tersebut menuju kegagalan atau kerusakan, dengan memprediksi kondisi tersebut dapat diketahui gejala kerusakan secara dini. Cara yang biasa dipakai adalah memonitor kondisi secara online baik pada saat peralatan beroperasi atau tidak beroperasi. Untuk ini diperlukan peralatan dan personil khusus untuk analisa dalam pemeliharaan ini. Pemeliharaan ini dapat disebut juga sebagai pemeliharaan berdasarkan kondisi (Perawatan Prediktif).

2. Periodic Maintenance (Perawatan Berkala)

Perawatan berkala yang terjadwal dalam melakukan pembersihan peralatan listrik, inspeksi peralatan listrik dan memonitori setiap komponen listrik yang perlu diganti atau tidaknya untuk mencegah terjadinya kerusakan terhadap komponen kelistrikan secara mendadak yang dapat mengganggu kelancaran terhadap pemanfaatan listrik.

B. Corrective Maintenance (Perawatan Korektif)

Pemeliharaan yang dilakukan dengan berencana pada waktu-waktu tertentu ketika peralatan listrik mengalami kelainan atau abnormal dan kemampuan komponen mengalami

MODUL TEKNIKI K3 LISTRIK

penurunan pada saat menjalankan fungsinya. Dengan tujuan untuk mengembalikan pada kondisi semula disertai perbaikan dan penyempurnaan instalasi, pemeliharaan ini disebut juga Corrective Maintenance, yang bisa berupa Trouble Shooting atau penggantian part/bagian yang rusak atau kurang berfungsi yang dilaksanakan dengan terencana.

C. Breakdown Maintenance (perawatan saat terjadi kerusakan)

Pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan mendadak yang waktunya tidak tertentu dan sifatnya darurat. Pelaksanaan pemeliharaan peralatan dapat dibagi 2 macam :

1. Pemeliharaan yang berupa monitoring dan dilakukan oleh petugas operator atau petugas secara offline (dilakukan pengecekan secara langsung)
2. Pemeliharaan yang berupa pembersihan dan pengukuran yang dilakukan oleh petugas pemeliharaan

D. Pemeliharaan Emergency

Pemeliharaan Emergency adalah jenis pemeliharaan / perbaikan suatu peralatan yang dilakukan pada saat unit derating atau shut down.

9.1.3. APP (Alat Pengukur dan Pembatas)

A. Pengertian

Alat Pembatas dan Pengukur (APP) atau nama lainnya KWh Meter adalah suatu peralatan yang dipasang pada pelanggan untuk keperluan transaksi energi listrik atau mengukur besar pemakaian energi yang digunakan serta membatasi daya yang digunakan sesuai daya kontraknya. Pengukuran yang dimaksud adalah untuk menentukan besarnya pemakaian daya dan energi listrik. APP merupakan bagian dari pekerjaan dan tanggung jawab dari PLN yang bertugas membuat rekening listrik serta mengeluarkan alat pengukur dan pembatas yang memiliki rekening yang legal dan standar.

Alat pengukur yaitu meter kwh, meter kva maksimum, dan lain-lain. Sedangkan yang dimaksud dengan **pengukuran** adalah untuk menentukan besarnya pemakaian daya dan energi listrik. Berikut ini beberapa contoh alat pengukur yang digunakan yaitu meter kWh untuk

MODUL TEKNIKI K3 LISTRIK

mengukur energi aktif, meter kVARh untuk mengukur energi reaktif, meter arus, meter tegangan. Sistem pengukuran dibagi menjadi dua macam yaitu :

1. Pengukuran Primer (Pengukuran secara langsung).

Pengukuran Primer terjadi dari pengukuran primer 1 fasa untuk pelanggan dengan daya diatas 6600VA pada tegangan 220V / 380V dan pengukuran primer tiga fasa untuk pelanggan dengan daya diatas 6600V sampai dengan 33000 VA pada tegangan 220 V / 380 V.

2. Pengukuran Sekunder Tiga Fasa (Pengukuran tidak langsung).

Pengukuran sekunder memerlukan trafo arus biasanya digunakan untuk pelanggan dengan daya 53 KVA sampai dengan 197 KVA.

Sedangkan pembatasan untuk menentukan besarnya pemakaian daya sesuai dengan daya tersambung, **pembatasan** merupakan alat yang digunakan untuk menentukan batas pemakaian daya sesuai dengan daya yang tersambung. Beberapa alat pembatas yaitu MCB, MCCB, NFB, Fuse dan lainnya. Alat yang bertugas mengukur energi listrik yang dipakai pelanggan (kWhmeter = kilo Watt hour meter) dan MCB sebagai pembatas daya, yang akan melakukan pemutusan energi listrik secara otomatis jika daya yang dipakai melebihi dari kapasitasnya. Alat pembatas yang digunakan adalah :

1. Pada sistem tegangan rendah sampai dengan 100 A digunakan MCB dan diatas 100 A digunakan MCCB, peleburan tegangan rendah, NFB yang biasa diatur.
2. Pada sistem tegangan menengah biasanya menggunakan pelebur tegangan menengah atau biasanya disebut dengan relay.

Pembatasan didasarkan pada arus yang besarnya adalah

Arus Nominal

$$In \frac{S}{E} : \text{untuk fasa tunggal dalam ampere}$$

$$In \frac{S}{\sqrt{3}E} : \text{untuk fasa 3 dalam ampere}$$

Dimana

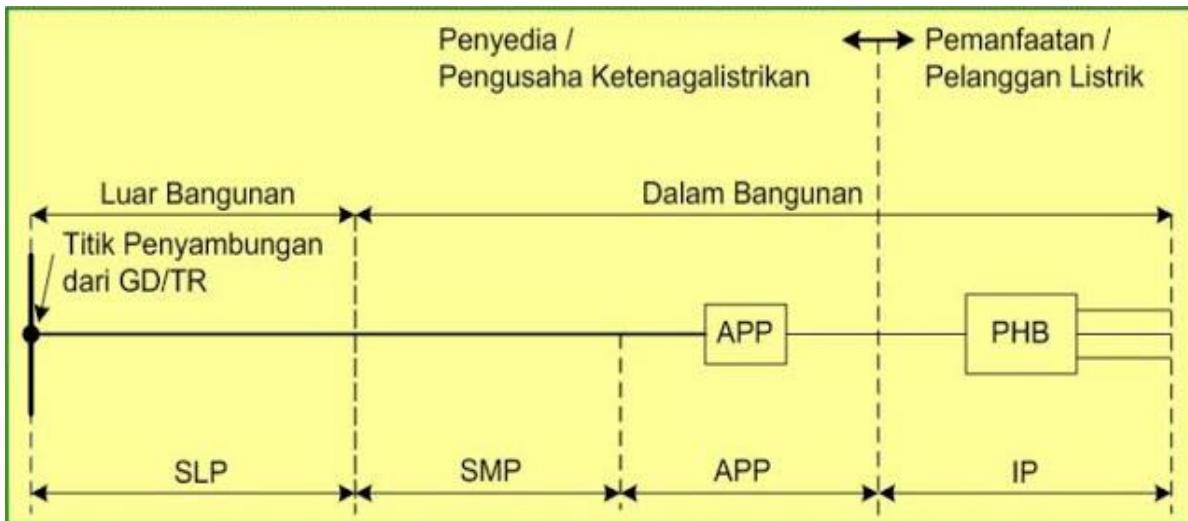
In = arus nominal dalam ampere

S = daya terpasang dalam volt ampere

MODUL TEKNIKI K3 LISTRIK

E = tegangan fasa netral untuk fasa tunggal dalam volt = tegangan fasa – fasa untuk fasa tiga dalam volt

Letak APP dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 9. 1 Diagram garis tunggal rangkaian tenaga listrik tegangan menengah

Keterangan :

GD : Gardu Distribusi



TR : Jaringan Tegangan Rendah

SLP : Sambungan Luar Pelayanan

SMP : Sambungan Masuk Pelayanan

APP : Alat Pengukur dan Pembatas

PHB : Panel Hubung Bagi

IP : Instalasi Pelanggan

B. Fungsi-fungsi dari APP adalah :

1. Pembatas daya yang digunakan oleh pelanggan (sesuai dengan kontrak pemasangan).
2. Mencatat daya yang dipakai oleh konsumen. Karena itu ada yang menyebutnya “kWh Meter” atau “Meteran Listrik” (kWh : kilowatt hour)
3. Saklar utama pemutus aliran listrik bila terjadi kelebihan pemakaian daya oleh pelanggan, adanya gangguan hubung singkat dalam instalasi listrik rumah pelanggan atau sengaja dimatikan untuk keperluan perbaikan instalasi listrik rumah.

C. Perlengkapan APP

Perlengkapan ialah barang yang memungkinkan dipasangnya alat pengukur dan pembatas, sehingga dapat berfungsi sesuai dengan yang disyaratkan. Perlengkapan APP terdiri dari kotak / lemari app yang merupakan lemari dengan ukuran tertentu yang didalamnya berisi APP dan perlengkapannya, trafo arus (CT), trafo tegangan (PT) meter arus, meter tegangan dan saklar waktu.

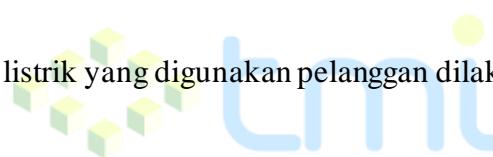
D. Segel

Pelindung untuk mencegah agar alat atau komponen yang dilindungi dimaksud tidak dibuka oleh orang yang tidak berwenang. Segel terbuat dari bahan logam, plastik, atau campuran keduanya. Harus ada lambang PLN, nomor registrasi dan tidak dipakai ulang. Yang harus disegel adalah terminal CT, PT, meter, blok terminal, kotak, atau lemari dan tutup pelindung.

E. Sistem Pengukuran dan Pembatasan

1. Sistem Pengukuran

Pengukuran daya dan energi listrik yang digunakan pelanggan dilakukan dengan salah satu cara dibawah ini :



- a. Untuk sistem tegangan menengah yang tidak dibumikan/resistansi tinggi pengukuran daya dan energi menggunakan 2 buah trafo arus dan 2 buah trafo tegangan fase-fase.
- b. Untuk sistem tegangan menengah yang dibumikan langsung atau dibumikan dengan resistansi rendah, pengukuran daya dan energi menggunakan 3 buah trafo arus dan 3 buah trafo tegangan.

2. Sistem Pembatasan Daya

Pembatas daya tersambung dilakukan dengan salah satu cara sebagai berikut :

- a. Tiga buah pelebur tegangan menengah (Namun hal ini tidak disarankan dan secara bertahab perlu dirubah)
- b. Sebuah pemutus tenaga tegangan menengah yang dilengkapi dengan relai primer yang mempunyai karakteristik arus yang disesuaikan dengan arus nominal untuk daya tersambung.
- c. Sebuah pemutus tenaga tegangan menengah yang dilengkapi relai sekunder melalui trafo arus.

F. Batas Daya Pelanggan**Tabel 9. 1 Batas Daya Pelanggan**

Pelanggan TR	< 197 KVA
Pelanggan TM	200 KVA s/d 30 MVA
Pelanggan TT	> 30 MVA

G. Ketentuan Peralatan Pengukuran dan Pembatasan**1. Alat Pengukur**

Alat ukur pelanggan semua peralatan ukur besaran listrik yang terpasang pada kotak lemari APP pelanggan TM yang berfungsi sebagai pengukur daya dan energi terpakai oleh pelanggan dan pengukurnya dilaksanakan pada sisi tegangan menengah.

Alat ukur yang dipakai adalah :

- Meter kWh merupakan suatu alat integrasi yang digunakan untuk mengukur besarnya energi aktif yang digunakan pelanggan dalam satuan kilo watt jam (kWh)
- Meter kVARh merupakan suatu alat ukur yang digunakan untuk mengukur besarnya energi reaktif yang digunakan pelanggan dalam satuan kilo Volt amper reaktif jam
- Meter Kva Maks atau Kw Maks yang digunakan adalah meter pengukur data yang dapat menunjukkan daya maksimum dengan interval 25 menit. Kva maksimum dapat juga digunakan meter arus maksimum berdasarkan rumus :

$$I_{maks} = \frac{kVA \text{ maks} \times \sqrt{3}}{E} \text{ untuk sistem fasa 3 (4 kawat)}$$

$$I_{maks} = \frac{kVA \text{ maks} \times 2}{E \times \sqrt{3}} \text{ untuk sistem fasa 3 (3 kawat)}$$

Dimana E = Tegangan Nominal

- Meter Arus
- Meter Tegangan

MODUL TEKNIKI K3 LISTRIK

Penyambungan pada sambungan listrik tegangan menengah dilakukan dari jaringan tegangan menengah. Alat ukur yang digunakan antara lain :

- a. Meter kWh tarif tunggal digunakan untuk mengukur energi listrik (kWh) yang digunakan pelanggan
- b. Meter kWh tarif ganda digunakan untuk mengukur energi listrik (kWh) selama waktu beban puncak (WBP) dan Luar Beban Puncak (LWBP)

2. Alat Pembatas

Pada pelanggan Tegangan Menengah pembatasan daya tersambung dilakukan dengan salah satu cara antara lain :

- a. Tiga buah pelebur tegangan menengah. Pelebur merupakan pemutus dengan meleburnya dari komponen yang dirancang sedemikian rupa yang disesuaikan dengan ukurannya. Membuka rangkaian dimana pelebur tersebut dipasang dan memutuskan arus bila arus tersebut melebihi suatu nilai tertentu dalam waktu yang cukup, terdiri dari pelebur jenis pembatas arus yang kerjanya dalam selang waktu tertentu, membatasi arus yang lewat ke suatu nilai yang cukup rendah dari arus puncak arus perkiraannya. Sebagai pembatas arus untuk penyambungan TR dan TM harus mempunyai kharakteristik.

Kharakteristik pembatas arus

Tabel 9. 2 Kharakteristik pembatas arus

Arus nominal (In) (Amper)	Arus Lebih (Amper)	Waktu Lebur	Catatan
< 60	1,3 In	> 1	Tidak putus dalam waktu 1 jam
> 60	1,3 In 2,0 In	> 2 < 2	Tidak putus dalam waktu 2 jam Putus dalam waktu maksimal 2 jam

MODUL TEKNIKI K3 LISTRIK

b. Relai pembatas adalah suatu alat yang digunakan untuk membatasi arus yang masuk ke pelanggan. Jenis relai ini menurut fungsinya ada relai overload dan over current. Sedangkan menurut prinsip kerjanya ada 3 macam yaitu relai magnetis yang bekerja berdasarkan prinsip medan magnet dari status kumparan listrik, relai termis yang bekerja berdasarkan prinsip elektrostatistik dari suatu elemen pemanas, dan relai elektronik yaitu berdasarkan prinsip kerja elektrostatistik dari beberapa komponen elektronik.Untuk penempatan relai ini terdiri dari relai primer yang merupakan relai yang langsung dipasang pada saluran utama tegangan menengah dan relai sekunder yang dipasang dari sisi sekunder peralatan bantu trafo arus (CT) yang dipasang pada saluran utama.

Tabel 9. 3 Kharakteristik relay

Pada Arus	Harus Jatuh	Catatan
1,05 x In	Sesudah 1 jam	Tidak jatuh dalam waktu 1 jam
1,2 x In	Sebelum 1 jam	Jatuh dalam waktu maksimal 1 jam
1,5 x In	Sebelum 2 menit	Jatuh dalam waktu maksimal 2 menit
4,0 x In	Pemutusan Momen	Jatuh seketika

Namun untuk jenis pelebur sudah tidak umum dipergunakan sebagai pembatas untuk pelanggan baru, Dan secara bertahab diarahkan memakai Relai sebagai pembatasnya karena lebih akurat.

H. MCB, MCCB dan NFB

1. Alat Pembatas Pemakaian Arus

Satuan arus ialah Ampere, sedangkan satuan daya ialah VA. Oleh karena itu, pembatas arus listrik menggunakan satuan Ampere. Penggunaan pembatas disebut sebagai penentuan demand (kebutuhan) pengguna. Besar arus trip pelebur atau pemutus yang digunakan sebagai pembatas maksimum ditetapkan sebesar 10% di atas arus nominal beban yang dilindungi. Pembatas arus sebagai salah satu interface antara PLN dengan pelanggan, bila pelanggan

memakai arus melebihi batas yang telah ditetapkan, maka pembatas akan bekerja. Salah satu pembatas arus yang selalu digunakan adalah MCB (Miniature Circuit Breaker). Dari sudut pandang pelanggan kejadian ini berarti berkurangnya keandalan suplai tenaga listrik.

Jenis-jenis alat pembatas yang paling banyak digunakan adalah jenis termis dan elektromagnet. Beberapa jenis pembatas tersebut terdiri dari pembatas satu kutub, dua kutub dan tiga kutub. Berikut ini adalah beberapa alat pengaman arus listrik yang juga digunakan untuk penghubung dan pemutus. Meskipun masih ada lagi selain yang disebutkan, pengaman listrik yang banyak digunakan sebagai pengaman arus listrik antara lain: MCB, MCCB dan NFB.

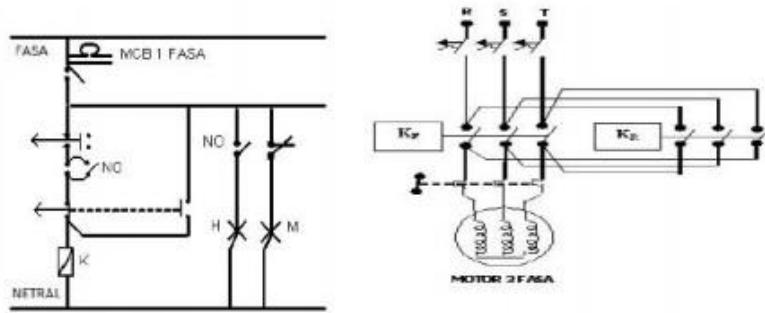
2. Macam circuit breaker (CB) a) MCB (Miniatur Circuit Breaker)

MCB digunakan untuk membatasi daya yang dipakai pelanggan TR agar sesuai dengan daya kontraknya digunakan pemutus mini yang terpasang pada kotak kWh meter. MCB adalah suatu rangkaian pengaman yang dilengkapi dengan komponen thermis (bimetal) untuk pengaman beban lebih yang juga dapat berfungsi sebagai pembatas arus. Selain itu, MCB juga dilengkapi relay elektromagnetik untuk pengaman hubung singkat. MCB banyak digunakan untuk pengaman sirkuit satu fasa dan tiga fasa.

a. Prinsip Kerja MCB (Miniatur Circuit Breaker)

Pada MCB terdapat dua jenis pengaman yaitu secara thermis dan elektromagnetis, pengaman termis berfungsi untuk mengamankan arus beban lebih sedangkan pengaman elektromagnetis berfungsi untuk mengamankan jika terjadi hubung singkat. Prinsip kerjanya adalah memanfaatkan arus hubung singkat yang cukup besar yang memicu koil bersifat magnet. Semakin besar arus hubung singkat, maka semakin besar pula daya untuk menggerakkan sakelar tersebut sehingga lebih cepat memutuskan rangkaian listrik.

MCB merupakan saklar atau perangkat elektromekanis yang berfungsi sebagai pelindung rangkaian instalasi listrik dari arus lebih (over current). MCB dirancang dengan 1 kutub digunakan untuk 1 phasa dan 3 kutub untuk 3 phasa dimana pemakaianya tergantung kebutuhan. Sedangkan untuk pengaman tiga fasa biasanya memiliki tiga kutub dengan tuas yang disatukan, sehingga apabila terjadi gangguan pada salah satu kutub maka kutub yang lainnya juga akan ikut terputus Pada terminalnya hanya di pasang untuk kabel dengan polaritas phasa (yang menyala jika dites dengan tespen), bukan pada kawat netral (polaritas nol/tidak menyala), lihat gambar



Gambar 9. 2 Pengawatan MCB 1 fasa dan 3 fasa

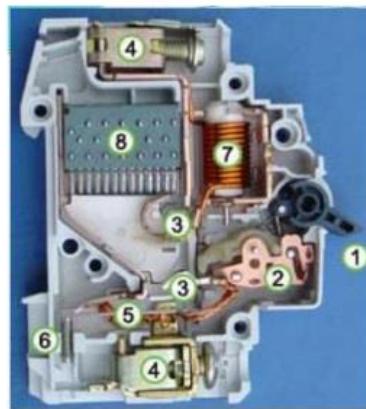
Keuntungan menggunakan MCB, yaitu :

- 1) Dapat memutuskan rangkaian tiga fasa walaupun terjadi hubung singkat pada salah satu fasanya.
- 2) Dapat digunakan kembali setelah rangkaian diperbaiki akibat hubung singkat atau beban lebih.
- 3) Mempunyai respon yang baik apabila terjadi hubung singkat atau beban lebih.

Berdasarkan penggunaan dan daerah kerjanya, MCB dapat digolongkan menjadi 5 jenis ciri yaitu :

- 1) Tipe Z (rating dan breaking capacity kecil) Digunakan untuk pengaman rangkaian semikonduktor dan trafo-trafo yang sensitif terhadap tegangan.
- 2) Tipe K (rating dan breaking capacity kecil) Digunakan untuk mengamankan alat-alat rumah tangga.
- 3) Tipe G (rating besar) untuk pengaman motor.
- 4) Tipe L (rating besar) untuk pengaman kabel atau jaringan.
- 5) Tipe H untuk pengaman instalasi penerangan bangunan

Keterangan gambar :



Gambar 9. 3 Konstruksi MCB

- 1) Tuas aktuaror operasi On-Off
- 2) Mekanisme Actuator
- 3) Kontak penghubung
- 4) Terminal Input-Output
- 5) Batang Bimetal
- 6) Plat penahan & penyalur busurapi
- 7) Solenoid / Trip Coil
- 8) Kisi-kisi pemadam busur api

b. MCCB (Mold Case Circuit Breaker)



Gambar 9. 4 MCCB

MCCB merupakan salah satu alat pengaman yang dalam proses operasinya mempunyai dua fungsi yaitu sebagai pengaman dan sebagai alat untuk penghubung. Jika dilihat dari segi pengamanan, maka MCCB dapat berfungsi sebagai pengaman gangguan arus hubung singkat dan arus beban lebih biasanya dipasang pada outgoing generator dengan tegangan rendah (< 1000 volt).



Gambar 9. 5 Bagian-Bagian MCCB

Keterangan :

- 1) Bahan BMC untuk bodi dan tutup
- 2) Peredam busur api
- 3) Blok sambungan untuk pemasangan ST dan UVT
- 4) Penggerak lepas-sambung
- 5) Kontak bergerak
- 6) Data kelistrikan dan pabrik pembuat
- 7) Unit magnetik trip

Pada jenis tertentu pengaman ini, mempunyai kemampuan pemutusan yang dapat diatur sesuai dengan yang diinginkan. MCCB ini biasanya digunakan pada arus diatas 100A. Singkatan MCCB adalah Moulded Case Circuit Breaker. Fungsi MCCB adalah sebagai pemutus sirkuit pada tegangan menengah. Arus pengenal MCCB yaitu 63, 80, 100, 125, 160, 200, 225, 250, 300, 400, 500, 800, dan 1600 A.

Perbedaan MCB dan MCCB

Sementara digunakan untuk MCB adalah pemutus sirkuit yang digunakan untuk beban listrik yang lebih kecil MCCB adalah pemutus sirkuit yang beban listrik yang lebih tinggi.

c. NFB (No Fuse Circuit Breaker)



Gambar 9. 6 NFB

NFB (No Fuse Breake) dalam bahasa Indonesia bisa diartikan sebagai pemutus tanpa sekering, berfungsi untuk menghubungkan dan memutus tegangan/arus utama dengan sirkuit atau beban, selain itu juga berfungsi untuk memutuskan/melindungi beban dari arus yang berlebihan ataupun jika terjadi hubung singkat.

No Fused Breaker adalah breaker/pemutus dengan sensor arus, apabila ada arus yang melewati peralatan tersebut melebihi kapasitas breaker, maka sistem magnetik dan bimetalic pada peralatan tersebut akan bekerja dan memerintahkan breaker melepas beban. No Fuse Breaker (NFB) merupakan alat pengaman hubungan singkat untuk motor listrik yang paling banyak digunakan di industri.

NFB berfungsi untuk menghubungkan dan memutus tegangan/arus utama dengan sirkuit atau beban, selain itu berfungsi juga untuk memutuskan/ melindungi beban dari arus yang berlebihan ataupun jika terjadi hubung singkat. Cara kerja NFB, ketika arus yang mengalir melaluiinya melebihi dari nilai yang tertera pada NFB maka secara otomatis NFB akan memutuskan arusnya. NFB 3 Phase umumnya digunakan pada sirkuit induktion motor atau control panel.

3. kWh meter dan kVAmeter

Alat yang biasa digunakan untuk mencatat besarnya energi listrik yang terpakai disebut meteran energi. Meteran energi yang umum digunakan biasanya dibedakan berdasarkan daya listriknya. Jika yang digunakan adalah energi listrik dari daya aktif maka digunakan kWh meter. Sedangkan jika energi listrik yang terukur dari daya rekatif maka digunakan kVarh meter. kWh meter banyak digunakan oleh konsumen yang menggunakan beban listrik dengan skala kecil contohnya konsumen rumah tangga. Sedangkan konsumen pengguna listrik dalam skala besar seperti konsumen industri menggunakan kVarh dan kWh meter sebagai alat pencatat konsumsi energi listrik.

a. kWh meter

1) Konsep dasar

Kilowatt hours meter atau yang biasa dikenal dengan kWh meter merupakan peralatan yang berfungsi untuk menghitung pemakaian energi listrik. Energi listrik yang dihitung oleh kWh meter adalah perhitungan daya aktif yang digunakan dikalikan waktu dalam satuan jam (hours) dan faktor daya. Berikut adalah persamaan untuk menghitung energi listrik oleh kWh meter

$$E = V l t \cos\theta$$

Keterangan :

E = Energi listrik yang terukur oleh kWh meter

V = Tegangan (V)

I = Arus (Ampere)

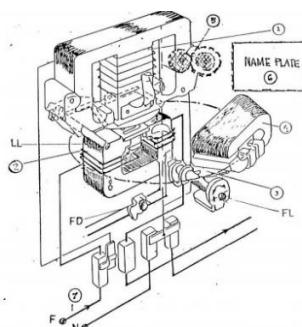
T = Waktu pemakaian (Jam)

Cos θ = Faktor daya



Pada persamaan 2.1. dapat diketahui bahwa besar pengukuran energi listrik oleh kWh meter berbanding lurus dengan tegangan, arus, waktu pemakaian dan faktor daya. Sehingga semakin tinggi nilai keempat besaran tersebut maka energi listrik yang digunakan akan semakin besar. Begitupun sebaliknya, ketika nilai ketiga besaran tersebut semakin rendah maka energi listrik yang terbaca oleh kWh meter juga akan semakin kecil.

2) Bagian – Bagian Kwh Meter Dan Fungsinya

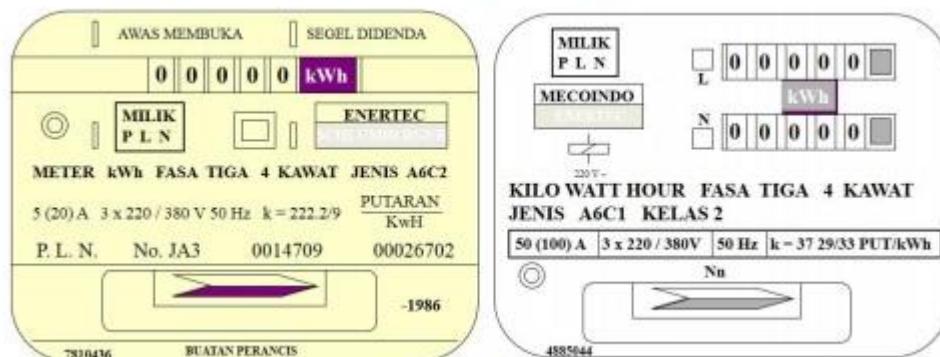


Gambar 9. 7 Bagian-Bagian kWh

Keterangan :

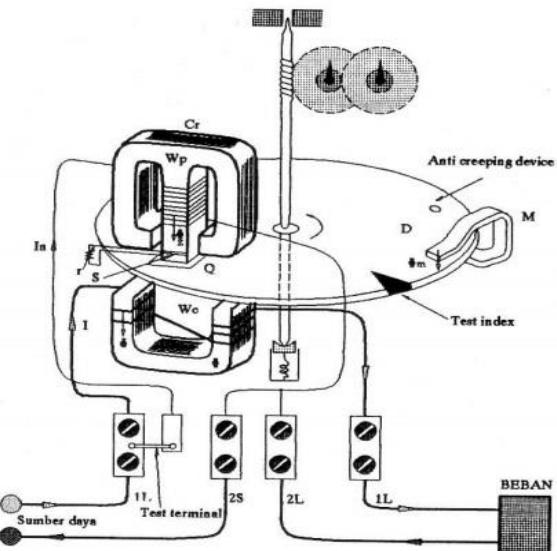
- (1) Kumparan tegangan yang berfungsi sebagai pembangkit fluk tegangan (Φ_u)
- (2) Kumparan arus sebagai pembangkit fluks arus (Φ_i)
- (3) Elemen penggerak/piringan aluminium sebagai tempat integrasi Φ_u dan Φ_i serta terjadinya arus foucault sehingga timbul momen putar pada piringan. Piringan kWh meter ditempatkan dengan dua buah bantalan (atas dan bawah) yang digunakan agar piringan kWh meter dapat berputar dengan mendapat gesekan sekecil mungkin.
- (4) Rem Magnit berfungsi sebagai pengereaman dan memberikan perlawanan putaran ikutan dari piringan aluminium. Rem magnit adalah terbuat dari magnit permanen, mempunyai satu pasang kutub (Utara dan selatan) yang gunanya untuk : a. Mengatasi akibat adanya gaya berat dari piringan kWh meter b. Menghilangkan / meredam ayunan perputaran piringan serta alat kalibrasi semua batas arus.
- (5) Register sebagai pencatat/penghitung jumlah energi terpakai di tempat pelanggan, Sebagai transmisi perputaran piringan, sehingga alat pencatat merasakan adanya perputaran, untuk mencatat jumlah energi yang diukur oleh kWh meter tersebut dan mempunyai satuan, puluhan, ratusan, ribuan dan puluh ribuan.
- (6) Name Plate digunakan untuk mencantumkan informasi dasar yang terdapat pada kWh meter. Pada papan nama dari meter energi tercantum data sebagai berikut :
 - a) Nama alat / merek pabrik
 - b) Tipe atau jenis meter
 - c) Cara pengawatan : satu fasa, 2 kawat tiga fasa, 3 kawat tiga fasa, 4 kawat
 - d) Tegangan
 - e) Arus
 - f) Frekuensi
 - g) Konstanta meter
 - h) Kelas
 - i) Satuan energi listrik Contoh papan nama meter tarif tunggal dan ganda

j)



Gambar 9. 8 Papan Nama Meter Tarif Tunggal

- (7) Terminal Klemp / Terminal Blok yang merupakan tempat penyambungan pengawatan sumber tegangan dan beban ke kumparan arus dan kumparan tegangan.



Gambar 9. 9 Prinsip Suatu Meter Petunjuk, energi listrik B-B (jenis induksi)

Keterangan :

M = Magnit permanent

Cp = Inti besi kumparan tegangan

Wp = Kumparan tegangan yang dapat dianggap sebagai reaktansi murni, karena lilitan cukup besar Kumparan Tegangan terdiri dari :

Pada kWh meter 1 phasa 1 Set

Pada kWh meter 3 phasa 3 kawat..... 2 set

Pada kWh meter 3 phasa 4 kawat..... 3 Set

Cc = Inti besi kumparan arus

Wc = Kumparan arus Kumparan arus terdiri dari :

- a.) Pada kWh meter 1 phasa kumparan arus 1 set
- b.) Pada kWh meter 3 phasa 3 kawat kumparan arus 2 set
- c.) Pada kWh meter 3 phasa 4 kawat kumparan 3 set Pada kumparan arus dilengkapi dengan kawat tahanan atau lempengan besi yang berfungsi sebagai pengatur Cosinus phi (factor kerja)

Ip = Arus yang mengalir melalui Wp

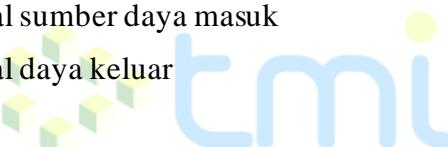
I = Arus beban yang mengalir melalui Wc

F = Kumparan penyesuaian fasa yang diberi tahanan R

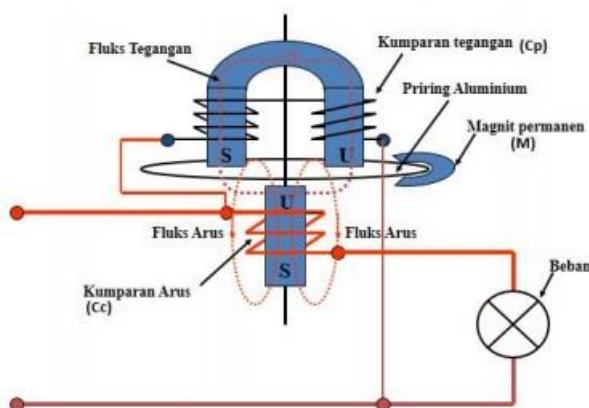
RGS = Register

1L & 2S = Terminal sumber daya masuk

2L & 1S = Terminal daya keluar



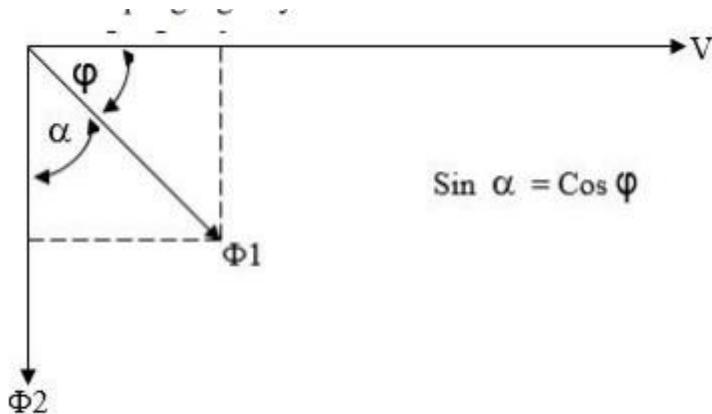
3) Prinsip Kerja kWh Meter



Φ_1 ditimbulkan oleh arus I mengalir di kumparan Wc

Φ_2 ditimbulkan oleh arus Ip mengalir di kumparan Wp dan Ip lagging 90° terhadap tegangannya

Gambar 9. 10 Prinsip Kerja kWh Meter



Gambar 9. 11 Proyeksi sudut

Hal ini berdasarkan bekerjanya induksi magnetis oleh medan magnit yang dibangkitkan oleh arus melalui kumparan arus terhadap disc (piring putar) kWh meter, dimana induksi magnetis ini berpotongan dengan induksi magnetis yang dibangkitkan oleh arus melewati kumparan tegangan terhadap disc yang sama. Koppel putar dapat dibangkitkan terhadap disc karena induksi magnetis kedua medan magnit tersebut diatas bergeser fasa sebesar 90° satu terhadap lainnya (azas Ferrari). Hal ini dimungkinkan dengan konstruksi kumparan tegangan dibuat dalam jumlah besar gulungan sehingga dapat dianggap inductance murni.

Dengan mengambil persamaan moment alat ukur type induksi :

$$T = KW \Phi_1 \cdot \Phi_2 \sin \alpha$$

Φ_1 sebanding dengan I

Φ_2 sebanding dengan

$$\sin \alpha = \cos \varphi$$

$$\text{Maka : } TD = \frac{V}{W} \quad TD = W \cdot I \quad \cos \varphi = V I$$

Dengan demikian maka terhadap piringan logam D terdapat momen gerak TD yang berbanding lurus terhadap daya beban. Apabila oleh karena pengaruh momen TD. Piring logam D berputar dengan kecepatan n , maka sambil berputar piringan tersebut memotong garis – garis fluksi magnetic m (akibat adanya magnit permanen) sehingga menyebabkan terjadinya arus – arus putar (arus Foucault) didalam piringan logam yang berbanding lurus terhadap $n \cdot \Phi$. Arus – arus putar yang terjadi pada piringan logam D akibat adanya Φ_1 , Φ_2 dan Φ_3 . Arus – arus putar yang memotong garis – garis fluksi m menyebabkan piringan logam D mengalami momen redaman TD yang berbanding lurus.

Bila momen TD dan Td dalam keadaan seimbang maka : $Kd \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi = Km \cdot n \cdot \emptyset \text{ m}^2$

$$n = \frac{Kd}{Km \emptyset \text{ m}^2} VI \cos \varphi$$

$$Kd, Km = \text{konstanta}$$

Sehingga didapat kecepatan n dari piringan logam D adalah berbanding lurus dengan $V \cdot I \cdot \cos \varphi$, maka jumlah putaran piringan D untuk jangka waktu tertentu sebanding dengan energi yang diukur pada jangka waktu tersebut. Kemudian untuk mendapat angka hasil pengukuran dari piringan D tadi harus ditransformasikan lagi ke alat register.

4) Jenis – Jenis kWh meter

Berdasarkan kebutuhan pelayan Berdasarkan kebutuhan pelayanan, kWh meter dibagi menjadi kWh meter satu fasa dan kWh meter tiga fasa. kWh meter satu fasa adalah jenis kWh meter yang lebih banyak digunakan dibandingkan kWh meter tiga fasa. kWh meter satu fasa terdiri dari dua kawat yaitu untuk kawat fasa dan kawat netral. kWh meter satu fasa digunakan untuk mengukur daya listrik dengan skala kecil seperti pengukuran daya

listrik yang terpakai pada rumah-rumah.

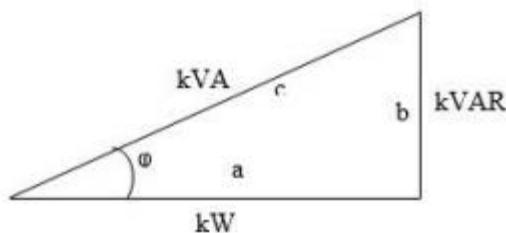
Adapun kWh meter tiga fasa merupakan kWh meter yang terdiri dari empat kawat, tiga kawat sebagai fasa sedangkan satu kawat sebagai netral. kWh meter tiga fasa banyak digunakan di pabrik-pabrik, instalasi rumah sakit, sekolah, dan bangunan-bangunan yang membutuhkan daya listrik dalam skala besar.



Gambar 9. 12 kWh 1 fasa dan 3 fasa

a) Prinsip kerja kVARh Meter.

KVarh meter adalah peralatan dalam sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk mengukur energi reaktif yaitu pengukuran daya reaktif dikalikan waktu pemakaian dalam satuan jam (hours). KVarh meter biasanya digunakan pada perusahaan besar yang menggunakan motor dengan kapasitas besar. Hal ini dikarenakan pada perusahaan besar yang menggunakan motor dengan kapasitas besar, memiliki faktor daya yang jelek (dibawah 0,85) atau konsumen – konsumen yang mempunyai sudut phasa lebih besar dari 36,860. Apabila kita perhatikan pada tiga daya dibawah ini (lihat gambar)



Gambar 9. 13 Sudut fasa kVARh

Apabila pada segi tiga daya tersebut kita coba gambarkan suatu besaran sudut (Φ) yang berubah – ubah dengan besaran kW yang tetap, maka dapat terlihat disini bahwa besarnya kVA akan berubah – ubah, semakin besar sudut Φ atau semakin jeleknya $\cos \phi$ maka kVA akan semakin besar.

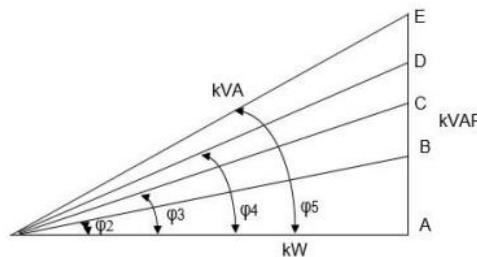
Pada titik A besarnya sudut $\Phi = 0$ Maka besar $\cos \phi = 1$

Sehingga $kVA = kW$ Sedangkan $kVAR$ nya adalah = 0

Pada titik B : Sudut 2 semakin besar

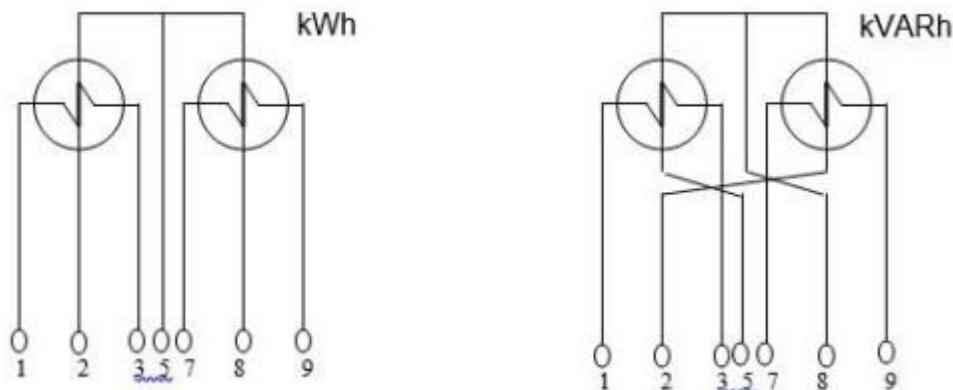
sehingga \cos menjadi lebih kecil dari 1 kVA

akan menjadi lebih besar dari kW , sedangkan $kVAR$ nya menjadi lebih besar dari nol (0)



Gambar 9. 14 Perbandingan kWh dan KVArh

Meter kVARh pada prinsipnya adalah seperti meter kWh. Kalau pada meter kWh yang diukur adalah daya nyata atau $I \cdot E \cdot \cos \phi \times t$, maka pada kVARh yang diukur adalah daya buta atau $I \cdot E \cdot \sin \phi \times t$. Untuk bisa mendapatkan hasil pengukuran $E \cdot I \cdot \sin \phi \times t$, prinsip dasarnya adalah membalik polaritas kumparan tegangan kWh dengan jalan membalik pengawatannya



Gambar 9. 15 Perbandingan kWh dan kVARh

Berdasarkan beban yang dikonsumsi kVarh meter dibagi menjadi dua, yaitu kVarh meter satu fasa dan kVarh meter tiga fasa. KVarh meter satu fasa merupakan kVarh meter yang hanya terdiri dari dua kawat penghantar yaitu kawat fasa dan kawat netral. Sedangkan kVarh meter tiga fasa terdiri dari tiga kawat untuk setiap fasa dan satu kawat netral. Cara kerja dari kVarh meter adalah ketika kVarh meter diberikan sumber dan beban pada kumparan arus dan tegangan maka akan terjadi fluksi untuk mendorong piringan agar dapat berputar. Besarnya fluksi bergantung pada beban, semakin besar beban maka semakin besar pula fluksi yang dihasilkan.

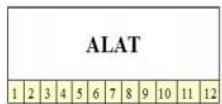
5) Diagram Rangkaian pengawatan dan Penandaan Terminal

Diagram pengawatan adalah gambar elektronik yang biasanya dinyatakan dengan simbol yang menyatakan hubungan antara bagian –bagian peralatan atau suatu instalasi Manfaat diagram pengawatan - Mengetahui prinsip kerja suatu peralatan atau instalasi - Membantu pelaksanaan pemasangan suatu peralatan atau instalasi - Mempermudah dalam menelusuri, mengusut gangguan pada suatu peralatan atau instalasi.

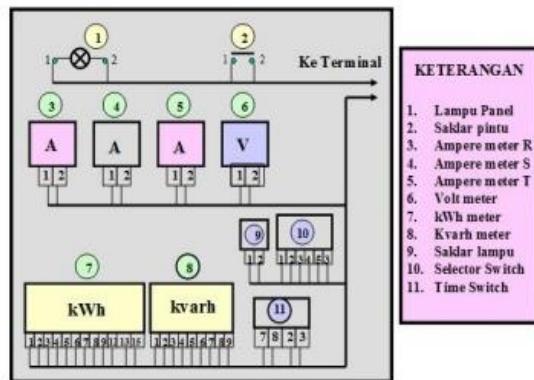
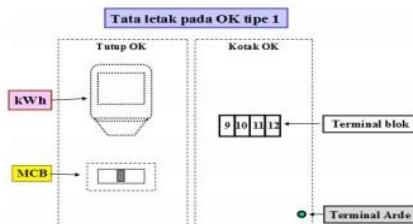
4. Macam – macam diagram

a. Diagram Layout

Merupakan diagram yang menyatakan tata letak alat atau terminal atau sejenisnya



Gambar 10 Diagram lay out terminal



Gambar 9. 17 Tata Letak APP tipe 1

Gambar 9. 16 Lay out APP tipe khusus 1C

b. Diagram internal

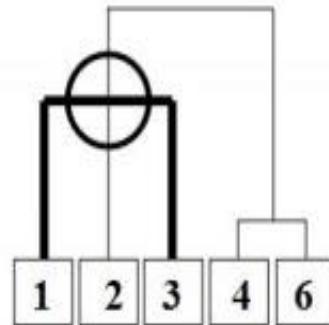
Merupakan diagram yang menyatakan rangkaian internal suatu alat.

c. Diagram penyambungan

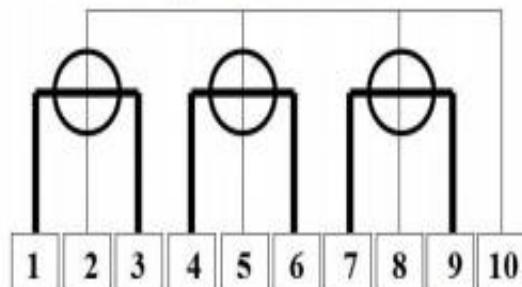
Diagram yang menyatakan nomor terminal dari suatu alat yang harus disambungkan ke nomor terminal dari alat yang lain dengan menggunakan penghantar/kawat.

d. Diagram terminal

Diagram yang menyatakan penghantar dengan kode pengawatan tertentu yang tersambung pada suatu terminal.



Gambar 17 Diagram internal kWh meter 1 fasa

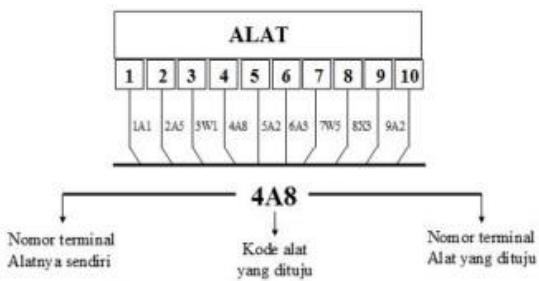


Gambar 18 Diagram internal kWh meter 3 fasa

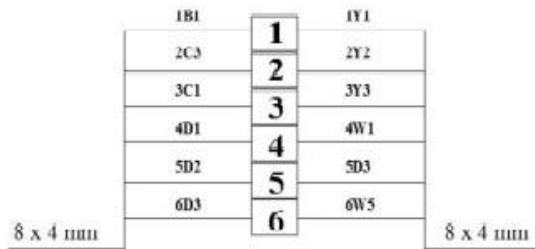
Gambar 9. 18 Diagram Internal kWh meter 1 fasa dan 3 fasa

e. **Diagram garis tunggal**

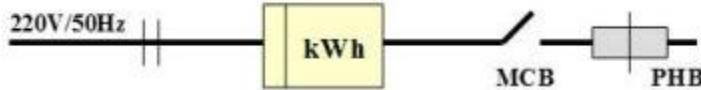
Merupakan gambar sederhana dari suatu sirkuit yang menunjukkan bagian pentingnya saja namun dapat menggambarkan cara operasi dan fungsi kelompok dari suatu instalasi listrik, sirkuit biasanya digambarkan dalam bentuk garis tunggal dan huruf atau symbol.



Gambar 9. 19 Diagram penyambung



Gambar 9. 21 Diagram Terminal

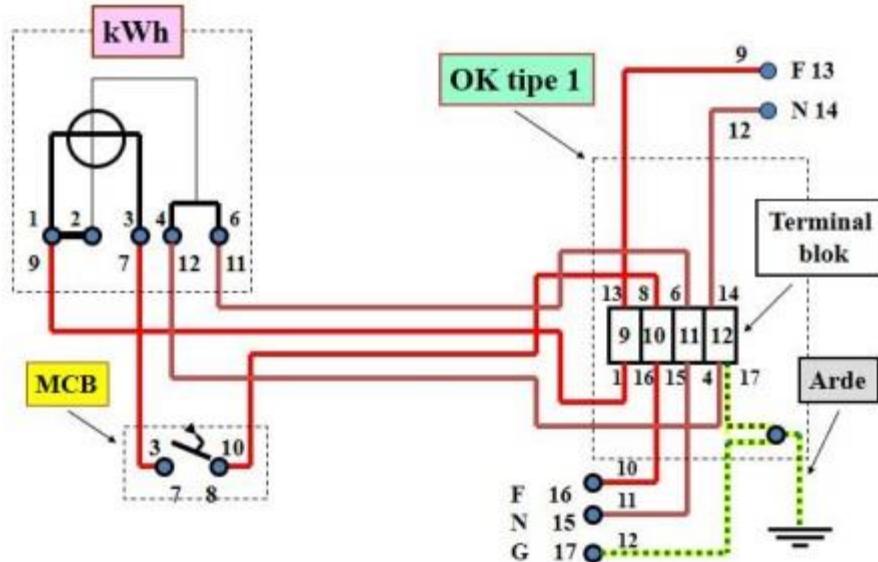


Gambar 9. 20 Diagram Garis Tunggal

Diagram garis tunggal sebaiknya disertai informasi sebagai berikut:

- Tegangan
- Jenis arus
- Frekuensi
- Luas penampang
- Jumlah kawat
- Pengenal
- Data karakteristik
- Simbol alat

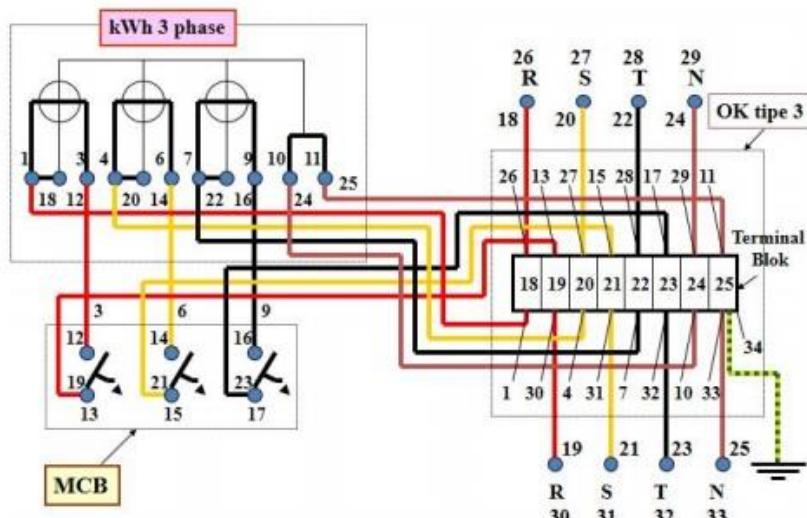
f. **Diagram pengawatan APP 1 fasa**



Gambar 9. 22 Diagram Pengawatan APP 1 fasa

Gambar diatas menunjukkan diagram pengawatan pada kWh meter satu fasa. Pada diagram pengawatan diatas kabel nomor 1 dan 2 menunjukkan kabel masukan pada fasa line sedangkan kabel nomor 3 menunjukkan kabel keluaran fasa line. Kabel berikutnya adalah kabel nomor 4 dan 5 yang merupakan kabel masukan dan keluaran pada fasa netral.

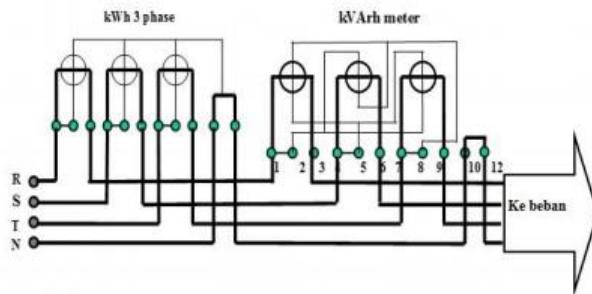
g. **Diagram pengawatan APP 3 fasa**



Gambar 9. 23 Diagram Pengawatan APP 3 fasa

Pada gambar tersebut nomor satu sampai sebelas menunjukkan terminal yang menghubungkan dengan kumparan arus dan kumparan tegangan. Terminal nomor dua, lima, dan delapan menunjukkan terminal yang menghubungkan ke kumparan tegangan. Sedangkan terminal sisanya menghubungkan ke kumparan arus. Kumparan arus adalah kumparan yang memiliki belitan dengan diameter tebal dan kumparan yang sedikit, sedangkan kumparan tegangan adalah kumparan yang memiliki belitan dengan diameter tipis dan kumparan yang banyak. Pada kWh meter kumparan arus dihubungkan seri dengan beban sedangkan kumparan tegangan dihubungkan paralel dengan beban.

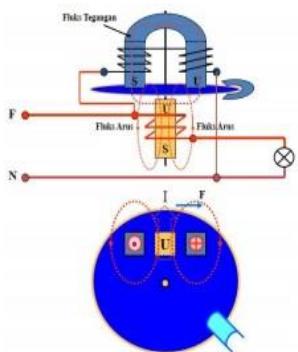
h. Pengawatan kWh dan kVArh meter



Gambar 9. 24 Pengawatan kWh dan kVArh

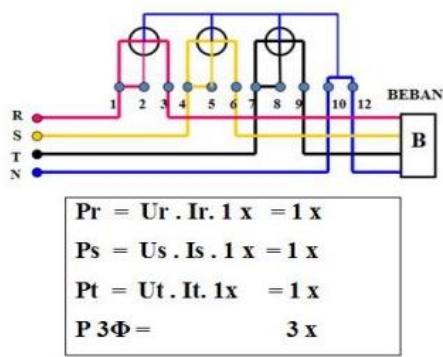
i. Pengawatan

1) Pengawatan Normal



Gambar 9. 25 Pengawatan Normal

2) kWh meter 3 fasa pengawatan normal



Gambar 9. 26 kWh meter 3 fasa pengawatan normal

j. Alat Bantu kWh Meter

Ada tiga alat bantu yang digunakan dalam pengukuran dengan kWh meter :

- 1) Current transformator (trafo Arus) Transformator arus adalah suatu alat listrik yang berfungsi untuk mengubah besar arus tertentu (di lilitan primer) ke besaran arus tertentu lainnya (di lilitan sekunder) melalui suatu kopling elektro magnetis. Transformtor arus ini banyak digunakan didalam bidang pengukuran – pengukuran listrik untuk memperoleh besaran ukur bagi ampere meter, kWh meter, watt meter dan sebagainya. Trafo arus di gunakan untuk pelanggan listrik dengan daya lebih besar dari 43 kVA, pengukuran menggunakan trafo arus (pengukuran tidak langsung). Trafo arus yang dipergunakan sebesar- besarnya kelas 0,5 dengan Burden tidak lebih dari 30 VA untuk trafo arus tegangan rendah. Untuk tegangan menengah menggunakan trafo arus kelas 0,2 dengan Burden 30 VA. Karena meter – meter umumnya hanya dapat dilewati besaran ukur (arus) yang kecil sedangkan arus yang mengalir ke jaringan distribusi adalah besar, maka besar arus pada belitan primer transformator arus lebih besar dari pada besar arus di lilitan sekundernya. Jadi transformator arus yang dipergunakan pada meter – meter akan mengubah arus primer yang besar menjadi arus sekunder yang lebih kecil sehingga pengukuran dapat dilakukan.
- 2) Potensial transformator (Trafo tegangan) Transformator tegangan adalah alat pengubah besaran listrik (tegangan) dari suatu harga ke harga yang lain yang tertentu besarnya. Transformator tegangan merupakan salah satu dari beberapa jenis transformator yang ada, yang berfungsi sebagai alat pembantu dalam pengukuran tegangan. Trafo tegangan di pergunakan untuk mengukur tegangan atau sebagai sumber tegangan alat-alat pembatas dan pengukur pada sistem tegangan menengah dengan kelas 0,2 dan burden 30 VA burden 30 VA Alat ini biasa digunakan untuk memberi tegangan kepada meter – meter dan peralatan pengaman yang memerlukannya, dan biasa dipasang pada sisi tegangan tinggi dari suatu jaringan listrik (6 kV ke atas). Faktor ketelitian yang harus diperhatikan pada transformator alat pengukuran (termasuk juga transformator tegangan). Hal ini disebabkan karena besaran ukurannya yang lebih diperhatikan dari pada rugi-rugi yang terjadi pada alat tersebut.
- 3) Time switch Fungsi dari time switch sebagai alat bantu untuk pengukuran energi listrik oleh kWhmeter tariff ganda adalah sebagai pemberi komando kepada kWh Meter, kapan

kWh meter harus mengukur pada waktu beban puncak dan kapan harus mengukur diluar waktu beban puncak.

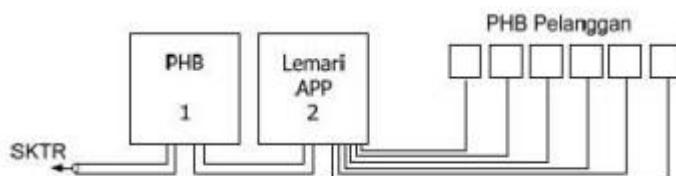
Pengukuran kWh waktu beban puncak menurut aturan yang digunakan PLN yaitu mulai 17.00 – 22.00 dan diluar waktu tersebut pengukuran kWh diluar beban puncak, karena pada time switch terdapat indikator waktu seperti pada jam, maka prinsip kerja dari time switch sama halnya dengan prinsip kerja jam hanya pada time switch terdapat kontak-kontak yang bekerja dapat diatur sesuai dengan kebutuhan peralatan lain yang memerlukannya.

Tidak semua alat bantu tersebut harus dipasang pada suatu pengukuran kWh meter, hal tersebut tentu tergantung dari kebutuhan untuk pengukuran itu sendiri. Maksud dari penggunaan alat bantu kWh meter adalah untuk menyederhanakan disain pemuatan kWh sehingga :

- 1) Pengukuran dari beberapa macam besarnya daya listrik.
- 2) Untuk pengukuran tarif ganda maka didesain dengan coil perubahan register yang menggunakan relay komando dari luar (Time Switch)
- 3) Supaya kWh meter dapat digunakan untuk pengukuran energi listrik baik pada sistem tegangan rendah maupun pada sistem tegangan menengah juga pada sistem tegangan tinggi
- 4) Untuk mempermudah pemasangan dan penempatan kWh meter

k. Pemasangan kotak APP dan lemari APP

Kotak APP yang dipasang di luar bangunan adalah dari jenis pasangan luar dengan indeks proteksi keamanan sekurang-kurangnya IP 45 dan dipasang di tempat yang mudah dijangkau untuk pencatatan meter serta berjarak tidak lebih dari 7 meter dari rumah pemanfaat. Lemari APP dipergunakan untuk sejumlah APP pada rumah susun, pertokoan. 1(satu) lemari APP dipergunakan untuk tidak lebih dari 16 APP. Lemari APP terpisah dari PHB nya. Semua lemari panel APP dan PHB harus dibumikan.



Gambar 9. 27 Sambungan tenaga listrik tegangan rendah pada rusun atau ruko

I. Instalasi APP

Instalasi APP di sisi pelanggan terpasang dengan cara:

- 1) Dipasang per pelanggan secara terpisah sesuai ketentuan SPLN 55 Alat ukur, Pembatas dan Perlengkapannya dan 57-1 Meter kWh Arus Bola-balik kelas 0,5, 1 dan 2 Bagian-1: Pasangan Dalam;
- 2) Dipasang per pelanggan dengan menggabungkan meter dan alat pembatas secara terpadu (diatur dalam SPLN D3.003 APP Terpadu)
- 3) Menyatukan beberapa pelanggan dalam kotak meter terpusat khusus untuk meter energi elektromekanik (diatur dalam SPLN D3.001-1 Kotak kWh Meter Elektromekanik Terpusat, Bagian 1: kWh Meter Fase Tunggal).
- 4) Khusus pelanggan dengan daya mulai 33 kVA keatas, instalasi APP sebaiknya menggunakan meter elektronik dengan sekurang-kurangnya kelas 0,5. Dan harus dipastikan aman dan tersegel sesuai ketentuan perusahaan

m. Meter Energi

Meter kWh atau energi meter terdiri atas 2 jenis:



- 1) Meter energi Fasa 1
- 2) Meter energi Fasa 3 Baik untuk energi meter aktif dan reaktif (kVARH)

n. Pemasangan Meter Energi

Meter energi dan papan OK di pasang tidak kurang dari 180 cm di atas lantai pada tempat yang terlindung dari panas, hujan dan benturan benda keras. Terminasi kabel pada meter kWh harus dilapis tembaga solder, baru dikencangkan pada terminal kWh / kVARh. Kabel instalasi dalam meter kWh / kVARh harus dari jenis NYAF dengan warna yang sesuai standard PLN dengan ukuran sekurang-kurangnya 10 mm².

Tabel 9. 4 Kabel instalasi meter kWh /kVARh

Meter kWh	Fasa	Netral
Fasa 1	Hitam	Biru
Fasa 3	Merah Kuning Hitam	Biru

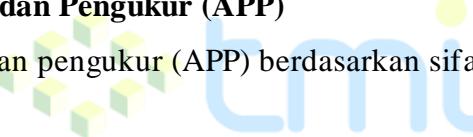
Bagian berlogam dari papan OK di bumikan, pembumian di satukan satu dengan instalasi pembumian sirkuit utama instalasi pelanggan. Pada meter kWh Fasa- 1 atau -3 dengan konstruksi moulded case tanpa logam, Pengantar pembumian instalasi pelanggan ti tidak boleh di masukkan ke dalam lubang terminal pengantar netral meter kWh.

o. Panel Meter kWh – APP Kolektif

Panel meter untuk penempatan APP kolektif ditempatkan berdampingan dengan panel PHB jaring distribusi, pada lokasi yang mudah dicapai, dan bukan di jalur lalu lintas padat. Tinggi panel ti tidak kurang dari 60 cm di atas permukaan lantai. Jika di tempatkan di luar, bangunan di lindungi dengan patok pengaman ti tinggi 60 cm. Kabel SLP antara PHB distribusi dan panel APP dilindungi secara mekanis. Tingkat IP untuk pasangan dalam sekurang-kurangnya IP 44 dan untuk pasangan luar sekurang-kurangnya IP 45. BKT panel harus dibumikan.

p. Pemasangan Alat Pembatas dan Pengukur (APP)

Pemasangan alat pembatas dan pengukur (APP) berdasarkan sifat penempatan APP sesuai standar PLN yang berlaku:

- 
- 1) Dipasang per pelanggan secara terpisah sesuai ketentuan (SPLN 55 Alat Ukur, Pembatas dan Perlengkapannya dan SPLN 57-1 Meter kWh Arus Bolak Balik Kelas 0,5,1 dan 2 Bagian -1: Pasangan Dalam)
 - 2) Dipasang per pelanggan dengan menggabungkan meter dan alat pembatas secara terpadu (diatur dalam SPLN D3.003 APP Terpadu).
 - 3) Menyatukan beberapa pelanggan dalam kotak meter terpusat khusus untuk meter energi elektromekanik (diatur dalam SPLN D3.001-1 Kotak kWh Meter)
 - 4) Elektromekanik Terpusat, Bagian 1: kWh Meter Fase Tunggal).
 - 5) Khusus pelanggan dengan daya mulai 33 kVA keatas, instalasi APP tidak harus dipasang di Gardu PLN dengan sistem pengukuran AMR.
 - 6) APP dipastikan aman dan tersegel sesuai ketentuan perusahaan.

q. Pemasangan di Rumah pelanggan

Pemasangan di rumah pelanggan yang terbanyak saat ini dilakukan dengan 2 cara, yaitu terpasang di muka atau di teras rumah atau dipasang di halaman bagian luar. Ketentuan-ketentuan pemasangan di rumah pelanggan adalah:

- 1) Tinggi panel APP (OK) tidak kurang dari 160 cm dari lantai.
- 2) Di luar atau di teras rumah, mudah dibaca, dan mudah akses masuk.
- 3) Tidak terkena hujan, panas, atau mudah terkena benturan mekanis.
- 4) Jauh dari jangkauan anak-anak.

r. Pemasangan di Luar Rumah / di Halaman Pelanggan

APP ditempatkan pada panel (kotak) APP yang memenuhi persyaratan IP 45 di atas tiang besi galvanis atau tiang beton atau pada tembok pagar dengan tinggi sekurang-kurangnya 180 cm.

s. Pemasangan Panel Distribusi

Kotak panel dipasang pada suatu tempat di bangunan yang terlindung dari hujan dan panas atau di luar bangunan. Panel distribusi ini dapat dipakai pada kompleks perumahan pertokoan, rumah petak atau rumah susun ataupun apartemen. Sakelar masuk pada sirkuit masuk PHB dilengkapi dengan sakelar jenis No Fused Breaker, pada sirkuit keluar di proteksi dengan tegangan lebur jenis HRC tipen NH/NT. Bagian konduksi terbuka PHB dibumikan dijadikan satu dengan pembumian metal shield kabel NYFGbY.

9.1.4. KHA (Kuat Hantar Arus) dalam pemanfaatan listrik

A. Pengertian kabel listrik

Kabel listrik adalah media untuk mengantarkan arus listrik ataupun informasi. Bahan dari kabel ini beraneka ragam, khusus sebagai pengantar arus listrik, umumnya terbuat dari tembaga dan umumnya dilapisi dengan pelindung. Selain tembaga, ada juga kabel yang terbuat dari serat optik, yang disebut dengan *fiber optic cable*.

Penghantar atau kabel yang sering digunakan untuk instalasi listrik penerangan umumnya terbuat dari tembaga. Penghantar tembaga setengah keras (**BCC ½ H = Bare**

Copper Conductor Half Hard) memiliki nilai tahanan jenis **0,0185 ohm mm²/m** dengan tegangan tarik putus kurang dari 41 kg/mm^2 . sedangkan penghantar tambaga keras (**BCCH =Bare Copper Conductor Hard**), kekuatan tegangan tariknya **41 kg/mm²**. Pemakaian tembaga sebagai penghantar adalah dengan pertimbangan bahwa tembaga merupakan suatu bahan yang mempunyai daya hantar yang baik setelah perak. Penghantar yang dibuat oleh pabrik yang dibuat oleh pabrik terdapat beraneka ragamnya. Berdasarkan konstruksinya, penghantar diklasifikasikan sebagai berikut:

- a) **Penghantar pejal** (solid); yaitu penghantar yang berbentuk kawat pejal yang berukuran sampai 10 mm^2 . Tidak dibuat lebih besar lagi dengan maksud untuk memudahkan penggulungan maupun pemasangannya.



Gambar 9. 28 Penghantar Pejal

- b) **Penghantar berlilit** (stranded); penghantarnya terdiri dari beberapa urat kawat yang berlilit dengan ukuran $1 \text{ mm}^2 - 500 \text{ mm}^2$.



Gambar 9. 29 Penghantar Berlilit

- c) **Penghantar serabut** (fleksibel); banyak digunakan untuk tempat-tempat yang sulit dan sempit, alat-alat portabel, alat-alat ukur listrik dan pada kendaraan .
- d) **Penghantar persegi** (busbar); penampang penghantar ini berbentuk persegi empat yang biasanya digunakan pada PHB (Papan Hubung Bagi) sebagai rel-rel pembagi atau rel penghubung. Penghantar ini tidak berisolasi.



Gambar 9. 30 Penghantar Persegi

Adapun bila ditinjau dari jumlah penghantar dalam satu kabel, penghantar dapat diklasifikasikan menjadi:

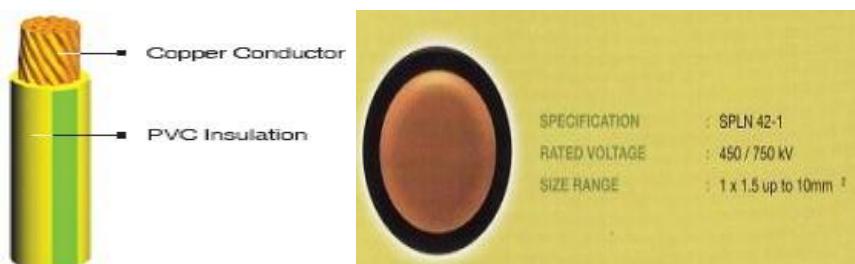
- a) **Penghantar simplex** ; ialah kabel yang dapat berfungsi untuk satu macam penghantar

- saja (misal: untuk fasa atau netral saja). Contoh penghantar simplex ini antara lain: NYA 1,5 mm²; NYAF 2,5 mm² dan sebagainya.
- b) **Penghantar duplex** ; ialah kabel yang dapat menghantarkan dua aliran (dua fasa yang berbeda atau fasa dengan netral). Setiap penghantarnya diisolasi kemudian diikat menjadi satu menggunakan selubung. Penghantar jenis ini contohnya NYM 2x2,5 mm², NYY 2x2,5mm².
 - c) **Penghantar triplex** ; yaitu kabel dengan tiga pengantar yang dapat menghantarkan aliran 3 fasa (R, S dan T) atau fasa, netral dan arde. Contoh kabel jenis ini: NYM 3x2,5 mm², NYY 3x2,5 mm² dan sebagainya.
 - d) **Penghantar quadruplex** ; kabel dengan empat penghantar untuk mengalirkan arus 3 fasa dan netral atau 3 fasa dan pentanahan. Susunan hantarannya ada yang pejal, berlilit ataupun serabut. Contoh penghantar quadruplex misalnya NYM 4x2,5 mm², NYMHY 4x2,5mm² dan sebagainya.

B. Beberapa jenis kabel yang biasa dipakai dalam instalasi listrik:

1) Kabel NYA

Kabel NYA berinti tunggal, berlapis bahan isolasi PVC, untuk instalasi luar atau kabel udara. Kode warna isolasi ada warna merah, kuning, biru dan hitam sesuai dengan peraturan PUIL.. Lapisan isolasinya hanya 1 lapis sehingga mudah cacat, tidak tahan air (NYA adalah tipe kabel udara) dan mudah digigit tikus. Agar aman memakai kabel tipe ini, kabel harus dipasang dalam pipa/conduit jenis PVC atau saluran tertutup. Sehingga tidak mudah menjadi sasaran gigitan tikus, dan apabila ada isolasi yang terkelupas tidak tersentuh langsung oleh orang.



Gambar 9. 31 Kabel NYA

2) Kabel NYM

Kabel NYM memiliki lapisan isolasi PVC (biasanya warna putih atau abu-abu), ada yang berinti 2, 3 atau 4. Kabel NYM memiliki lapisan isolasi dua lapis, sehingga tingkat



Description

NYM Cable

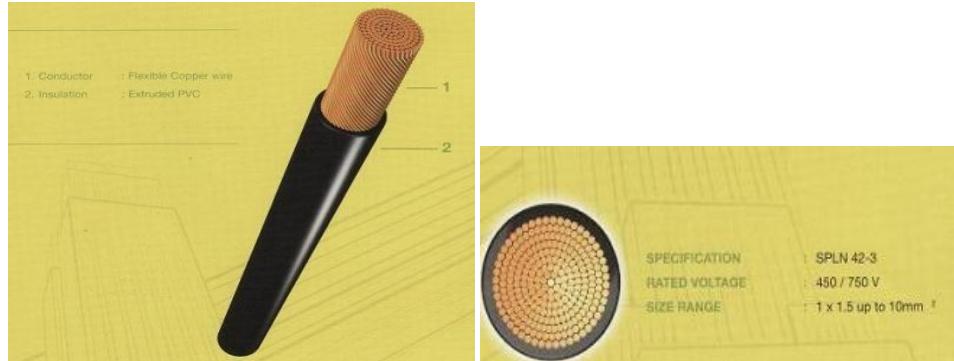
- | | | |
|-----------------|---|--------------|
| 1. Conductor | : | Copper wire |
| 2. Insulation | : | Extruded PVC |
| 3. Filler | : | Extruded PVC |
| 4. Outer Sheath | : | Extruded PVC |

Gambar 9. 32 Kabel NYM

keamanannya lebih baik dari kabel NYA (harganya lebih mahal dari NYA). Kabel ini dapat dipergunakan dilingkungan yang kering dan basah, namun tidak boleh ditanam.

3) Kabel NYAF

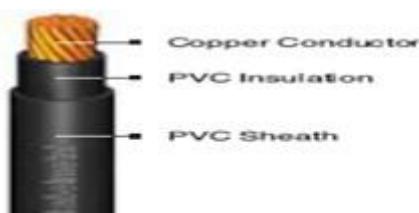
Kabel NYAF merupakan jenis kabel fleksibel dengan pengantar tembaga serabut berisolasi PVC. Digunakan untuk instalasi panel-panel yang memerlukan fleksibilitas yang tinggi.



Gambar 9. 33 Kabel NYAF

4) Kabel NYY

Kabel NYY memiliki lapisan isolasi PVC (biasanya berwarna hitam), ada yang berinti 2, 3 atau 4. Kabel NYY dipergunakan untuk instalasi tertanam (kabel tanah), dan memiliki lapisan isolasi yang lebih kuat dari kabel NYM



Gambar 9. 34 Kabel NYY

(harganya lebih mahal dari NYM). Kabel NYY memiliki isolasi yang terbuat dari bahan yang tidak disukai tikus.

5) Kabel NYFGbY

Kabel NYFGbY ini digunakan untuk instalasi bawah tanah, di dalam ruangan di dalam saluran-saluran dan pada tempat-tempat yang terbuka dimana perlindungan terhadap gangguan mekanis dibutuhkan, atau untuk tekanan rentangan yang tinggi selama dipasang dan dioperasikan.



Gambar 9. 35 Kabel NYFGbY

6) Kabel ACSR (Aluminum Conduct Steel Reinforced)

Kabel ACSR merupakan kawat penghantar yang terdiri dari aluminium berinti kawat baja. Kabel ini digunakan untuk saluran-saluran transmisi **tegangan tinggi**, dimana jarak antara menara atau tiang berjauhan, mencapai ratusan meter, maka dibutuhkan kuat tarik yang lebih tinggi, untuk itu digunakan kawat penghantar ACSR.



Gambar 9. 36 Kabel ACSR

7) Kabel AAAC (All Aluminium Alloy Conductor)

Kabel ini terbuat dari **aluminium-magnesium-silicon** campuran logam, keterhantaran elektris tinggi yang berisi *magnesium silicide*, untuk memberi sifat yang lebih baik. Kabel ini biasanya dibuat dari paduan aluminium 6201. AAAC mempunyai suatu anti karat dan kekuatan yang baik, sehingga daya hantarnya lebih baik.

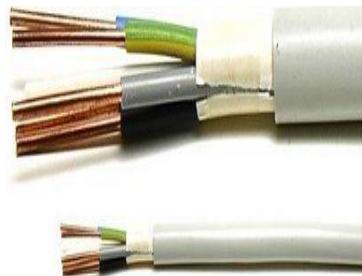


Gambar 9. 37 Kabel AAAC

Beberapa contoh jenis kabel:



1



2



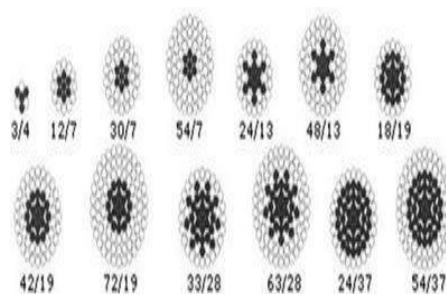
3



4



7



8



9

Gambar 9. 38 Contoh Jenis Kabel

Keterangan gambar:

1. Kabel NYA
2. Kabel NYM
3. Kabel NYAF
4. Kabel NYY
5. Kabel NYFGbY
6. Kabel ACSR
7. Kabel AAAC
8. Kabel ACAR tampak
dari permukaan
9. Kabel ACAR tampak
dari depan



8) Tabel : Nomenklatur kode – kode kabel di Indonesia

Tabel 9. 5 Nomenklatur kode – kode kabel di Indonesia

HURUF	KETERANGAN
N	Kabel standard dengan penghantar/inti tembaga.
NA	Kabel dengan aluminium sebagai penghantar.
Y	Isolasi PVC
G	Isolasi Karet
A	Kawat Berisolasi
Y	Selubung PVC (polyvinyl chloride) untuk kabel luar
M	Selubung PVC untuk kabel luar
R	Kawat baja bulat (perisai)
Gb	Kawat pipa baja (perisai)
B	Pipa baja
I	Untuk isolasi tetap diluar jangkauan tangan
re	Penghantar padat bulat
rm	Penghantar bulat berkawat banyak
Se	Penghantar bentuk pejal (padat)
Sm	Penghantar dipilih bentuk sektor
f	Penghantar halus dipintal bulat
ff	Penghantar sangat fleksibel
Z	Penghantar z
D	Penghantar 3 jalur yang di tengah sebagai pelindung.
H	Kabel untuk alat bergerak
Rd	Inti dipilih bentuk bulat
Fe	Inti pipih
-1	Kabel dengan sistem pengenal warna urat dengan hijau – kuning
-0	Kabel dengan sistem pengenal warna urat tanpa hijau – kuning.

Contoh :

- a. Kabel NYA 4 re 1000 V

Menyatakan suatu kawat berisolasi untuk tegangan nominal 1000V, berisolasi PVC dan mempunyai penghantar tembaga padat bulat dengan luas penampang nominal 4 mm^2 .

- b. Kabel NYM – 0 4 x 2,5 rm 500 V

Menyatakan suatu kabel berinti banyak untuk tegangan nominal 500 V, berisolasi dan berselubung PVC dan mempunyai penghantar tembaga bulat berkawat banyak dengan luas penampang nominal $2,5 \text{ mm}^2$, dengan sistem pengenal warna urat tanpa hijau - kuning.

C. Identifikasi Kabel Dengan Warna

Peraturan warna selubung penghantar dan warna isolasi inti penghantar harus diperhatikan pada saat pemasangan. Hal tersebut di atas diperlukan untuk mendapatkan kesatuan pengertian mengenai penggunaan sesuatu warna atau warna loreng yang digunakan untuk mengenal penghantare guna keseragaman dan mempertinggi keamanan.

1. Penggunaan warna loreng Hijau – kuning

Warna hijau-kuning hanya boleh digunakan untuk menandai penghantar pembumian, pengaman dan penghantar yang menghubungkan ikatan penyama tegangan ke bumi.

2. Penggunaan warna biru

Warna biru digunakan untuk menandai penghantar netral atau kawat tengah, pada instalasi listrik dengan penghantar netral. Untuk menghindarkan kesalahan, warna biru tersebut tidak boleh digunakan untuk menandai penghantar lainnya. Warna biru hanya dapat digunakan untuk maksud lain, jika pada instalasi tersebut tidak terdapat penghantar netral atau kawat tengah. Warna biru tidak untuk kabel pentanahan.

3. Penggunaan warna kabel berinti tunggal

Untuk pengawatan di dalam perlengkapan listrik disarankan hanya menggunakan kabel dengan satu warna., khususnya warna hitam. Jika diperlukan warna lain untuk penandaan disarankan menggunakan warna cokelat.

4. Pengenal untuk inti atau rel

Untuk kabel dengan isolasi dari bahan *polyethylene* disingkat dengan PE, *polyvinyl chloride* disingkat dengan PVC, cross linked *polyethylene* disingkat dengan XLPE.

5. Warna untuk kabel berselubung berinti tunggal

Kabel berselubung berinti tunggal boleh digunakan untuk fase, netral, kawat tengah atau

pengantar pembumian asalkan isolasi kedua ujung kabel yang terlihat (bagian yang dikupas selubungnya) dibalut isolasi khusus yang berwarna.

Untuk instalasi listrik

- 1) Fasa R merah
- 2) Fasa S kuning
- 3) Fasa T hitam
- 4) netral biru

Untuk pelengkapan listrik

- 1) U / X merah
- 2) V / Y kuning
- 3) W / Z hitam
- 4) Arde loreng hijau – kuning

6. Warna selubung kabel

Warna selubung kabel ditentukan sebagai berikut :

- | | |
|--------------------------------------------------------|--------------|
| - Kabel berisolasi tegangan pengenal (500 V) | putih |
| - Kabel udara berisolasi PE, PVC, XPLPE (600 – 1000 V) | hitam |
| - Kabel tanah berselubung PE dan PVC (600 – 1000 V) | hitam |
| - Kabel tanah berselubung PE, PVC > 1000 V | merah |

D. Pemilihan Luas Penampang Penghantar

Pemilihan luas penampang penghantar harus mempertimbangkan hal-hal berikut ini:

1. Kemampuan Hantar Arus (KHA)

Menurut PUIL 2000 pasal 5.5.3.1 bahwa “penghantar sirkit akhir yang menyuplai motor tunggal tidak boleh mempunyai KHA kurang dari 125% arus pengenal beban penuh.”

Untuk Arus Searah : $In = P/V$ (A)

Untuk Arus Bolak-balik Satu Fasa: $In = P/(V \cdot \cos \phi)$ (A)

Untuk Arus Bolak-balik tiga Fasa: $In = P/(V \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \phi)$ (A)

KHA = 125% X In

Dimana:

I = Arus Nominal Beban Penuh (A)

P = Daya Aktif (W)

V = Tegangan (V)

$\cos \phi$ = Faktor Daya

2. Sifat Lingkungan

Sifat lingkungan merupakan kondisi dimana penghantar itu dipasang.

Faktor-faktor berikut harus diperhatikan:

- a. Penghantar dapat dipasang atau ditanam dalam tanah dengan memperhatikan kondisi tanah yang basah, kering atau lembab. Ini akan berhubungan dengan pertimbangan bahan isolasi penghantar yang digunakan.
- b. Suhu lingkungan seperti suhu kamar dan suhu tinggi, penghantar yang digunakan akan berbeda.
- c. Kekuatan mekanis, misalnya: pemasangan penghantar di jalan raya berbeda dengan di dalam ruangan atau tempat tinggal. Penghantar yang terkena beban mekanis, harus dipasang di dalam pipa baja atau pipa beton sebagai pelindungnya.

3. Kemungkinan Lainnya

Kemungkinan lainnya merupakan kemungkinan-kemungkinan yang akan terjadi di masa yang akan datang. Seperti penambahan beban yang akan mengacu pada kenaikan arus beban sehingga perhitungan KHA penghantar untuk memilih luas penampang penghantar akan berbeda. Drop tegangan maksimum yang diizinkan adalah dua persen untuk penerangan dan lima persen untuk instalasi daya.

9.2. Sistem Proteksi

A. Pengertian

Sistem tenaga listrik: suatu sistem yang terdiri dari beberapa sub sistem, yaitu : pembangkitan (pembangkit tenaga listrik), penyaluran (transmisi), pendistribusian (distribusi) dan instalasi pemanfaatan

Proteksi sistem tenaga listrik: perlindungan/ pengaman pembangkitan (pembangkit tenaga listrik), penyaluran (transmisi), pendistribusian (distribusi) dan instalasi pemanfaatan.

B. Fungsi Proteksi

Dua fungsi utama proteksi, adalah :

1. Mendeteksi adanya gangguan atau keadaan abnormal lainnya pada bagian sistem yang diamankannya.
2. Melepaskan bagian sistem yang terganggu, sehingga bagian sistem lainnya yang tidak mengalami gangguan dapat terus beroperasi.

C. Kriteria Sistem Proteksi

1. Kepekaan (sensitivity):

Peralatan proteksi (rele) harus cukup peka dan mampu mendeteksi gangguan di kawasan pengamannya. Meskipun gangguan yang terjadi hanya memberikan rangsangan yang sangat minim, peralatan pengaman (rele) harus mampu mendeteksi secara baik.



2. Dependability :

Peralatan proteksi (rele) harus memiliki tingkat kepastian bekerja (dependability) yang tinggi. Peralatan proteksi (pengaman) harus memiliki keandalan tinggi (dapat mendeteksi dan melepaskan bagian yang terganggu), tidak boleh gagal bekerja.

3. Security :

Peralatan proteksi (pengaman) harus memiliki tingkat kepastian untuk tidak salah kerja atau tingkat security (keamanannya) harus tinggi.

4. Keandalan (reability)

Yang dimaksud salah kerja adalah kerja yang semestinya tidak kerja, misal : karena lokasi gangguan di luar kawasan pengamannya atau sama sekali tidak ada gangguan. Salah kerja bisa mengakibatkan terjadinya pemadaman, yang semestinya tidak perlu terjadi.

5. Selektifitas (selectivity) :

Peralatan proteksi (pengaman) harus cukup selektif dalam mengamankan sistem dapat memisahkan bagian sistem yang terganggu sekecil mungkin, yaitu hanya sub sistem yang terganggu saja yang memang menjadi kawasan pengamanutamanya. Rele harus mampu membedakan, apakah gangguan terletak di kawasan pengaman utamanya, dimana rele harus bekerja cepat, atau terletak di sub sistem berikutnya, dimana rele harus bekerja dengan waktu tunda atau tidak bekerja sama sekali.

6. Kecepatan (speed) :

Peralatan proteksi (pengaman) harus mampu memisahkan sub sistem yang mengalami gangguan secepat mungkin. Untuk menciptakan selektifitas yang baik, ada kemungkinan suatu pengaman terpaksa diberi waktu tunda (time delay), tetapi waktu tunda tersebut harus secepat mungkin. Dengan tingkat kecepatan yang baik, maka terjadinya kerusakan/ kerugian, dapat diperkecil.



D. Trafo Instrumen

Adalah trafo yang mana dipergunakan bersama dengan peralatan lain seperti: relai proteksi, alat ukur atau rangkaian kontrol, yang dihubungkan ke arus bolak balik Trafo instrumen: current transformers dan voltage transformers

E. Peralatan Pengukur Listrik

1. kWh meter : untuk mengukur pemakaian energi listrik
2. kVAr meter : untuk mengukur pemakaian daya reaktif
3. Ampere meter : untuk mengukur arus
4. Volt meter : untuk mengukur tegangan
5. Watt meter : untuk mengukur pemakaian daya aktif
6. Cos P meter : untuk mengukur power factor

F. Peralatan Proteksi

1. Over Current Relay
2. Ground Fault Relay

3. Differential Relay
4. Distance Relay
5. TRAFO ARUS

9.3. Pemanfaatan

A. Objek Pemeliharaan :

INSTALASI LISTRIK, PERALATAN LISTRIK RUMAH TANGGA, SISTEM PENGENDALIAN, MESIN LISTRIK, PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC)

B. Instalasi Listrik

Instalasi listrik meliputi :

1. Jaringan listrik yang terdiri dari alat pengukur dan pembatas (APP), panel hubung bagi (PHB), penghantar
2. Pencahayaan yang terdiri dari lampu pijar, neon sign/ lampu tabung, lampu merkuri, lampu sodium.
3. Pipa pada instalasi listrik yang terdiri dari pipa union, pipa paralon / PVC, pipa fleksibel, tule / selubung pipa, klem / sangkang, sambung pipa / sock, sambungan siku, kotak sambung.
4. Sistem pentanahan yang terdiri dari elektoda pentanahan, hantaran pengaman, sistem multi elektroda.

C. Peralatan Listrik Rumah Tangga

1. Alat – alat laundry : setrika listri, mesin cuci pakaian, mesin pengering pakaian, mesin cuci piring, mesin pembersih vakum.
2. Alat – alat memasak & pendingin : pengering rambut, kulkas dan freezer, alat pendingin ruangan, alat pemanas air.

D. Sistem Pengendalian

1. Sistem pengendali elektronik
2. Sistem pengendali elektronika daya : komponen semikonduktor daya, penyearah, pengendali tegangan AC, kontrol kecepatan dan daya motor induksi fasa tiga.

3. Sistem pengendalian motor : kontraktor magnit, kontak utama dan kontak bantu, kontraktor magnit dengan timer, rele pengaman arus lebih/thermal overload relay, sistem pengendali elektromagnetik.
4. Elektro pneumatic

E. Mesin Listrik

Transformator satu fasa, transformator tiga fasa, transformator khusus (autotransformator, transformator pengukuran), generator arus searah, motor arus searah, motor induksi tiga fasa, generator sinkron, motor sinkron, motor satu fasa, generator set.



9.4. Lembar Kerja

9.4.1. Checklist Identifikasi Potensi Bahaya Listrik (Shock, Arc, Blast Dan Bahaya Lainnya) Pada Instalasi Pemanfaatan, Perlengkapan Pemanfaatan, Peralatan Pemanfaatan Listrik.

CHECK LIST CARA MENCEGAH BAHAYA SHOCK		
URAIAN	TEMUAN	REKOMENDASI
1. Jangan membiasakan diri mencoba secara sengaja maupun tidak sengaja memegang benda – benda logam yang kemungkinan bisa ada tegangan listrik.		
2. Isolasi bagian – bagian terbuka yang bertegangan		
3. Beri tutup yang aman pada bagian – bagian yang bertegangan		
4. Beri pagar pengaman pada bagian – bagian bertegangan yang kemungkinan bisa tersentuh manusia secara tidak sengaja, pasang peralatan interlocking (bila perlu)		
5. Pasang grounding pada instalasi listrik		
6. Pasang grounding pada bagian – bagian yang kemungkinan bisa bertegangan (misalnya frame dari motor, dll)		

MODUL TEKNIKI K3 LISTRIK

7. Laksanakan LOTO (lock out take out) sewaktu melakukan pekerjaan listrik		
8. Gunakan PPE yang benar		

CHECK LIST CARA MENCEGAH BAHAYA ARC FLASH

URAIAN	TEMUAN	REKOMENDASI
1. Pada saat melakukan pekerjaan pemeliharaan, harus selalu listriknya dimatikan dulu (off & LOTO), kecuali terpaksa		
2. Hindarkan kemungkinan terjadinya short circuit, dan pastikan harus ada alat proteksi (CB atau FUSE)		
3. Hindari kondisi tidak aman (Unsafe condition) dan perilaku yang tidak aman (Unsafe action)		
4. Gunakan alat pelindung diri (APD) yang baik dan benar.		

CHECK LIST CARA MENCEGAH BAHAYA ARC yang menyebabkan Kebakaran (FIRE)		
URAIAN	TEMUAN	REKOMENDASI
1. Hindarkan kemungkinan terjadinya short circuit, dan harus ada alat proteksi (CB atau FUSE)		
2. Gunakan kualitas kabel (kawat dan isolasi) yang baik		
3. Gunakan jenis kabel yang benar		
4. Gunakan ukuran kawat yang sesuai dengan KHA (ampacity) nya		
5. Hindari terjadinya “Loss connection”		

CARA MENCEGAH BAHAYA BLAST KARENA PEMELIHARAAN YANG KURANG BAIK PADA PERALATAN		
URAIAN	TEMUAN	REKOMENDASI
1. Laksanakan pekerjaan pemeliharaan (PM, PdM, dan CM) sesuai dengan prosedur – prosedur pemeliharaan (Maintenance Prosedures)		
2. Lakukan JSA (Job Safety Analisis) untuk setiap pekerjaan pemeliharaan (PM, PdM, CM)		

Cara Mencegah BLAST yang terjadi Karena interrupting rating yang tidak benar pada CB & FUSE		
URAIAN	TEMUAN	REKOMENDASI
1. Hindari kemungkinan terjadinya short circuit		
2. Pastikan breaking capacity dari fuse dan circuit breaker adalah lebih besar dari pada maximum short circuit pada titik terjadinya short circuit tersebut. Maximum short circuit pada setiap titik Bus dihitung menggunakan software misalnya ETAP (Electrical Transient Analyzer Program), atau dengan menggunakan tabel seperti contoh dari PLN		



CARA MENCEGAH BAHAYA LISTRIK LAINNYA		
URAIAN	TEMUAN	REKOMENDASI
a. Bahaya induksi elektromagnetic ketika sedang melakukan pekerjaan pemeliharaan listrik		
b. Bahaya radiasi ketika sedang melakukan pekerjaan pemeliharaan listrik		
c. Bahaya radiasi ketika sedang melakukan pekerjaan pemeliharaan listrik		

MODUL TEKNIKI K3 LISTRIK

d. Bahaya terpeleset ketika sedang melakukan pekerjaan pemeliharaan listrik		
e. Bahaya jatuh dari ketinggian ketika sedang melakukan pekerjaan pemeliharaan listrik		
f. Bahaya tersentuh panas pada peralatan listrik ketika sedang melakukan pekerjaan pemeliharaan listrik		
g. Dan lain lain		



			Ka. Unit	Ka. Part	Ka. Group
CHECKLIST PERALATAN ELECTRIC UNIT ELECTRIC					
PANEL TEGANGAN RENDAH 220 V / 380 V SUBSTATION					
HARI/TANGGAL :		LOKASI S/S :		OPERATOR :	
No.	Item Pemeriksaan	Waktu	Hasil	Masalah	Cara Perbaikan
1	Kondisi Ruangan dan Body Panel (I / O)	bulanan			
2	Kondisi Lampu Indikator	bulanan			
3	Kondisi Metering (alat ukur)	bulanan			
4	Kondisi Relay proteksidan Cam Switch	bulanan			
5	Kondisi ACB (kontak sambungan, body)	bulanan			
6	Kondisi PT & CT (warna & bunyi aneh)	bulanan			
7	Kondisi PT fuse dan DZ fuse	bulanan			
8	Kondisi NFB/MCCB (suhu dan bunyi)	bulanan			
9	Kondisi seluruh Pin Relay proteksi	bulanan			
10	Kondisi Isolator (Body retak & sambungan)	bulanan			
11	Kondisi Suhu Kabel dan sambungannya (Mur & Baut)	bulanan			
12	Kondisi Busbar dan sambungannya (warna, suhu, bau dan bunyi aneh)	bulanan			
13	Kondisi Sub Relay dalam cubicle	bulanan			
14	Kondisi Capacitor (suhu, keretakan, kebocoran minyak)	bulanan			
15	Kondisi Isolasi Capacitor Bank	tahunan			
16	Kondisi Kebersihan ruangan dan Panel (I / O)	bulanan			
<u>COMMENT :</u>					
KET.	<input type="radio"/> : OK # : PERALATAN SANGAT PENTING RUSAK ▲ : PERALATAN TIDAK PENTING RUSAK <input checked="" type="checkbox"/> : PERBAIKI V : PERALATAN PENTING RUSAK				

MODUL TEKNIKI K3 LISTRIK

**ANALISIS DAN PELAPORAN PEMELIHARAAN INSTALASI, PERLENGKAPAN
DAN PERALATAN INSTALASI PEMANFAATAN TENAGA LISTRIK**

LAPORAN PEMELIHARAAN PERIODIK		No. Formulir : Revisi : Tanggal : Halaman :

Nama Pembangkit : **Merk** :
Unit : **Type** :
Type Overhoul : **No.Seri** :
Nama Peralatan :

No	Tanggal	Uraian Pekerjaan	Pemakaian Material / Tools			Keterangan
			Nama	Satuan	Vol	

MENGETAHUI :
DM Pemeliharaan

DILAPORKAN :

()

()



9.5. Rangkuman

- a. Alat Pembatas dan Pengukur (APP) atau nama lainnya KWh Meter adalah suatu peralatan yang dipasang pada pelanggan untuk keperluan transaksi energi listrik atau mengukur besar pemakaian energi yang digunakan serta membatasi daya yang digunakan sesuai daya kontraknya.
- b. Perlengkapan APP terdiri dari kotak / lemari app yang merupakan lemari dengan ukuran tertentu yang didalamnya berisi APP dan perlengkapannya, trafo arus (ct), trafo tegangan (pt) meter arus, meter tegangan dan saklar waktu dilengkapi dengan segel sebagai pelindung agar tidak dibuka oleh orang yang tidak berwenang.
- c. Pengukuran adalah untuk menentukan besarnya pemakaian daya dan energi listrik. Berikut ini beberapa contoh alat pengukur yang digunakan yaitu meter kWh untuk mengukur energi aktif, meter kVARh untuk mengukur energi reaktif, meter arus, meter tegangan Sedangkan pembatasan adalah besarnya pemakaian daya sesuai dengan daya tersambung.
- d. Pembatasan merupakan alat yang digunakan untuk menentukan batas pemakaian daya sesuai dengan daya yang tersambung. Beberapa alat pembatas yaitu MCB, MCCB, NFB, Fuse dan lainnya. alat yang bertugas mengukur energi listrik yang dipakai pelanggan (kWhmeter = kilo Watt hour meter) dan MCB sebagai pembatas daya, yang akan melakukan pemutusan energi listrik secara otomatis jika daya yang dipakai melebihi dari kapasitasnya

PERSYARATAN K3 SISTEM PENYALUR PETIR**10.1. Latar Belakang Masalah**

Kemajuan teknologi sangatlah pesat, berbagai kemajuan teknologi bermunculan dan terus berkembang. Sejalan berkembangnya jaman dan semakin sempitnya tanah yang dapat digunakan maka pembangunan perumahan di wilayah Indonesia mengalami kendala pada perluasan bangunan. Oleh karena itu pembangunan perumahan, gedung, ataupun bangunan-bangunan lainnya cenderung keatas atau bertingkat sebagai solusi menghadapi permasalahan tersebut. Bangunan bertingkat lebih rawan mengalami gangguan baik gangguan secara mekanik maupun gangguan alam. Salah satu gangguan alam yang sering terjadi adalah sambaran petir, cara melindungi dan mengurangi dampak kerusakan akibat sambaran petir maka dipasang sistem pengamanan. Pentanahan atau grounding merupakan sistem pengawatan ke bumi dalam proses instalasi listrik. Pentanahan berkaitan dengan pembumian aliran listrik. Aliran listrik bersifat mencari segala media yang dapat digunakan untuk mengalir sampai bermuara ke tanah. Pentanahan yang baik dapat mencegah kebakaran dan sengatan listrik. Sistem pengamanan itu berupa sistem penangkal petir beserta pentanahannya. Pemasangan sistem tersebut didasari oleh perhitungan resiko kerusakan akibat sambaran petir terhadap gedung, rumah dll. Sistem pentanahan baik untuk pentanahan sistem penangkal petir maupun pentanahan titik netral dari suatu sistem tenaga listrik perlu dilakukan perhatian khusus, hal ini dimaksudkan sebagai dasar perhitungan suatu sistem proteksi. Besaran yang mendominasi dalam sistem pentanahan adalah tahanan. Nilai tahanan tersebut diukur hanya berdasarkan sumber arus searah, kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa sistem pentanahan tidak pernah mendapat suplai arus searah. Sistem pentanahan tersebut sering mendapat injeksi arus impuls dengan frekuensi tinggi atau bentuk arusnya berubah terhadap waktu. Bidang kontak antara tanah dengan batang elektroda harus cukup luas, sehingga nilai tahanan dari arus yang masuk atau yang melewati tanah masih dalam batas ambang yang diperkenankan. Batas yang diperkenankan cukup aman untuk orang yang berada didalam atau sekitar area pentanahan. Pentanahan harus cukup rendah. Adanya sistem pentanahan ini, semua bagian gedung dan permukaan tanah diharapkan mempunyai tegangan yang merata, terutama pada saat gangguan ke tanah sehingga tidak membahayakan orang yang berada disekitar tempat itu.

10.2. Sistem Penyalur Petir

10.2.1 Penangkal Petir

A. Pengertian

Merupakan rangkaian jalur yang difungsikan sebagai jalan bagi petir menuju ke permukaan bumi, tanpa merusak benda-benda yang dilewatinya. Ada 3 bagian utama pada penangkal petir:

1. Batang penangkal petir

Batang penangkal petir berupa batang tembaga yang ujungnya runcing. Dibuat runcing karena muatan listrik mempunyai sifat mudah berkumpul dan lepas pada ujung logam yang runcing. Dengan demikian dapat memperlancar proses tarik menarik dengan muatan listrik yang ada di awan. Batang runcing ini dipasang pada bagian puncak suatu bangunan.



Gambar 10. 1 Batang Penangkal Petir

2. Kawat konduktor

Kawat konduktor terbuat dari jalinan kawat tembaga. Diameter, jalinan kabel konduktor sekitar 1 cm hingga 2 cm. Kabel konduktor berfungsi meneruskan aliran muatan listrik dari batang muatan listrik ke tanah. Kawat konduktor tersebut dipasang pada dinding di bagian luar bangunan.



Gambar 10. 2 Kawat Konduktor

3. Tempat pembumian

Tempat pembumian (*grounding*) berfungsi mengalirkan muatan listrik dari kabel konduktor ke batang pembumian (*ground rod*) yang tertanam di tanah. Batang pembumian



Gambar 10. 3 Tempat Pembumian

terbuat dari bahan tembaga berlapis baja, dengan diameter 1,5 cm dan panjang sekitar 1,8-3 m.

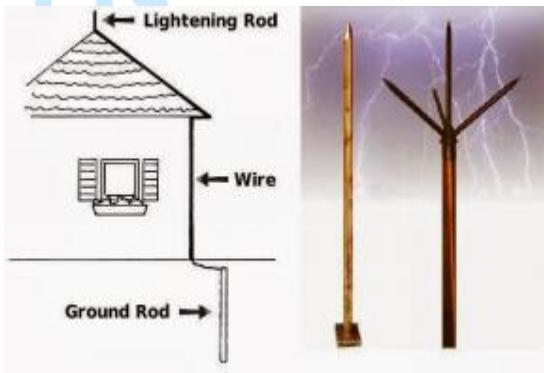
B. Cara Kerja

Saat muatan listrik negatif di bagian bawah awan sudah tercukupi, maka muatan listrik positif di tanah akan segera tertarik. Muatan listrik kemudian segera merambat naik melalui kabel konduktor, menuju ke ujung batang penangkal petir. Ketika muatan listrik negatif berada cukup dekat di atas atap, daya tarik menarik antara kedua muatan semakin kuat, muatan positif di ujung-ujung penangkal petir tertarik ke arah muatan negatif.

Pertemuan kedua muatan menghasilkan aliran listrik. Aliran listrik itu akan mengalir ke dalam tanah, melalui kabel konduktor, dengan demikian sambaran petir tidak mengenai bangunan. Tetapi sambaran petir dapat merambat ke dalam bangunan melalui kawat jaringan listrik dan bahayanya dapat merusak alat-alat elektronik di bangunan yang terhubung ke jaringan listrik itu, selain itu juga dapat menyebabkan kebakaran atau ledakan. Untuk mencegah kerusakan akibat jaringan listrik tersambar petir, biasanya di dalam bangunan dipasangi alat yang disebut penstabil arus listrik (*surge arrester*).

10.3. Jenis - Jenis Penyalur Petir**A. Franklin****1. Cara Kerja**

Penangkal petir tipe Franklin adalah penangkal petir yang sederhana karena menggunakan jalur kabel tunggal untuk mengalirkan aliran listrik dari ujung penangkal petir menuju grounding. Cara pemasangan petir tipe franklin sebagai berikut batang yang runcing dari bahan copper spit dipasang paling atas dan dihubungkan dengan batang tembaga menuju elektroda yang ditanahkan kemudian batang yang ditanahkan dibuat bak kontrol untuk memudahkan pemeriksaan dan pengetesan.

**Gambar 10.4 Penyalur Petir Franklin****2. Komponen**

Komponen –Komponen Sistem Penangkal Petir Franklin

- Alat penerima logam tembaga (logam bulat panjang runcing)

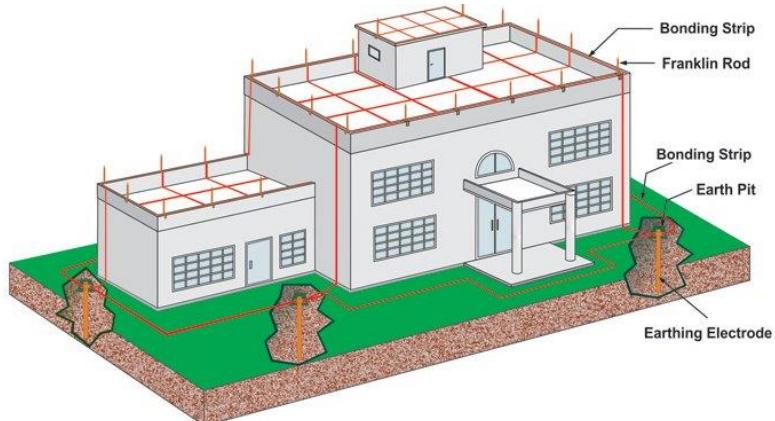
- b. Kawat penyalur dari tembaga
- c. Pertanahan kawat penyalur sampai pada bagian tanah basah.
- d. Sistem perlindungan dengan bentuk sudut 45 derajat.

3. Kelebihan dan Kekurangan

Adapun kelebihan dan kekurangan yang dimiliki oleh penangkal petir tipe franklin yaitu:

- a. Kelebihan penangkal petir tipe Franklin
 - 1) Melindungi bangunan dari sambaran petir secara langsung.
 - 2) Pemasangan isntalasi cepat dan mudah.
 - 3) Harga ekonomis dibandingkan dengan penangkal petir lainnya.
- b. Kekurangan penangkal petir tipe Franklin
 - 1) Tidak mampu pada daerah yang memiliki frekuensi sambaran petir yang tinggi.
 - 2) Tidak mampu melindungi peralatan elektronik pada bangunan akibat medan magnet yang ditimbulkan oleh petir dan jangkauan tipe ini sangat terbatas.
 - 3) Harus menggunakan kabel super yang berkualitas tinggi karena sistem ini menggunakan jalur kabel tunggal.

B. Sangkar Faraday



Gambar 10.5 Sangkar Faraday

1. Cara Kerja

Medan listrik yang diaplikasikan secara eksternal menghasilkan gaya pada berbagai pembawa muatan (biasanya elektron) di dalam konduktor, menimbulkan

arus listrik yang menyusun kembali muatan. Begitu muatan telah tersusun kembali, maka medan terapan di bagian dalam akan terhapus.

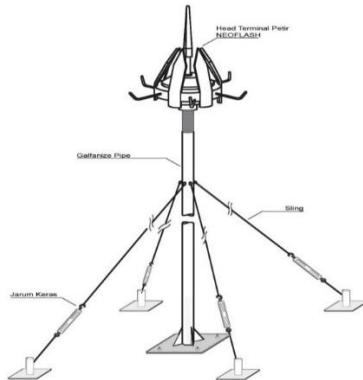
2. Komponen

- a. Alat penerima kawat mendatar
- b. Kawat dari tembaga (bare Copper)
- c. Pertanahan kawat penyalur sampai pada bagian tanah yang basah (down conductor + groundrood)

3. Kelebihan dan Kekurangan

- a. Kelebihan penangkal petir tipe faraday
 - 1) Melindungi bangunan dari sambaran petir secara langsung.
 - 2) Pemasangan instalasi cepat dan mudah.
 - 3) Harga ekonomis dibandingkan dengan penangkal petir lainnya.
 - 4) Posisi kondutor horizontal dan membuat daya tahannya lebih baik dibandingkan franklin
- b. Kekurangan penangkal petir tipe faraday
 - 1) Tidak mampu pada daerah yang memiliki frekuensi sambaran petir yang tinggi.
 - 2) Harus menggunakan kabel super yang berkualitas tinggi karena sistem ini menggunakan jalur kabel tunggal.

C. Radio Active



Gambar 10.6 Radio Active

1. Cara Kerja

Sistem ini cocok untuk bangunan tinggi. Satu bangunan cukup menggunakan sebuah penangkal petir. Alatnya disebut Preventor, yang bekerja berdasarkan reaksi neutralisasi ion dengan menggunakan bahan radio aktif. Hasil dari penelitian menjelaskan bahwa petir terjadi karena ada muatan listrik di awan yang dihasilkan oleh proses ionisasi. Maka usaha menghambat proses ionisasi di lakukan dengan cara menggunakan zat radioaktif seperti Radium 226 dan Ameresium 241 yang mampu menghamburkan ion radiasi yang bisa menetralkan muatan listrik awan. Akan tetapi berdasarkan kesepakatan internasional keberadaan penangkal petir jenis ini sudah dilarang pemakaianya karena bahaya zat radiokatif terhadap mahluk hidup.

2. Komponen

- a. Electrode
- b. Coaxial Cable (kabel coaxial)
- c. Pentanahan

3. Kelebihan dan Kekurangan

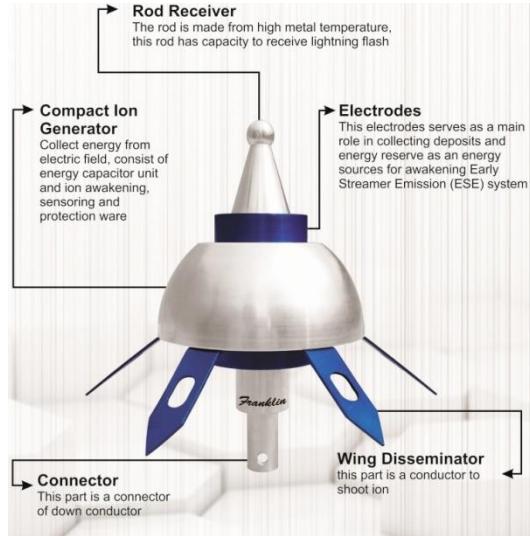
- a. Kelebihan penangkal petir tipe radio aktif
 - 1) Menjangkau daerah yang lebih luas
 - 2) Daya tahan terhadap listrik lebih besar
 - 3) Dan langsung dapat menyalurkan listrik ke ground lebih efisien
- b. Kekurangan penangkal petir tipe radio aktif

- 1) Membutuhkan tempat yang jauh dari pemukiman
- 2) Radius jarak panyalur petir terlalu lebar

D. Elektrostatik

1. Cara Kerja

Prinsip kerja penangkal petir Elektrostatik mengadopsi sebagian sistem penangkal petir Radioaktif dengan menambah muatan pada ujung batang penangkal petir agar petir selalu memilih ujung ini untuk disambar. Perbedaan dari sistem Radioaktif dan Elektrostatik terdapat pada pilihan energi yang dipakai. Untuk Penangkal Petir Radioaktif muatan listrik dihasilkan dari proses hamburan zat radiokatif sedangkan pada penangkal petir elektrostatik energi listrik dihasilkan dari Listrik Awan yang menginduksi permukaan bumi.



Gambar 10.7 Elektrostatik

2. Komponen

- a. Rod receiver
- b. Compact Ion Generator
- c. Eletroda
- d. Wing disseminator
- e. Connector
- f. Grounding / pentahanan

3. Kelebihan dan Kekurangan

- a. Kelebihan penangkal petir tipe elektrostatik
 - 1) Harga murah
 - 2) Mampu melindungi rumah/gedung dari efek langsung sambaran petir
 - 3) Cocok di daerah yang frekuensi sambaran petirnya tinggi.

4) Tidak memerlukan banyak kabel

5) Jangkauan perlindungan luas.

b. Kekurangan penangkal petir tipe radio aktif

Tidak mampu melindungi peralatan Elektronik dari induksi yang ditimbulkan sambaran petir

10.4. Pemasangan Penyalur Petir

Cara memasang penangkal petir yang benar harus diketahui terutama oleh teknisi penangkal petir. Walaupun sebenarnya andapun sebaiknya juga mengetahuinya cara pasang penangkal petir jika anda termasuk yang berkepentingan dengan anti petir. Walaupun sebenarnya, Anda dapat menyerahkan cara pemasangan penangkal petir ini pada jasa profesional pemasangan penangkal petir bersertifikat yang akan menjamin cara kerja penangkal petir secara tepat. Tetapi, dengan anda mengetahui cara memasang penangkal petir yang benar, anda dapat ikut mengawasi jika ada hal-hal yang tidak tepat dan menyelamatkan aset-aset anda

A. Bagian-Bagian Penangkal Petir

Sebelum tahu cara memasang penangkal petir yang benar, Anda harus tahu bagian - bagian dari sistem penangkal petir terlebih dahulu. Ada 3 bagian utama dari sistem penangkal petir ini, yaitu:

- 1) Grounding sistem sebagai penyalur arus petir ke dalam tanah
- 2) Kabel penyalur
- 3) Ujung penangkal petir
- 4) Pembuatan penangkal petir instalasi Grounding

Langkah pertama dalam cara memasang penangkal petir yang benar adalah membangun grounding system. Hal ini perlu dilakukan pertama karena berhubungan dengan faktor keamanan dan kemudahan dalam membuat sistem penangkal petir. Untuk membangun grounding yang baik anda membutuhkan alat earth testemeter yang digunakan untuk melihat berapa besar nilai tahanan tanahnya. Pilihlah tempat pembumian yang memungkinkan mengambil jarak terdekat dengan pemasangan penangkal petir di atas bangunan, jika memungkinkan. Beberapa tanah yang memiliki kandungan garam tinggi, atau kandungan air tinggi dan atau kandungan keasaman tinggi

biasanya nilai tahanannya cenderung lebih rendah. Jika nilai tahanan tanahnya rendah maka kebutuhan terhadap batang Rod tembaga juga makin sedikit.

Setelah Anda menemukan lokasi tempat pembumian yang baik, tahap selanjutnya pada cara memasang penangkal petir yang benar ini adalah membuat instalasi penangkal petir bagian groundingnya. Adapun bahan yang dibutuhkan adalah material grounding dari bahan Tembaga, Galvanise atau Stainless. Material tersebut ditancapkan ke dalam tanah pada lokasi penangkal petir instalasi grounding yang sudah dipilih. Selanjutnya ukur pula resistansi tanah dan hasilnya harus lebih kecil dari 5 Ohm.

Bahkan jasa pemasangan penangkal petir professional seperti PT DCT terbiasa dengan etos kerja berstandar tinggi, dan membuat instalasi grounding hanya memiliki tahanan di bawah 2 ohm saja. Jika standar yang diinginkan belum tercapai, anda harus menambahkan batang konduktor yang ditanam di dalam tanah secara parallel dan mengukur kembali nilai tahanan tanahnya hingga nilai yang diinginkan. Anda mungkin perlu melakukan pengeboran untuk menanam konduktor dari grounding system ini. Bahkan, Anda perlu mengebor hingga kedalaman 6 meter untuk membuat grounding yang baik hingga nilai standar pada cara memasang penangkal petir yang benar tercapai.

B. Kabel Down Conductor

Berikutnya adalah cara memasang penangkal petir yang benar untuk bagian pemasangan kabel konduktor. Anda dapat menggunakan kabel coaxial atau kabel BC (Bare Cooper) Langkah pertama adalah mendesain jalur dari kabel. Anda dapat memulainya dari grounding hingga ke ujung penangkal petir. Pastikan, dalam jalur kabel, tidak ada atau hanya sedikit jalur yang membentuk sudut dan usahakan kurang dari 90 derajat. Hal ini untuk menghindari terjadinya Side Flashing atau lompatan muatan listrik pada bangunan dan berpotensi menimbulkan kerusakan pada bangunan.

Selain cara memasang penangkal petir yang benar juga pemilihan perangkat penangkal petir maupun kabelnya juga harus tepat sehingga cara kerja alat penangkal petir dapat maksimal. Gunakan kabel dengan ukuran minimal 50 mm dan sudah mendapatkan SNI.

C. Ujung Penangkal Petir (head terminal atau spitzen)

Cara memasang penangkal petir yang benar selanjutnya adalah pemasangan ujung penangkal petir. Pilih posisi yang paling tinggi pada bangunan untuk hasil yang paling baik. Pada instalasi penangkal petir konvensional, teknisi sebaiknya dapat memperkirakan dimana letak sambaran petir untuk menentukan posisi spitzen yang berbentuk seperti tombak itu. Setelah itu, sambungkan dengan kabel penghantar. Pastikan, sambungan dengan kabel ini kuat dan dapat menghantarkan listrik dengan baik. Banyak masalah terjadi karena penyambungan antara kabel dan ujung penangkal yang tidak sesuai dengan cara memasang penangkal petir yang benar. Hal ini dapat merusak penangkal petir itu sendiri, serta membahayakan bangunan atau rumah yang dipasang penangkal petir ini.

D. Grounding

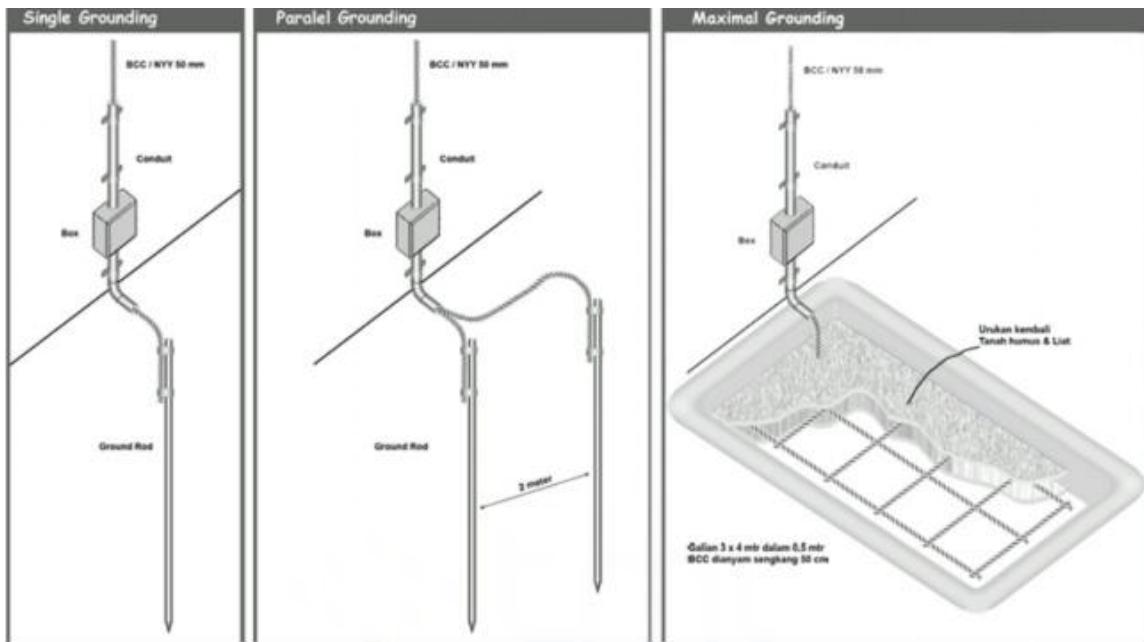
Grounding adalah jalur yang dibuat untuk menghantarkan arus listrik langsung ke bumi, oleh karena itu grounding system bisa disebut pula dengan istilah pembumian, atau sering pula didengar dengan istilah arde. Grounding berfungsi untuk menetralkan arus listrik kedalam tanah, dengan demikian diharapkan tidak terjadi kontak arus listrik dengan makluk hidup. Pada dasarnya grounding system listrik dan grounding system penangkal petir atau penyalur petir sama, tetapi untuk pemasangannya setiap grounding harus dipasang terpisah, tidak boleh satu grounding digunakan untuk 2 instalasi yang berbeda.

Nilai resistensi grounding disarankan kurang dari 3 ohm, menurut Persyaratan umum instalasi listrik (PUIL) nilai resistensi grounding maksimal 5 ohm, jika dibawah 5 ohm maka nilai tersebut dianggap baik dan layak untuk digunakan. Untuk mencapai nilai tahanan sebaran tersebut, tidak semua area bisa terpenuhi karena ada beberapa aspek yang memengaruhinya, yaitu, Kadar air; bila air tanah dangkal/penghujan, maka nilai tahanan sebaran mudah didapatkan sebab sela-sela tanah mengandung cukup air bahkan berlebih, sehingga konduktivitas tanah akan semakin baik.

Mineral/garam; kandungan mineral tanah sangat memengaruhi tahanan sebaran/resistans karena: semakin berlogam dan bermineral tinggi, maka tanah semakin mudah menghantarkan listrik. Daerah pantai kebanyakan memenuhi ciri khas kandungan

mineral dan garam tinggi, sehingga tanah sekitar pantai akan jauh lebih mudah untuk mendapatkan tahanan tanah yang rendah.

Derajat keasaman; semakin asam (PH rendah atau $\text{PH} < 7$) tanah, maka arus listrik semakin mudah dihantarkan. Begitu pula sebaliknya, semakin basa (PH tinggi atau $\text{PH} > 7$) tanah, maka arus listrik sulit dihantarkan. Ciri tanah dengan PH tinggi: biasanya berwarna terang, misalnya Bukit Kapur.



Gambar 10.8 Grounding

Tekstur tanah; untuk daerah yang bertekstur pasir dan berpori (porous) akan sulit untuk mendapatkan tahanan sebaran yang baik karena jenis tanah seperti ini: air dan mineral akan mudah hanyut dan tanah mudah kering.

1. Jenis-Jenis Grounding

a. Single Grounding Rod

Grounding system penyalur petir yang hanya terdiri atas satu buah titik penancapan batang (rod) pelepas arus atau ground rod di dalam tanah dengan kedalaman tertentu (misalnya 6 meter). Untuk daerah yang memiliki karakteristik tanah yang konduktif, biasanya mudah untuk didapatkan tahanan sebaran tanah di bawah 5 ohm dengan satu buah ground rod penyalur petir.

b. Parallel Grounding Rod

Jika sistem single grounding rod penyalur petir masih mendapatkan hasil kurang baik (nilai tahanan sebaran > 5 ohm), maka perlu ditambahkan ground rod

ke dalam tanah yang jarak antar batang minimal 2 meter dan dihubungkan dengan kabel BC/BCC. Penambahan ground rod penangkal petir dapat juga ditanam mendatar dengan kedalaman tertentu, bisa mengelilingi bangunan membentuk cincin atau cakar ayam. Kedua teknik ini bisa diterapkan secara bersamaan dengan acuan tahanan sebaran/resistans kurang dari 5 ohm setelah pengukuran dengan earth ground tester.

c. Multi Grounding System

Bila didapati kondisi tanah yang memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

Kering atau air tanah dalam, kandungan logam sedikit basa (berkapur) pasir dan berpori (porous), maka penggunaan 2 cara sebelumnya akan sulit dan besar kemungkinan gagal untuk mendapatkan resistans kecil. Maka dari itu, teknis yang digunakan adalah dengan cara penggantian tanah dengan tanah yang mempunyai sifat menyimpan air atau tanah yang kandungan mineral garam dapat menghantar listrik dengan baik.

Ground rod penangkal petir ditancapkan pada daerah titik logam dan di kisaran kabel penghubung antar ground rod-nya. Tanah humus, tanah dari kotoran ternak, dan tanah liat sawah cukup memenuhi standar hantar tanah yang baik. Adapun cara pembuatannya adalah sebagai berikut :

Letak titik ground rod dibor dengan lebar kisaran 2 inci ($\approx 0,0508$ meter) atau lebih, Kemudian, diisi dengan tanah humus sampai penuh, Kemudian, diisi air, Kemudian, ground rod penangkal petir dimasukkan, Parit penghubung antar ground rod penangkal petir yang sudah terpasang kabel penghubung (BC) ditimbun kembali dengan tanah humus. Beberapa Variabel yang Memengaruhi Sistem Pembumian Penangkal Petir (Grounding System) berdasarkan NEC Code (1987, 250-83-3)

Ada beberapa variabel yang dapat memengaruhi performa grounding system penangkal petir pada jaringan listrik. Salah satu yang menjadi acuan, yaitu NEC code (1987, 250-83-3), mensyaratkan panjang elektroda grounding system penangkal petir minimum 2,5 meter (8 kaki) dihubungkan dengan tanah.

2. Variabel yang Memengaruhi Tahanan Grounding

a. Panjang/Kedalaman Elektroda

Satu cara yang sangat efektif untuk menurunkan tahanan tanah adalah memperdalam elektroda. Tanah tidak tetap tahanannya dan tidak dapat diprediksi. Maka dari itu, ketika memasang elektroda, elektroda berada di bawah garis beku (frosting line). Ini dilakukan sehingga tahanan tanah tidak akan dipengaruhi oleh pembekuan tanah di sekitarnya. Secara umum, menggandakan panjang elektroda bisa mengurangi tingkat tahanan 40%.

Ada kejadian-kejadian di mana secara fisik tidak mungkin dilakukan pendalaman batang elektroda penyalur petir di daerah-daerah yang terdiri atas batu, granit, dan sebagainya. Dalam keadaan demikian, metode alternatif yang dapat digunakan adalah grounding cement.

b. Diameter Elektroda

Menambah diameter elektroda berpengaruh sangat kecil dalam menurunkan tahanan. Misalnya, bila diameter elektroda digandakan, maka tahanan grounding system penyalur petir hanya menurun sebesar 10%.

c. Jumlah Elektroda

Cara lain menurunkan tahanan tanah adalah dengan menggunakan banyak elektroda. Dalam desain ini, lebih dari satu elektroda yang dimasukkan ke dalam tanah dan dihubungkan secara paralel untuk mendapatkan tahanan yang lebih rendah. Agar penambahan elektroda efektif, jarak batang tambahan setidaknya harus sama dalamnya dengan batang yang ditanam. Tanpa pengaturan jarak elektroda yang tepat, bidang pengaruhnya akan berpotongan dan tahanan tidak akan menurun. Untuk membantu dalam memasang batang grounding system penyalur petir yang akan memenuhi kebutuhan tahanan tertentu.

d. Desain

Grounding system penyalur petir sederhana terdiri atas satu elektroda yang dimasukkan ke dalam tanah. Penggunaan satu elektroda adalah hal yang umum dilakukan dalam pembuatan grounding system penyalur petir dan bisa ditemukan di luar rumah atau tempat usaha perorangan. Ada pula grounding system penyalur petir kompleks terdiri atas banyak batang pentanahan yang terhubung, jaringan bertautan atau kisi-kisi, plat tanah, dan loop tanah. Sistem-

sistem ini dipasang secara khusus di substasiun pembangkit listrik, kantor pusat, dan tempat-tempat menara seluler. Jaringan kompleks meningkatkan secara dramatis jumlah kontak dengan tanah sekitarnya dan menurunkan tahanan tanah.

3. Alat dan Material Bantu dalam Sistem Pembumian (Grounding System)

a. Alat Ukur Resistans Penyalur Petir / Earth Ground Tester

Alat ukur penyalur petir ini digunakan untuk mengetahui hasil dari resistans atau tahanan grounding system penyalur petir pada sebuah instalasi penyalur petir yang telah terpasang. Alat ukur penangkal petir ini digital, sehingga hasil yang ditunjukan memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi. Diketahui bahwa pihak Dinas Tenaga Kerja (disnaker) juga menggunakan alat ini untuk mengukur resistans penangkal petir, sehingga pengukuran oleh pihak kontraktor sama dengan hasil pengukuran pihak disnaker.

b. Bus Bar Grounding penyalur petir

Alat ini digunakan sebagai titik temu antara kabel penyalur petir dengan kabel grounding penyalur petir. Biasanya terbuat dari plat tembaga atau logam yang berfungsi sebagai konduktor penyalur petir, sehingga kualitas dan fungsi instalasi penyalur petir yang terpasang dapat terjamin.

c. Copper Butter Connector penyalur petir

Alat ini digunakan untuk menyambung kabel penyalur petir, dan biasanya kabel yang disambung pada instalasi penyalur petir adalah kabel grounding system penyalur petir, karena kabel penyalur pada penyalur petir tidak boleh terputus atau tidak boleh ada sambungan. Setelah kabel penyalur petir tersambung oleh alat ini tentunya harus diperkuat dengan isolasi sehingga daya rekat dan kualitas sambungannya dapat terjaga dengan baik. Penyambungan kabel instalasi penyalur petir konvensional umumnya menggunakan alat ini, karena pada penyalur petir konvensional jalur kabel terbuka hanya dilindungi oleh tingkah laku (conduct) dari PVC.

d. Ground Rod Drilling Head Penyalur Petir

Alat ini berfungsi untuk membantu mempercepat pembuatan grounding penangkal petir suatu instalasi penyalur petir, yaitu dengan cara memasang di bagian bawah copper rod atau ground rod yang akan dimasukkan ke dalam

tanah, sehingga copper rod penyalur petir atau ground rod penyalur petir tersebut: ketika didorong ke dalam tanah akan cepat masuk karena bagian ujung alat ini runcing. Selain itu, alat ini juga dapat menghindari kerusakan copper rod penyalur petir ketika dipukul ke dalam tanah.

e. Ground Rod Drive Head Penyalur Petir

Alat ini dipasang di bagian atas copper rod penyalur petir atau ground rod penyalur petir dan berfungsi untuk menghindari kerusakan copper rod penyalur petir atau ground rod penyalur petir bagian atas yang akan dimasukkan ke dalam tanah. Hal tersebut karena: pada saat copper rod penyalur petir didorong ke dalam tanah dengan cara dipukul, alat pemukul tersebut tidak mengenai copper rod penyalur petir, akan tetapi mengenai alat ini.

f. Bentonit Penyalur Petir

Dalam aplikasi grounding system, bentonit digunakan untuk membantu menurunkan nilai resistans atau tahanan tanah. Bentonit digunakan saat pembuatan grounding (jika sudah tidak ada cara lain untuk menurunkan nilai resistans). Pada umumnya, para kontraktor cenderung memilih menggunakan cara pararel grounding rod penyalur petir atau multi grounding system penyalur petir untuk menurunkan resistans.

g. Ground Rod Coupler Penyalur Petir

Alat ini digunakan ketika kita akan menyambung beberapa segmen copper rod penyalur petir atau ground rod penyalur petir yang dimasukkan ke dalam tanah, sehingga copper rod penyalur petir atau ground rod penyalur petir yang masuk ke dalam tanah akan lebih panjang. Misalnya, ketika kita akan membuat grounding penyalur petir sedalam 12 meter dengan menggunakan copper rod penyalur petir, maka alat ini sangat diperlukan karena copper rod penyalur petir yang umumnya ada dipasaran paling panjang hanya 4 meter.

10.5. Pemeliharaan Panyalur Petir

A. Pengertian

Maintenance Penangkal Petir ditujukan untuk menjaga dan menjamin kelayakan suatu alat penangkal petir agar dapat berfungsi secara optimal. Layanan ini dilakukan setelah proses penggerjaan atau instalasi penangkal petir. Dengan faktor usia dan masa

kerja alat penangkal petir, maintenance diharapkan setidaknya minimal 2 kali dalam 1 tahun, dengan pelaksanaannya yaitu:

1. Menilai secara visual keberadaan alat penangkal petir eksternal dan internal.
2. Menilai keberadaan kabel dan konduktor serta aksesoris lainnya yang menunjang alat pengaman yang terinstalasi.
3. Menilai secara visual tempat pembumian atau grounding sebagai tempat yang menyalurkan arus muatan.
4. Melakukan perbaikan dan peremajaan termasuk di dalam penggantian konektor yang tidak baik.
5. Penggantian Head terminal apabila ditemukan kerusakan akibat sambaran petir langsung.
6. Melakukan pengecekan nilai resistensi tanah secara objektif dengan alat earth tester.
7. Melakukan penambahan titik grounding baru apabila ditemukan nilai resistensi tanah yang meningkat diatas aman standar.
8. Melakukan penggantian alat arrester apabila ditemukan kerusakan atau tidak berfungsinya suatu alat arrester.



B. Panduan Pemeliharaan

1. Pengetahuan yang Diperlukan dalam Merencanakan dan Mempersiapkan Pekerjaan

a. Cara Memahami Perintah Kerja Perencanaan

Merupakan fungsi dasar manajemen. Agar resiko yang ditanggung itu relatif kecil, hendaknya semua kegiatan/pekerjaan Pemeriksaan Perakitan dan Pemasangan PHB (Perlengkapan Hubung Bagi) direncanakan terlebih dahulu. Sedangkan persiapan merupakan tindak lanjut dari perencanaan, dimana didalam persiapan semua material dan perlengkapan yang dibutuhkan dikumpulkan dan diperiksa sebelum pekerjaan benar-benar dilaksanakan. Perencanaan dan persiapan memberikan gambaran yang lengkap tentang seluruh pekerjaan. Perintah kerja dapat berupa lisan maupun tertulis dalam bentuk Surat Perintah Kerja (SPK). Baik secara lisan atau tertulis, biasanya sebuah surat perintah kerja meliputi :

- 1) Pihak yang memerintahkan kerja

- 2) Pihak yang diperintah melaksanakan pekerjaan
- 3) Tugas dan lingkup pekerjaan
- 4) Waktu pekerjaan (awal dan akhir pekerjaan)
- 5) Biaya pekerjaan

Untuk memahami suatu perintah kerja dalam bentuk lisan, seorang teknisi harus mencatat hal-hal tersebut di atas. Setelah mencatatnya, memastikan bahwa perintah yang akan dilaksanakan sesuai dengan keinginan pihak pemberi perintah, dengan cara mengkonfirmasi ulang atau menanyakan hal-hal yang tidak jelas. Sedangkan untuk memahami perintah kerja secara tertulis, kita tinggal membaca dan mempelajari Surat Perintah Kerja (SPK). Karena hal-hal tersebut diatas sudah tertulis dalam SPK. Hal-hal yang tidak jelas dalam SPK bisa ditanyakan kepada pihak pemberi kerja.

Contoh surat perintah kerja (SPT) :

Surat Perintah Kerja No : 12/SPK/V/2013
<p>Diperintahkan kepada :</p> <p>Nama : Anton Sutrisna Jabatan : Inspektor Sistem Penangkal Petir N.I.K : 19990112</p> <p>Untuk melaksanakan :</p> <ol style="list-style-type: none">1. Pemeriksaan/inspeksi sistem penangkal petir Gedung Menara Imperium, Kantor Notaris Suciarti.2. Pekerjaan di mulai jam 10.00 – 16.00 hari Senin, 20 Mei 20133. Seluruh biaya inpeksi sudah dibayarkan oleh kantor notaris kepada Bagian Keuangan Building Management Menara Imperium. <p>Demikian surat perintah ini dibuat berlaku sejak diterbitkan</p> <p>Dikeluarkan di : Jakarta Pada tanggal : 20 Mei 2013</p> <p style="text-align: center;">Yang memberi perintah Yang menerima perintah</p> <p style="text-align: center;">Ttd</p> <p style="text-align: center;">Ir Tono Martono, MT Chief Engineering</p> <p style="text-align: center;">Anton Sutrisna Inspektor</p>

Gambar 10.9 Contoh Surat Perintah Kerja (SPT)

b. Program Kerja Pengujian Tahanan Sistem Penangkal/Penangkap Petir

Program kerja dapat diartikan sebagai suatu rencana dari suatu kegiatan yang terarah, terpadu dan tersistematis yang dibuat untuk rentang waktu yang telah ditentukan. Program kerja ini akan menjadi pegangan bagi orang yang berkepentingan dalam menjalankan kegiatan. Program kerja juga digunakan sebagai sarana untuk mewujudkan tujuan dari kegiatan tersebut. Ada dua alasan pokok mengapa program kerja perlu disusun yaitu :

- 1) Efisiensi kegiatan
- 2) Efektifitas kegiatan

PROGRAM KERJA VERIFIKASI PENANGKAL PETIR
<p>Ruang Lingkup Pekerjaan Verifikasi terhadap Instalasi penangkal petir meliputi pemeriksaan yang terdiri dari serangkaian pengujian komprehensif terhadap sistem penangkal petir yang ada. Hasil pemeriksaan instalasi penangkal petir berisi data teknis kondisi fisik instalasi penangkal petir, serta hasil verifikasi spesifikasi teknisnya sesuai standar operasional dan ketentuan/regulasi yang berlaku.</p> <p>Ketentuan/syarat Teknis</p> <ul style="list-style-type: none">• PUIL 2000• Pembuatan peralatan dan pemasangannya sesuai dengan gambar rencana• Pengukuran tahanan System <p>Pelaksanaan Tenaga ahli yang memberikan kepastian berupa verifikasi dan analisis pada seluruh tahapan sistem instalasi penangkal petir, dari mulai tahap rancangan, kondisi peralatan hingga proses pemeliharaannya agar tetap dalam kondisi prima. Proses verifikasi yang dilakukan berupa:</p> <ul style="list-style-type: none">• Kaji ulang (review) dan verifikasi kesesuaian spesifikasi peralatan ataupun sistem instalasi dengan dokumen teknis• Pengamatan visual terhadap peralatan dan sistem instalasi, dan identifikasi obyek• Pencatatan data lapangan• Perbandingan kesesuaian teknis dengan standar nasional, standar internasional dan regulasi lokal• Analisa kelayakan instalasi penangkal petir• Melakukan evaluasi dan justifikasi teknis dalam rangka keberterimaan terhadap acuan yang dipakai• Pembuatan Laporan Hasil Pemeriksaan <p>Pelaporan Laporan hasil pemeriksaan akan disampaikan langsung kepada pelanggan. Temuan-temuan menjadi dasar rekomendasi perbaikan atau penggantian apabila diperlukan</p>

Gambar 10. 10 Program Kerja Verifikasi Penangkal Petir

Dalam menyiapkan program kerja perlu diperhatikan susunan dari program kerja tersebut agar sistematikanya mencakup semua proses kegiatan yang akan dilakukan. Pada dasarnya susunan program kerja terdiri dari :

- 1) Namakegiatan

- 2) Ruang lingkup pekerjaan
- 3) Ketentuan/syarat teknis
- 4) Pelaksanaan
- 5) Pelaporan

Dalam melakukan pengujian sistem penangkap/penangkal petir kita dapat menyiapkan program kerja berdasarkan sistematika diatas. Dibawah ini adalah : contoh program kerja verifikasi penangkal petir.

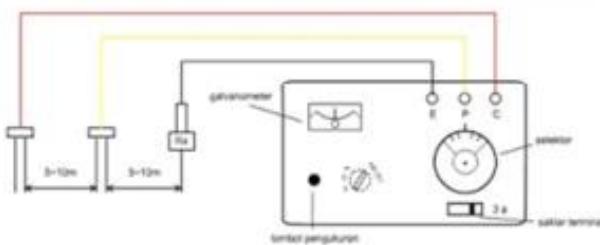
c. Pemeriksaan Pembumian

Untuk menjamin sistem pentanahan memenuhi persyaratan perlu dilakukan pengujian. Pengujian ini sebenarnya adalah pengukuran tahanan elektroda pentanahan yang dilakukan setelah dilakukan pemasangan elektroda atau setelah perbaikan atau secara periodik setiap tahun sekali. Hal ini harus dilakukan untuk memastikan tahanan pentanahan yang ada karena bekerjanya sistem pengaman arus lebih akan ditentukan oleh tahanan pentanahan ini.

Pada saat ini telah banyak beredar di pasaran alat ukur tahanan pentanahan yang biasa disebut Earth Tester atau Ground Tester. Dari yang untuk beberapa fungsi sampai dengan yang banyak fungsi dan kompleks. Penunjukkan alat ukur ini ada yang analog ada pula yang digital dan dengan cara pengoperasian yang mudah serta aman. Untuk lingkungan kerja yang cukup luas, sangat disarankan untuk memiliki alat semacam ini. Dalam melakukan pengujian/pemeriksaan pembumian kita perlu memperhatikan prosedurnya. Prosedur dalam melakukan pengujian dapat dilakukan dalam 2 metode yaitu diantaranya :

1) Pengukuran Normal (Metoda 3 Kutub)

Gambar 1
Pengukuran Earth Tester Cara Normal (3 Kutub)



Gambar 10. 11 Pengukuran Normal (Metoda 3 Kutub)

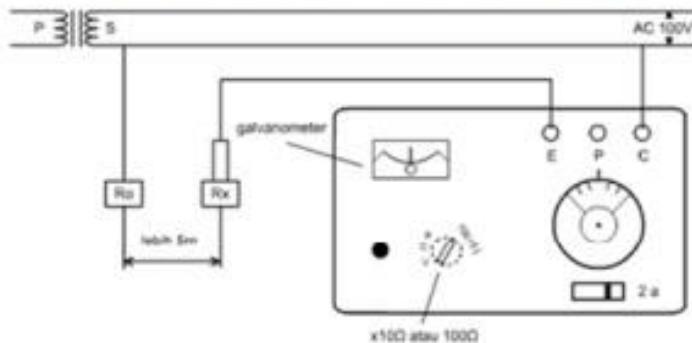
Langkah awal adalah memposisikan saklar terminal pada 3a, selanjutnya :

- a. Cek tegangan baterai ! (Range saklar : BATT, aktifkan saklar/ON). Jarum harus dalam range BATT.
- b. Cek tegangan pentanahan (Range saklar : ~ V, matikan saklar/OFF)
- c. Cek tanahan pentanahan bantu (Range saklar : C & P, matikan saklar/OFF). jarum harus dalam range P/C (lebih baik posisi jarum berada saklar 0).
- d. Ukurlah tahanan pentanahan (Range saklar : x1 ke x100) dengan menekan tombol pengukuran dan memutar selektor, hingga diperoleh jarum pada galvanometer seimbang / menunjuk angka nol. hasil pengukuran adalah angka yang ditunjukkan pada selektor dikalikan dengan posisi range saklar (x1) atau (x100).

2) Pengukuran Praktis (Metoda 2 Kutub)

Gambar 2

Pengukuran Earth Tester Cara Praktis (2 Kutub)



Gambar 10. 12 Pengukuran Praktis (Metoda 2 Kutub)

Langkah awal adalah memposisikan saklar terminal pada 2a. Perhatikan !

- a. Jika jalur pentanahan digunakan sebagai titik referensi pengukuran bersama, maka semua sambungan yang terhubung dengan pentanahan itu selalu terhubung dengan tanah. Jika terjadi bunyi bip, maka putuskan dan cek lagi.
- b. Cek tegangan baterai dan cek tegangan pentanahan Caranya hampir sama dengan metoda pengukuran normal, hanya pengecekan tekanan tahanan bantu tidak diperlukan.

- c. Ukur tahanan pentanahan (Range saklar : x10 atau x100). Hasil pengukuran = $R_x + R_o$, Misalkan berdasarkan pengukuran diperoleh $V = 20$ Volt dan $I = 1$ Ampere, maka tahanan elektroda adalah:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{20}{1} = 20 \Omega$$

Dalam pengukuran yang menggunakan alat ukur tahanan pentanahan, tidak dilakukan pengukuran satu per satu seperti di atas, namun alat ukur telah dilengkapi dengan sistem internal yang memungkinkan pembacaan secara langsung dan mudah.

Catatan : ada berbagai macam tipe dan merk untuk alat ukur Earth Tester dipasaran, bila berbeda dengan di atas maka harus melihat buku manualnya untuk cara pengujinya.

3) Gambar Kerja, Surat Perintah Kerja, Berita Acara dan Dokumen Terkait Inspeksi Penangkal/Penangkap Petir

Dalam melakukan kegiatan inspeksi terhadap penangkal petir perlu disiapkan terlebih dahulu beberapa hal yang diperlukan untuk menunjang kegiatan inspeksi ini yaitu diantaranya surat perintah kerja, gambar kerja, dokumen-dokumen terkait dan berita acara.

a) Surat Perintah Kerja

Secara umum perintah kerja dapat berupa lisan maupun tertulis dalam bentuk Surat Perintah Kerja (SPK), baik secara lisan atau tertulis. Penjabaran secara detail dapat dilihat pada pengetahuan Merencanakan dan Mempersiapkan Pekerjaan

b) Gambar Kerja Instalasi Penangkal Petir

Gambar teknik adalah cerminan dari sesuatu yang akan dipraktikkan, maka gambar haruslah sempurna, baik bentuk, dimensi (ukuran), spesifikasi, cara kerjanya dan lain sebagainya. Dalam teknik listrik, pada dasarnya ada 2 (dua) cara menggambar instalasi yang harus dikerjakan oleh pemasang instalasi, yaitu :

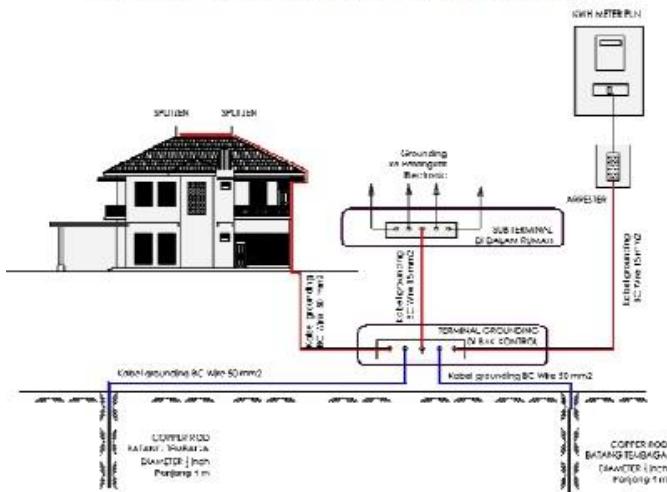
- (1) Skema Instalasi : adalah gambar teknik listrik yang digambar hanya dengan satugaris saja, sedangkan pengguna/beban instalasi digambarkan dengan symbol-simbol kelistrikan.
- (2) Wiring diagram (Diagram pengawatan) : adalah gambar teknik listrik yang digambar persis/serupa dengan pelaksanaan pemasangannya. Peralatan listrik yang dibebankan digambar dengan symbol dan keterangannya.

Contoh gambar kerja instalasi penangkal petir suatu bangunan rumah. Secara umum bagian dan sistem instalasi penangkal petir yang tersaji pada contoh gambar kerja (gambar 3) adalah sebagai berikut :

- (1) Batang Penangkal Petir, sering disebut Splitzen.
- (2) Pengkabelan (Konduktor). Adalah merupakan penghantar aliran dari penangkal petir ke pembumian (pentanahan). Kable yang digunakan untuk yang jauh dari jangkauan biasanya jenis kabel BC (kabel tembaga terbuka) dan untuk yang mudah dalam jangkauan menggunakan kabel BCC atau NYY (kabel tembaga terbungkus)
- (3) Terminal
- (4) Pembumian/pentanahan. Menggunakan sejenis pipa tembaga (cooper rod)diameter 1/2 inch panjang 3-4 m.

Gambar 3

Gambar Kerja Instalasi Penangkal Petir Bangunan Rumah



Gambar 10.13 Gambar Kerja Instalasi Penangkal Petir Bangunan Rumah

Keterangan dari gambar kerja diatas :

1. **Splitzen** adalah bagian yang ditempatkan ditempat tertinggi di atas bangunan rumah. Spliten dihubungkan ke terminal atau langsung ke pipa tembaga dengan kabel BC 50 mm.
2. **Sub terminal** dengan menggunakan plat tembaga dengan ukuran kira kira 5x20cm. Kemudian sub terminal ini diintegrasikan ke Terminal dengan menggunakan kabel BCC/ NYY 15 mm.
3. **Arrester** di sistem instalasi listrik , dimana arrester kemudian di hubungkan ke terminal grounding dengan menggunakan kabel BC/NYY ukuran 15 mm.
4. **Terminal** adalah pusat yang menghubungkan beberapa kabel sebelum diteruskan ke pembumian / pentanahan. Bahan terminal dapat menggunakan plat tembaga dengan ukuran 10 x 30 cm.
5. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal anda bisa menambahkan beberapa pipa tembaga yang saling terintegrasi. Atau cara lain bisa dilakukan dengan menanam pipa dalam hingga lebih dari 20 m.



4) Dokumen-dokumen Terkait Inspeksi Penangkal Petir

Beberapa dokumen harus di siapkan bila akan di lakukan ijin pengesahan Disnaker diantaranya :

PERMOHONAN PENGESAHAN PENGGUNAAN INSTALASI PENYALUR PETIR	
Sesuai dengan ketentuan dalam Peraturan Menteri Tenaga Kerja PER – 02/MEN/1989 tentang Pengawasan Instalasi Penyalur Petir , kami yang bertandatangan dibawah ini :	
Nama Perusahaan / Instansi	: nama perusahaan pemohon
Alamat	: alamat perusahaan pemohon
Nama Pengurus	: nama penanggung jawab
Jabatan	: jabatan penanggung jawab
Mengajukan permohonan pengesahan Instalasi Penyalur Petir di :	
Nama Perusahaan / Instansi	: nama lokasi
Alamat	: alamat lokasi
Dengan data Instalasi sebagai berikut :	
1. Panjang bangunan / Area	: panjang Meter
2. Lebar bangunan / Area	: lebar Meter
3. Tinggi bangunan tertinggi	: tinggi Meter
4. Jenis penerima (Air Terminal) Jumlah	: Elektrostatik / Konvensional (.....) Unit
Tinggi Tiang Penyangga	: tinggi Meter
5. Jenis Penghantar penurunan / Ukuran	: Kabel jenis dia" mm
6. Jenis Elektroda bumi / Ukuran Tahana sebaran Pengujian I	: bahan grounding nilai Ohm
Pengujian II	: nilai Ohm
Pengujian III	: nilai Ohm
Menggunakan Alat	: alat pengujian misl KYORITSU 4105A
7. Instalatir yang memasang	: Nama pemasang person / perusahaan
Untuk diadakan pemeriksaan dan pengujian serta pengesahan.	
....., 2015	
Pemohon	
(.....)	

Gambar 10. 14 Dokumen-Dokumen Terkait Inspeksi Penangkal Petir

5) Berita Acara Pelaksanaan Inspeksi Penangkal Petir

Untuk dokumen terkait berita acara dapat dibuat setelah semua proses kegiatan inspeksi penangkal petir selesai dilakukan. Untuk lebih incinya pembahasan mengenai dokumen berita acara dibahas di BAB III Membuat Laporan.

- a) Alat Uji, Alat K3 dan Alat Bantu dalam Menginspeksi Penangkap/Penangkal Petir Peralatan yang digunakan dalam pekerjaan inspeksi instalasi penangkap/ penangkal petir adalah
- (1) Kunci-kunci
 - (a) Kunci Pas dan Kunci Ring
 - (b) Kunci Sock
 - (c) Kunci Inggris (adjustable wrenches)
 - (2) Tang (Pliers)
 - (a) Tang Kombinasi /tang standar
 - (b) Tang Slip Joint
 - (c) Tang Gunting / Potong (Diagonal Cutting Pliers)
 - (d) Tang Sirklip /Mulut Buaya (Circlip Pliers)
 - (3) Gergaji(Hacksaw)
 - (4) Obeng(Screwdrivers)
 - (a) Obeng Minus (Obeng Standar)
 - (b) Obeng Plus (Obeng Phillips)
 - (5) Palu(Hammer)
 - (6) Tangga
 - (7) Alat/peralatan Listrik
 - (a) Mesin Bor Tangan (Portable Drill)
 - (8) Alat Ukur Listrik
 - (a) Multimeter/ AVO meter



Gambar 5

Meter Analog dan Digital



Gambar 10. 15 Multimeter Analog dan Digital

(b) Meger (Mega Oh Meter)

Megger digunakan untuk mengukur besarnya tahan isolasi listrik.

Gambar 6

Megger



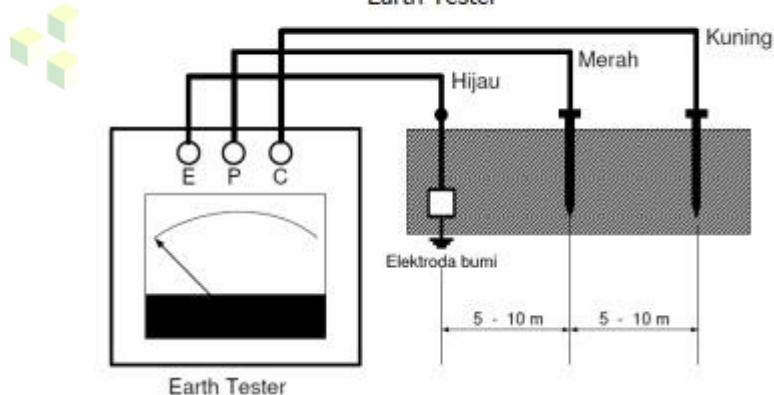
Gambar 10. 16 Megger

(c) Earth Tester

Earth Tester adalah suatu alat listrik yang digunakan untuk mengukur besaran Tahanan Bumi untuk keperluan inspeksi instalasi penangkap petir.

Gambar 7

Earth Tester



Gambar 10. 17 Earth Tester

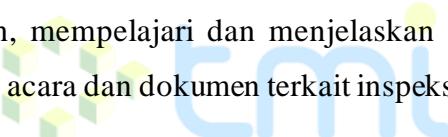
d. Keterampilan yang Diperlukan dalam Merencanakan dan Mempersiapkan Pekerjaan

- 1) Melaksanakan instruksi dalam perintah kerja.
- 2) Mempersiapkan program kerja pengujian tahanan sistem penangkal/penangkap petir.
- 3) Menyiapkan, mempelajari dan menjelaskan gambar kerja, surat perintah kerja, berita acara dan dokumen terkait inspeksi penangkal/penangkap petir.

- 4) Menyiapkan alat uji, alat K3 dan alat bantu yang dibutuhkan dalam konsidi dapat bekerja dengan baik dan aman serta kalibrasinya masih berlaku

e. Sikap kerja yang Diperlukan dalam Merencanakan dan Mempersiapkan Pekerjaan

- 1) Tepat dalam melaksanakan instruksi dalam perintah kerja, mempersiapkan program kerja pengujian tahanan, menyiapkan Alat uji, alat K3 dan alat bantu yang dibutuhkan serta menyiapkan, mempelajari dan menjelaskan gambar kerja, surat perintah kerja, berita acara dan dokumen terkait inspeksi penangkal/penangkap petir.
- 2) Teliti dalam menyiapkan, mempelajari dan menjelaskan gambar kerja, surat perintah kerja, berita acara dan dokumen terkait inspeksi penangkal/penangkap petir.
- 3) Cermat dalam melaksanakan instruksi dalam perintah kerja serta menyiapkan alat uji, alat K3 dan alat bantu yang dibutuhkan.
- 4) Sesuai syarat dalam mempersiapkan program kerja pengujian tahanan serta menyiapkan, mempelajari dan menjelaskan gambar kerja, surat perintah kerja, berita acara dan dokumen terkait inspeksi penangkal/penangkap petir



C. Bagian – Bagian Penyalur Petir

1. Batang Penangkal Petir

Batang penangkal petir berupa batang tembaga yang ujungnya runcing. Dibuat runcing karena muatan listrik mempunyai sifat mudah berkumpul dan lepas pada ujung logam yang runcing. Dengan demikian dapat memperlancar proses tarik menarik dengan muatan listrik yang ada di awan. Batang runcing ini dipasang pada bagian puncak suatu bangunan

2. Kabel Konduktor

Kawat konduktor terbuat dari jalinan kawat tembaga. Diameter jalinan kabel konduktor sekitar 1 cm hingga 2 cm. Kabel konduktor berfungsi meneruskan aliran muatan listrik dari batang muatan listrik ke tanah. Kawat konduktor tersebut dipasang pada dinding di bagian luar bangunan

3. Pembumian

Tempat pembumian (*grounding*) berfungsi mengalirkan muatan listrik dari kabel konduktor ke batang pembumian (*ground rod*) yang tertanam di tanah. Batang pembumian terbuat dari bahan tembaga berlapis baja, dengan diameter 1,5 cm dan panjang sekitar 1,8-3 m

4. Cara Kerja

Saat muatan listrik negatif di bagian bawah awan sudah tercukupi, maka muatan listrik positif di tanah akan segera tertarik. Muatan listrik kemudian segera merambat naik melalui kabel konduktor, menuju ke ujung batang penangkal petir. Ketika muatan listrik negatif berada cukup dekat di atas atap, daya tarik menarik antara kedua muatan semakin kuat, muatan positif di ujung-ujung penangkal petir tertarik ke arah muatan negatif. Pertemuan kedua muatan menghasilkan aliran listrik. Aliran listrik itu akan mengalir ke dalam tanah, melalui kabel konduktor, dengan demikian sambaran petir tidak mengenai bangunan. Tetapi sambaran petir dapat merambat ke dalam bangunan melalui kawat jaringan listrik dan bahayanya dapat merusak alat-alat elektronik di bangunan yang terhubung ke jaringan listrik itu, selain itu juga dapat menyebabkan kebakaran atau ledakan. Untuk mencegah kerusakan akibat jaringan listrik tersambar petir, biasanya di dalam bangunan dipasangi alat yang disebut penstabil arus listrik (*surge arrester*).

10.6. Lembar Kerja

10.6.1. JSA (Job Safety Analysis)

JOB SAFETY ANALYSIS (JSA)		
<p>Project Location :</p> <p>Date of Inspection :</p> <p>Client :</p> <p>Scope of Work :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> K3 Instalasi Listrik <input checked="" type="checkbox"/> K3 Penyalur Petir <input type="checkbox"/> K3 AC Generator 		
Urutan Dasar Langkah Tugas	Bahaya yang terkait	Tindakan Pengendalian yang direkomendasikan
Menyiapkan Safety Work Permit (SWP) untuk pekerjaan Ultrasonic Testing	- Kesalahan dalam pengisian Form	- Pengisian Form dengan benar
Melakukan Briefing Keselamatan Kerja	- Tidak memahami dengan jelas prosedur kerja & resiko bahaya kecelakaan	- Tanyakan pada pengawas / Supervisor di lokasi kerja.
Persiapan Alat & Perlengkapan kerja	<ul style="list-style-type: none"> - Alat tidak bekerja secara benar - Jari terjepit saat menyiapkan alat 	<ul style="list-style-type: none"> - Yakinkan alat yang akan digunakan bekerja dengan baik - Gunakan APD yang lengkap & tepat - Jauhkan Chemical dari sumber panas
Bekerja di Ketinggian	- Terpeleset, Terjatuh	<ul style="list-style-type: none"> - Pakai Safety Body Hardness jika di scaffolding tidak ada handrailnya - Prosedur Kerja di ketinggian - Pastikan Personel yang berkompeten melakukan pekerjaan
Menyimpan Peralatan	- Alat terjatuh	<ul style="list-style-type: none"> - Gunakan tali pengikat agar alat tidak mudah terjatuh - Memastikan semua perlengkapan diletakkan pada tempat
Melakukan Inspeksi K3 Penyalur Petir	- Tersambar Petir	- Tidak melakukan inspeksi jika cuaca dalam keadaan mendung / hujan
House Keeping	- Tool Berserakan	- Rapikan Peralatan & Simpan di tempat yang aman
Alat Perlindungan Diri (Personal Protective Equipment) :		
APD :	<input checked="" type="checkbox"/> Safety Helmet <input type="checkbox"/> Ear Plug <input checked="" type="checkbox"/> Safety Glasses <input checked="" type="checkbox"/> Gloves <input checked="" type="checkbox"/> Safety Shoes <input checked="" type="checkbox"/> Body Hardness <input type="checkbox"/> Reflective Vest <input type="checkbox"/> Masker <input type="checkbox"/> Other	
Safety Process Information Regarding the JSA		
Prepared by :	Position :	Date :
Person (s) carrying out this process on the work-site :		
Name (s) :	Signed :	Date :
Reviewed by :	Position :	Date :

10.6.2. Checklist Pemeliharaan

PEMELIHARAAN PENANGKAL PETIR			
	No. Dokumen	No. Revisi	Halaman

STANDAR PROSEDUR OPERASIONAL	Tanggal Terbit	Ditetapkan, Direktur
Pengertian	Pemeliharaan penangkal petir adalah pemeriksaan instalasi penangkal petir yang ada di rumah sakit yang meliputi kerusakan jaringan kawat penghantar, korosif dan penghantar putus.	
Tujuan	Sebagai acuan dalam menerapkan langkah-langkah pemeliharaan penangkal petir.	
Kebijakan	Surat Keputusan Direktur No.001/PER/DIR/PSRS/RSIACB/IX/2016 Tentang Panduan PSRS	
Prosedur	<ol style="list-style-type: none">1. Periksa secara rutin (mingguan) penangkal petir sesuai jadwal pemeliharaan dan perbaikan yang telah dibuat.2. Jika ditemukan kerusakan dibuat laporan kerusakan dan rencana perbaikan.3. Perbaikan bisa langsung dilakukan sendiri oleh teknisi rumah sakit.4. Apabila tidak mampu diperbaiki oleh teknisi internal maka dilakukan perbaikan oleh pihak ketiga.5. Laporan perbaikan di tandatangani oleh kepala unit jika dapat ditangani secara internal dan ditandatangani oleh manager jika dikerjakan oleh pihak ketiga.	
Unit Terkait	- PSRS	
Dokumen Terkait	- Buku Laporan Checklist Mingguan Unit PSRS	

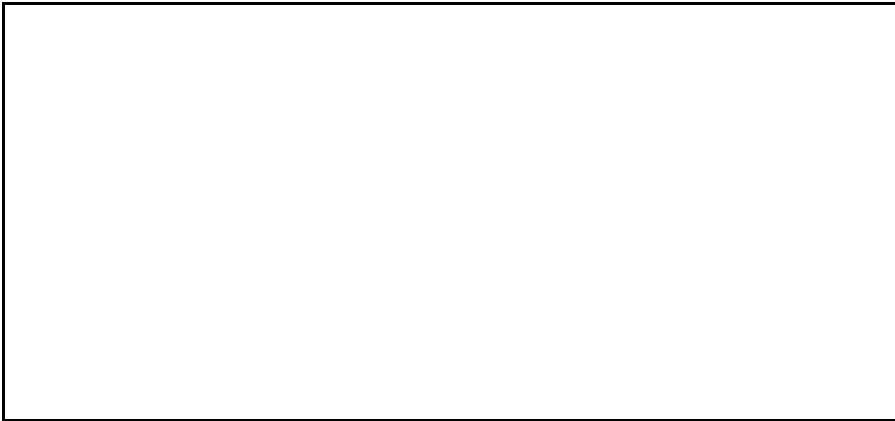
Pemeliharaan Penangkal Petir			
	No. Dokumen	No Revisi	Halaman
STANDAR PROSEDUR OPERASIONAL (SPO)	Tanggal Terbit	Ditetapkan, Direktur	
PENGERTIAN	Pemeliharaan penangkal petir adalah pemeriksaan instalasi penangkal petir yang ada di rumah sakit yang meliputi kerusakan jaringan kawat penghantar, korosif dan penghantar putus		
TUJUAN	Sebagai acuan dalam menerapkan langkah-langkah pemeliharaan penangkal petir.		
KEBIJAKAN	Rumah sakit menyediakan fasilitas yang aman bagi pasien, pengunjung, dan karyawan		
PROSEDUR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Teknisi melakukan pemeriksaan secara rutin (bulanan) penangkal petir sesuai jadwal pemeliharaan dan perbaikan yang telah dibuat. 2. Teknisi memeriksa terminasi kabel grounding ari atap sampai ujung kabel grounding. 3. Teknisi melakukan pengukuran kabel grounding dan mencatat hasil pengukuran di form pemeliharaan penangkal petir. Jika ditemukan kerusakan dibuat laporan kerusakan dan rencana perbaikan. 4. Teknisi melakukan perbaikan bisa langsung dilakukan sendiri oleh teknisi rumah sakit. 5. Apabila tidak mampu diperbaiki oleh teknisi IPSRS maka dilakukan perbaikan oleh pihak ketiga. 6. Laporan perbaikan di tandatangani oleh penanggung jawab jika dapat ditangani secara internal dan dimasukkan file pemeliharaan penangkal petir. 		
UNIT TERKAIT	1. Unit ipsrs		

CHECKLIST INSTALASI PENYALUR PETIR

INSTALASI PADA	:	PT. _____
ALAMAT	:	JL. _____
PEMILIK PERUSAHAAN	:	_____
PENGURUS PERUSAHAAN	:	_____
JENIS USAHA PERUSAHAAN	:	_____
I. PEMERIKSAAN DOKUMEN		
A. <u>GambarInstalasiPenyalurPetir</u> - SLD : Ada / Tidak - GambarSmasi : Ada / Tidak - GambarRencana : Ada / Tidak - GambarDetailDanKeterangan : Ada / Tidak B. Spesifikasi : Ada / Tidak C. LaporanPenyajianInstalasi : Ada / Tidak D. LaporanInspeksiTerdahulu : Ada / Tidak E. LaporanPerbaikanTerdahulu : Ada / Tidak F. PengesahanPenaksaanInstalasiPenyalurPetir : Ada / Tidak G. Lain-lain : Ada / Tidak		
II. PELAKSANAAN ADMINISTRASI		
A. Perencanaan Alamat : SuratPengajukan : B. InstalaturPemasangan Alamat : SuratPengajukan : C. PengesahanGambarRencana PemasanganInstalasiPenyalurPetir : _____		
III. ALAT UKUR		
A. MerkAlatUkur : B. MetodePengukuran : _____		
IV. HASIL INSPEKSI VISUAL		

AIR TERMINAL

1. JENIS AIR TERMINAL :
2. JARAK / RADIUS PROTEKSI :
3. TINGGI AIR TERMINAL :
4. JUMLAH DAN JARAK :
5. KEADAAN VISUAL AIR TERMINAL (BERKARAT/TIDAK) :
6. GAMBAR BENTUK ATAP DAN UKURANNYA :



DOWN CONDUCTOR

1. JUMLAH DOWN CONDUCTOR :
2. JARAK ANTAR KAKI PENERIMA DAN TITIK PERCABANGAN :
3. LUAS PENAMPANG :
4. TEBAL PENAMPANG :
5. JARAK ANTAR PENGHANTAR PENURUNAN DENGAN LAIN :
6. TINGGI BANGUNAN :
7. LUAS BANGUNAN :

EARTH ELECTRODE

1. JENIS ELEKTRODA BUMI (BATANG ROD, PITA, MESH) :
2. DIAMETER PENAMPANG :
3. KEDALAMAN ELEKTRODA :
4. LUAS PENAMPANG :
5. JARAK ANTAR ELEKTRODA BUMI SATU DENGAN LAIN :

ITEMS PEMERIKSAAN		HASIL			KET.
NO	KONDISI MATERIAL	BAIK	BURUK	N/A	
1	AIRTERMINAL KLEM BAUT & PENYANGGA				
2	PENGHANTAR DAERAH ATAP KLEM BAUT & PENYANGGA				
3	PENGHANTAR TURUN KE TANAH KLEM BAUT & PENYANGGA				
4	KOTAK HUBUNG/ BAK KONTROL KLEM BAUT				
5	AKAR / BATANG PEMBUMIAN KLEM BAUT				
6	PENGHANTAR AKAR KE AKAR				

V. KONDISI PEMASANGAN SAMBUNGAN

ITEMS PEMERIKSAAN		HASIL			KET.
NO	KONDISI MATERIAL	BAIK	BURUK	N/A	
1	SAMBUNGAN KEPALA AIRTERMINAL				
2	KLEM, BAUT & PENYANGGA				
3	SAMBUNGAN HANTARAN PENURUNAN (DOWN CONDUCTOR) KE KEPALA PENANGKAL				
4	SAMBUNGAN HANTARAN PENURUNAN (DOWN CONDUCTOR) KE HANTARAN				
5	SAMBUNGAN HANTARAN PENURUNAN (DOWN CONDUCTOR) KE KOTAK HUBUNG (BAK KONTROL)				
6	SAMBUNGAN HANTARAN PENURUNAN (DOWN CONDUCTOR) KE PEMBUMIAN				

VI. PEMERIKSAAN UMUM

ITEMS PEMERIKSAAN		HASIL			KET.
NO	KONDISI MATERIAL	BAIK	BURUK	N/A	
1	SISTEM JARINGAN INSTALASI				
		DIPERIKSA OLEH PEGAWAI PENGAWAS SPESIALIS BIDANG LISTRIK, PETIR DAN LIFT			
		<hr/> Np <hr/>			

PERSYARATAN K3 LISTRIK RUANG KHUSUS**11.1. Latar Belakang**

Kita ketahui bahwa di tempat kerja terdapat berbagai macam jenis ruang kerja sesuai jenis usaha. Masing-masing jenis ruang kerja memiliki sumber bahaya yang berbeda-beda dan sangat dipengaruhi oleh proses kerja masing-masing.

Ruang kerja tersebut bisa saja memiliki temperatur normal, panas atau dingin, atau bisa juga proses kegiatan yang dapat merusak instalasi serta peralatan listrik, misalnya pengaruh bahan kimia, pengaruh kerusakan mekanis dan lain sebagainya.

Mengingat kondisi yang beragam tersebut maka akan terdapat pengaruh terhadap kondisi dari sistem instalasi beserta perlengkapannya. Oleh karena itu instalasi listrik mulai dari kabel sampai dengan peralatan listrik serta cara pemasangannya disesuaikan dengan jenis ruang kerja, dikarenakan setiap ruangan yang memiliki kekhususan ini banyak sekali dan tidak bisa sembarangan dalam melakukan instalasi kelistrikan. Sehingga pengetahuan dalam K3 pada kelistrikan ruang khusus ini akan membuat kita lebih mengerti dalam pengaplikasianya dan juga dapat kita untuk mengklasifikasikan ruangan tersebut dengan mudah.

11.2. K3 Listrik Ruang Khusus**11.2.1. Apa itu Ruang Khusus****a. Ruang Khusus**

Merupakan ruang dengan sifat dan keadaan tertentu misalnya : ruang lembab, ruang berdebu, ruang kerja listrik dan lain sebagainya memerlukan pengaturan lebih khusus untuk instalasinya.

b. Instalasi Khusus

Merupakan instalasi listrik dengan karakteristik tertentu sehingga penyelenggaranya memerlukan ketentuan sendiri misalnya instalasi dicek, instalasi sistem proteksi kebakaran dan lain sebagainya.

Dalam PUIL 2000, SNI – 225 – 2000 telah ditentukan berbagai jenis ruang khusus sebagai berikut :

1. Ruang kering.
2. Ruang kerja listrik.
3. Ruang kerja listrik terkunci.
4. Ruang berdebu.
5. Ruang dengan bahaya kebakaran dan ledakan gas.
6. Ruang dengan bahaya kebakaran dan ledakan debu.
7. Ruang dengan bahaya kebakaran serat.
8. Ruang dengan gas, uap atau debu
9. Ruang lembab dan basah.
10. Ruang sangat panas
11. Ruang kerja kasar.
12. Ruang radiasi.

11.2.2. Potensi Bahaya Ruang Terbatas

Pada penjelasan kali ini adalah beberapa contoh potensi yang sangat bahaya untuk kasus di beberapa ruangan, dan sangat penting untuk diperhatikan sebelum melakukan instalasi pada ruangan berikut untuk menghindari beberapa hal yang sangat tidak diinginkan ataupun terjadinya kecelakaan kerja.

a. Ruang kerja listrik

Ruang kerja listrik (l) dan ruang kerja listrik terkunci hanya boleh dimasuki oleh orang-orang yang berwenang. Potensi bahaya yang ada adalah :

1. Memiliki tegangan rendah sampai tegangan tinggi.
2. Banyak peralatan aktif tidak dilindungi.
3. Dapat terjadi sentuh langsung.
4. Kemungkinan dapat terjadi kebakaran maupun ledakan.
5. Sangat berbahaya bila terletak di tempat terbuka.

b. Ruang dengan bahaya kebakaran dan ledakan

Ruangan dengan bahaya kebakaran dan ledakan pada umumnya di dalam ruangan tersebut terdapat campuran udara dan gas, uap debu atau serat yang mudah terbakar atau meledak. Potensi bahaya yang ada adalah :

1. Kemungkinan di dalam atmosfir udara terdapat debu misalnya dari kapuk, penggergajian kayu, pengering tepung dan sebagainya.
2. Kemungkinan di dalam atmosfir udara terdapat jenis-jenis gas / bahan kimia misalnya : aseton, ammonia, methan, acetylen, propan dan sebagainya.
3. Suhu penyalakan bahan yang rendah.
4. Adanya pengaruh external dan suhu sekitarnya.
5. Pemasangan instalasi, armatur, radar yang tidak tepat

c. Ruang lembab termasuk ruang pendingin

Ruangan yang didinginkan secara buatan khusus untuk menyimpan barang (cold storage) dan ruangan pembekuan dianggap sebagai ruang lembab, demikian pula ruang-ruang pompa air. Potensi bahaya yang ada adalah

1. Dalam kondisi lembab / basah, peralatan yang tidak sesuai akan mudah korosif.
2. Ruang lembab / basah akan sangat mudah mengalirkan aliran listrik.
3. Pemakaian armatur yang salah akan dapat menimbulkan kecelakaan.
4. Pemilihan radar (aparat) yang salah dapat menimbulkan kecelakaan

d. Ruang sangat panas



Ruang kerja sangat panas dapat merusak atau bahkan melumerkan penghantar listrik maupun peralatan listrik misalnya ruang peleburan, proses kerja pembakaran dan lain sebagainya. Potensi bahaya yang ada adalah :

1. Kondisi atmosfir yang panas, akan dapat merusak instalasi, armatur yang terpasang.
2. Kondisi pemasangan instalasi dan perlengkapan listrik yang salah atau tidak tepat akan membahayakan baik instalasi maupun tenaga kerja.
3. Mute isolasi yang tidak sesuai akan cepat rusak / kemampuan isolasinya berkurang.

e. Ruang berdebu

Yang dimaksud ruang berdebu di sini adalah debu yang memiliki kondisi sebagai berikut :

1. Adalah partikel kecil dalam atmosfir yang bertumpuk disebabkan oleh berat sendiri, tetapi juga dapat mengambang di udara untuk sementara waktu.
2. Debu mudah terbakar adalah debu yang mudah menyala jika bercampur dengan udara.

3. Debu konduktif adalah debu yang mempunyai resistivitas sama atau kurang dari 10^3 OhmM.

Potensi bahaya yang ada adalah :

1. Debu pada kondisi tertentu yang dapat terbakar.
2. Debu yang bersifat konduktif.
3. Pemakaian armatur, instalasi maupun radar yang salah atau dapat menimbulkan kecelakaan / kebakaran.

f. Ruang radiasi

Ruang radiasi yang biasa kita sebut tempat / ruang rontgen (sinar X) terdapat di rumah-rumah sakit atau klinik-klinik tertentu. Sinar X mempunyai potensi bahaya yang cukup tinggi bagi manusia. Potensi bahaya yang ada adalah :

1. Pengaruh radiasi terhadap petugas.
2. Penggunaan tegangan tinggi yang membahayakan.
3. Adanya kemungkinan kegagalan isolasi.
4. Penggunaan penghantar yang tidak tepat.
5. Adanya kebocoran radiasi.

11.2.3. Syarat-syarat Instalasi Ruang Khusus

Mengingat potensi bahaya yang ada pada berbagai jenis ruang khusus, maka pemasangan instalasi listrik di tempat tersebut harus disesuaikan dengan jenis ruangan. Perlu diketahui bahwa satu jenis tempat kerja dapat saja memiliki lebih dari satu persyaratan ruang kerja khusus (perhatikan lampiran jenis perusahaan, jenis ruang dan kategorinya). Persyaratan ruang khusus yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut:

a. Ruang Kerja Listrik

Ruang kerja listrik (l) maupun ruang kerja listrik terkunci (lk) harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Harus diawasi oleh pengawas ahli, terkecuali ruang kerja listrik terkunci dan tidak ada orang di dalamnya.
2. Ruangan harus berukuran cukup besar sehingga instalasi listrik yang akan dipasang di dalamnya dapat diatur cukup leluasa dan mudah diperiksa.

3. Bangunan gedung dari ruang kerja listrik yang di dalamnya terdapat instalasi tegangan menengah dan tegangan tinggi harus dibuat dari bahan yang tidak mudah terbakar.
4. Ruang kerja listrik yang terletak di ruang terbuka, seluruhnya harus dipagar yang baik setinggi minimum 2 meter di atas tanah.
5. Ruang kerja listrik harus kering dan berventilasi baik serta berpenerangan cukup sesuai standar.
6. Pada pintu masuk harus dipasang tanda peringatan larangan masuk dan simbol bahaya yang sudah standar.
7. Gang, bordes, lorong dan sebagainya tidak boleh licin dan tidak boleh terhalang oleh barang-barang.
8. Sediakan alat pemadam api khusus untuk listrik dengan jumlah yang sesuai.
9. Perlengkapan listrik seperti, lampu, fitting, kotak kontak, sakelar dan sebagainya harus dipasang sedemikian rupa sehingga mudah dilayani.
10. Untuk ruang kerja listrik terkunci, pintu harus membuka keluar dan dapat dibuka dari dalam tanpa kunci dan apabila dibuka dari luar harus menggunakan kunci.

b. Ruang dengan bahaya kebakaran dan ledakan

Yang diatur di sini adalah instalasi listrik di lokasi dan ruang yang digolongkan berbahaya karena di situ terdapat atau mungkin terdapat campuran udara dan gas, uap, debu atau serat yang mudah terbakar atau meledak.

Ruang dengan bahaya ledakan diklasifikasikan dalam zona berdasarkan frekuensi terjadinya dan lamanya keberadaan gas ledak dalam atmosfir sebagai berikut :

- | | |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Zone 0 | : Suatu ruangan dimana terdapat atmosfir gas ledak secara terus menerus atau dalam waktu yang lama. |
| Zone 1 | : Suatu ruangan dimana mungkin terdapat atmosfir gas ledak dalam operasi normal. |
| Zone 2 | : Suatu ruang dimana mungkin tidak terdapat atmosfir gas ledak dalam operasi normal dan jika hal ini terjadi, kemungkinannya tidak sering dan hanya akan berlangsung dalam waktu singkat. |

Sedangkan kelompok perlengkapan untuk instalasi listrik dalam Zone 0, 1 dan 2 dikelompokkan sebagai berikut :

- Kelompok I** : Perlengkapan untuk digunakan dalam penambangan (gas methan).
Catatan : Kelompok satu tidak termasuk dalam PUIL.
- Kelompok II** : Perlengkapan untuk digunakan dalam industri lainnya. Untuk penggunaan gas dalam kelompok II, maka kelompok II dibagi menjadi :
- Kelompok II A** : Atmosfer yang mengandung aseton, ammonia, etylen, alkohol, bensin, methan, propan dan atau uap dengan bahaya yang ekivalen.
- Kelompok II B** : Atmosfer yang mengandung acetaldehid, etylen, dan gas atau uap dengan bahaya yang ekivalen.
- Kelompok II C** : Atmosfer yang mengandung acetylen, hidrogen, dan gas atau uap dengan bahaya yang ekivalen.

Perlengkapan yang akan ditempatkan dalam ruang yang mengandung gas ledak harus mempunyai tanda pengenal, untuk memperlihatkan ZONE, kelompok gas dan kelas suhu berdasarkan suhu keliling 40oC.

Untuk penggunaan perlengkapan listrik dalam ruang dimana terdapat gas ledak, perlu diperhatikan hal-hal berikut :

1. Klasifikasi ruang berbahaya (ZONE).
2. Suhu nyala gas atau uap yang terdapat di dalam ruang (IEC 79 – 12).
3. Selungkup perlengkapan yang sesuai dengan gas atau uap yang terdapat di dalam ruang.
4. Pengaruh external dan suhu sekitarnya.

c. Ruang lembab termasuk ruang pendingin

1. Armatur penerangan harus terbuat dari bahan yang memenuhi syarat bagi pemasangan di tempat itu dan harus dipasang sedemikian rupa sehingga air tidak dapat masuk atau berkumpul dalam jalur penghantar, fitting lampu atau bagian listrik lainnya.
2. Seluruh bagian luar fitting lampu yang dipasang dalam ruang lembab (termasuk juga ruang berdebu, sangat panas, berisi bahan mudah terbakar, atau mengandung bahan korosi / harus terbuat dari porselin atau bahan isolasi lain yang sederajat).
3. Bagian instalasi yang dipasang dalam ruang lembab harus dapat diputuskan dari bagian instalasi lainnya dengan suatu saklar yang dipasang setempat.

4. Mesin dan pesawat harus disusun dan dipasang sedemikian rupa sehingga air tidak dapat terkumpul di dalamnya.
5. PHB harus berbentuk lemari atau kotak yang tertutup dan terbuat dari bahan yang mutunya memadai.
6. Tidak boleh menggunakan fitting lampu yang di dalamnya dilengkapi dengan sakelar.
7. Tempat masuk penghantar baik ke fitting lampu, sakelar atau ke alat listrik lainnya harus ditutup rapat dengan kompon.
8. Penghantar suplai yang dipasang ke dalam ataupun di dalam ruang pendingin hanyalah penghantar yang diperlukan untuk menyalurkan aliran listrik untuk ruang tersebut.
9. Bentuk fitting lampu harus sedemikian rupa sehingga uap air tidak dapat masuk dari atas dan terdapat saluran ke luar bagi uap air.
10. Motor yang digunakan harus cocok untuk kondisi ruang jika di dalam ruangan motor mungkin langsung kena air, motor tersebut harus tertutup seluruhnya. Tempat masuk dan keluarnya kawat penghantar ke kotak terminal harus diberi pengedap

d. Ruang Sangat Panas



Untuk instalasi listrik dalam ruang sangat panas persyaratannya sama dengan ruang lembab, terkecuali pada tempat kerja yang bersuhu sangat tinggi sehingga ada kemungkinan bahan isolasi dan pelindung penghantar pasangan normal akan terbakar, meleleh / lumer harus diperhatikan ketentuan berikut :

1. Hanya armatur penerangan, pesawat pemanas dan alat perlengkapan lainnya beserta penghantar yang bersangkutan itu saja yang boleh dipasang di tempat itu.
2. Sebagai penghantar dapat dipakai penghantar regang pada isolator dengan jarak titik tumpu maksimum 1 meter, atau kabel jenis tahan panas yang sesuai untuk suhu ruang itu.
3. Pada tempat dengan bahaya kerusakan mekanis, penghantar telanjang harus seluruhnya dilindungi dengan selungkup logam yang kuat atau dengan alat yang sama mutunya untuk mencegah bahaya sentuhan.

e. Ruang berdebu

Seperti telah dinyatakan dalam Bab II tentang potensi bahay di ruang berdebu maka persyaratan ruang berdebu antara lain :

1. Mesin dan pesawat harus dipasang, diatur dan dilindungi demikian rupa sehingga perlengkapan tersebut tidak akan mengalami kerusakan akibat debu yang ada di sekitarnya.
2. PHB harus dari jenis tertutup dan kedap debu.
3. Dalam ruang berdebu, kabel yang tidak berselubung hanya boleh dipasang di dalam pipa instalasi dari logam yang berulir atau harus ditempuh cara lain yang sederajat untuk mencegah masuknya debu.
4. Penghantar untuk perlengkapan randah (potabel) harus digunakan kabel berselubung yang fleksibel.
5. Penggunaan fitting lampu pijar dalam ruang berdebu, harus terbuat dari bahan porselin atau bahan isolasi lain yang sederajat.

f. Ruang radiasi

Ruang radiasi sebagai contoh sinar X atau sinar Rontgen memiliki potensi bahaya terutama bagi operator. Persyaratan ruang radiasi yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut:



1. Seluruh permukaan lantai tempat perlengkapan sinar X berdiri harus dilapisi bahan isolasi.
2. Pada seluruh bagian logam yang tidak bertegangan dari perlengkapan sinar X harus dipasang penghantar proteksi yang baik.
3. Sakelar harus mudah dicapai dan dikenal dengan jelas.
4. Kabel flexibel yang digunakan harus dari jenis pemakaian kasar dan berat atau dari jenis berselubung logam flexibel.
5. Khusus untuk ruang radiasi tinggi semua instalasi perlengkapan panel pengatur harus dipasang di luar ruang beradiasi

11.3. Lembar Kerja**11.3.1. Contoh SOP pada Ruang Khusus**

	Nomor Dokumen : KLBRS-SOP. 06.8/20XX
	Mulai Berlaku : 15 September 20XX
STANDARD OPERATING PROCEDURE	Revisi :
MENGHIDUPKAN GENERATOR SET	Tanggal Revisi :
	Halaman : 1 dari xx

A: Tujuan

Untuk menjelaskan bagaimana cara menghidupkan generator set jika terjadi pemutusan aliran listrik dan mematikannya setelah selesai pakai.

B: Bahan dan Peralatan

Generator Set

C: Kualifikasi Personel

Pegawai yang diberi tugas

D: Prosedur Pelaksanaan

1. Bila PLN padam, maka delay 5 detik generator set akan hidup secara otomatis.
2. Breaker generator set akan masuk, jaringan listrik dilayani oleh generator set
3. Bila listrik dari PLN hidup, maka delay waktu 5 detik breaker PLN akan masuk secara otomatis.
4. Generator set masih hidup selama 2 menit, proses pendinginan kembali pada mesin diesel, setelah 2 menit generator set akan mati secara otomatis.
5. Langkah-langkah yang harus diperhatikan operator generator set, adalah:
 - a. Memonitor BBM agar tidak habis/ kosong (harus penuh).
 - b. Melihat dan mengawasi mesin diesel bila ada kebocoran.
 - c. Memantau saat mesin diesel hidup apakah ada sesuatu yang tidak normal.
 - d. Memantau putaran diesel/ temperatur/ tegangan listrik/ frekuensi.
 - e. Melakukan pemanasan mesin diesel selama 15 menit satu kali dalam seminggu

DISPOSISI	NAMA	JABATAN	TANDA TANGAN
Dibuat Oleh		Manajer	
Diperiksa Oleh		Manajemen Representatif	
Disetujui Oleh		Direktur	

11.3.2. Contoh JSA pada Ruang Khusus

 PT. Ahli K3 Umum	JOB SAFETY ANALYSIS			No Dok : OHS/R009 No Rev : 0 Tgl Rilis : 01 April 2013 Hal : 1 dari 1
No JSA : 001/HR/HSE/JSA/VII/2014 Nama Pekerjaan : Gerinda Hasil Besi Cor Pengawas : Supervisor Produksi APPD : 1. Kacamata Keselamatan. 2. Sepatu Keselamatan. 3. Masker kain.		Terbit : 12 Juli 2014 Departemen : Produksi Pelaksana : Operator Gerinda		
No	Urutan Kerja	Potensi Bahaya	Upaya Pengendalian	
1.	Mengambil hasil batang besi cor di sisi kanan mesin gerinda dan memasangnya di ujung roda batu gerinda.	Tangan tergores ujung batang besi cor yang tajam. Batang besi cor jatuh mengenai kaki.	Menggunakan APD sarung tangan kulit, sepatu keselamatan dan stoking lengan yang disediakan.	
2.	Menekan batang besi cor ke roda batu gerinda yang berputar untuk menghaluskan batang besi cor.	Tangan tergores roda batu gerinda yang berputar. Percikan api mengenai muka/badan. Asap mengganggu pernafasan.	Menggunakan APD sarung tangan kulit, masker kain, kacamata keselamatan dan stoking lengan yang disediakan. Memastikan exhaust ruangan sudah dinyalakan. Memastikan kaca penahan percikan api pada mesin gerinda terpasang dengan benar.	
3.	Meletakkan batang besi cor yang sudah dihaluskan ke sisi kiri mesin gerinda.	Tangan tergores ujung batang besi cor yang tajam. Batang besi cor jatuh mengenai kaki.	Menggunakan APD sarung tangan kulit, sepatu keselamatan dan stoking lengan yang disediakan.	
Disusun Petugas K3	Diperiksa Kabag HRD	Disetujui Kabag Produksi	Ditinjau	
Nama : Tanggal :	Nama : Tanggal :	Nama : Tanggal :		

11.3.3. Contoh Work Permit pada Ruang Khusus

	Ahli K3 Umum	SURAT IZIN PEKERJAAN RESIKO TINGGI						No Dok : OHS/R001
								No Rev : 0
								Tgl Rilis : 01 April 2013
								Hal : 1 dari 1
Nomor : /IK/OHS/XI/2013								Tanggal :
A. KLASIFIKASI PEKERJAAN								
Kerja Panas <input type="checkbox"/>	Kerja Listrik <input type="checkbox"/>	Ketinggian <input type="checkbox"/>	Alat Berat <input type="checkbox"/>	Perpipaan <input type="checkbox"/>	Tangki <input type="checkbox"/>	Ruang Terbatas <input type="checkbox"/>	Galian <input type="checkbox"/>	
B. INFORMASI PEKERJAAN								
Pekerjaan : Lokasi : Area : Plant : Nama Manajer Area : Telp Manajer Area : Nama Pemohon : Telp Pemohon : Pengawas : Telp Pengawas : Petugas K3 : Telp Petugas K3 : Perusahaan Pemohon :				Daftar Pekerja	Jumlah			
Engineer								
Surveyor								
Operator Alat Berat								
Rigger								
Teknik Elektrik								
Mekanik								
Welder								
Filter								
Tukang Bangunan								
Tukang Kayu								
Helper								
Lainnya :								
C. PERLENGKAPAN KERJA								
Alat	Jml	Mesin	Jml	Material	Jml	Alat Berat	Jml	
* Semua perlengkapan kerja diperiksa oleh Petugas K3.								
D. KESELAMATAN KERJA								
No	Aktivitas	Potensi Bahaya		Langkah Aman Pekerjaan				
*Identifikasi bahaya dijadikan sebagai pedoman bekerja secara aman dan selamat.								
E. PERALATAN KESELAMATAN								
Alat Pelindung Diri				Perlengkapan Keselamatan & Darurat				
[] Helm	[] Earplug / Earmuff	[] Pelampung	[] Pemadam Api (APAR, Karung Goni Basah)					
[] Kacamata	[] Sarung Tangan Katun	[] Boju Lab	[] Barikade (Garis Tanda Bahaya)					
[] Goggle	[] Sarung Tangan Kartet	[] Sepatu Keselamatan	[] Rambu/Tanda Keselamatan					
[] Tameng Muka	[] Sarung Tangan Kulit	[] Sepatu Boots	[] LOTO (Lock Out Tag Out)					
[] Kap Las	[] Sarung Tangan Las	[] Tabung Pernafasan	[] Radio Telekomunikasi					
[] Masker Kain	[] Sabuk Keselamatan	[] Apron	[] Jaring/Tali Keselamatan					
[] Masker Kimia	[] Full Body Harness	[] Lainnya :	[] Lainnya :					
*Seluruh peralatan keselamatan yang diharuskan harus disiapkan sebelum memulai pekerjaan dan diperiksa oleh petugas K3.								
F. VALIDASI IZIN KERJA								
Izin Diberikan		Izin Lembar			Izin Dibatalkan			
Mulai Jam :	Mulai Jam :				Jam :			
Sampai Jam :	Sampai Jam :				Keterangan :			
Disiapkan	Disiapkan				Disiapkan			
Pemohon	Pemohon				Pemohon			
Nama :	Nama :				Nama :			
Tanggal :	Tanggal :				Tanggal :			
Diperiksa	Diperiksa				Diperiksa			
Pengawas K3	Pengawas K3				Pengawas K3			
Nama :	Nama :				Nama :			
Tanggal :	Tanggal :				Tanggal :			
Mengetahui	Mengetahui				Mengetahui			
Manajer Area	Manajer Area				Manajer Area			
Nama :	Nama :				Nama :			
Tanggal :	Tanggal :				Tanggal :			
*Catatan Lain :								
* Putih untuk Pengawas K3, Kuning untuk Pemohon, Merah untuk Manajer Area.								

BAB XII

P3K PADA K3 KERJA LISTRIK

12.1. Latar Belakang

Kecelakaan merupakan kejadian yang tidak direncanakan dan tidak dikehendaki oleh setiap orang yang dapat menyebabkan cidera, sakit, atau kerusakan material. Kecelakaan bisa terjadi dimana saja seperti di rumah, di jalan, di tempat kerja bahkan di sekolah. Korban yang mengalami kecelakaan atau cedera memerlukan pertolongan dari dokter atau paramedis. Namun kadang jarak antara korban dan klinik atau rumah sakit lumayan jauh dan memerlukan waktu untuk mengantar korban ke tempat tersebut, sedangkan korban yang terluka harus ditangani dengan segera agar tidak menimbulkan luka atau cedera yang lebih parah. Maka dari itu, diperlukan tindakan pertolongan dan perawatan sementara terhadap korban kecelakaan sebelum mendapat pertolongan yang lebih sempurna dari dokter atau paramedik. Tindakan ini disebut Pertolongan Pertama. Pertolongan Pertama ini dapat dilakukan oleh orang yang berada di dekat korban atau keluarga penderita tersebut.

Namun, mereka yang berupaya memberikan Pertolongan Pertama memiliki berbagai tingkat pengetahuan medis, mulai dari yang tidak ada sampai mereka yang paham dan terlatih tentang medis. Bagi mereka yang tidak paham, tentu diperlukan pengetahuan lebih untuk dapat melakukan pertolongan pertama. Pengetahuan ini dapat diperoleh melalui pembelajaran ataupun pelatihan

Terutama pada bidang kelistrikan ini banyak sekali yang kurang memahami bagaimana cara melakukan pertolongan pertama terhadap irng yang tersengat listrik, karena banyak sekali masyarakat ataupun orang awam yang tidak mengerti dan ingin menolong malah dirinya pun ikut tersengat listrik dan itu sangat mebahayakan dirinya dan juga orang yang tolong. Maka dari itu pembelajaran ini sangat amat penting untuk diperhatikan untuk para teknisi listrik yang sedang proses belajar.

12.2. Keselamatan Kerja pada Kelistrikan

A. Keselamatan Kerja

Banyak hal bisa saja terjadi berkenaan dengan keselamatan kerja listrik di tempat kerja. Beberapa cukup serius efeknya, dan beberapa lagi berbentuk masalah umum. Potensi bahaya yang mungkin didapati yaitu : tersengat listrik (Electric shock), terserang percikan bunga api (Arc Flash) dan ledakan bunga api (Arc Blast), dan Api. Yang pertama yaitu masuk kelompok masalah umum, tetapi tiga yang paling akhir yaitu Arc Flash, Arc Blast dan Api adalah masalah beresiko serius.

Kenapa? Arc Flash atau percikan bunga api pemicunya yaitu arus pendek listrik diatas 10. 000F (lebih panas dari permukaan matahari) yang bisa mengakibatkan luka bakar pada badan manusia. Sedang Arc Blast selain terjadi percikan bunga api yang dikarenakan oleh arus pendek sama juga dengan level Arc Flash (10. 000F) juga dibarengi level kebisingan meraih 1400db (decibel). Walau sebenarnya dengan kebisingan 140db saja Kamu dapat tuli. Desakan yang terjadi pada ledakan itu meraih 2160psi dalam jarak ledakan hanya sekitar 60cm. Pikirkan apabila jaraknya kian lebih 60cm?

Baik Arc Flash ataupun Arc Blast telah pasti punya potensi menimbulkan api yang bisa jadi lawan Kamu apabila terlalu besar. Saat ini setelah Kamu mengerti potensi bahaya pada keselamatan kerja listrik, sekurang-kurangnya Kamu memiliki bekal untuk melakukan tindakan lebih siaga dan waspada.

B. Efek Sengatan Listrik pada Badan Manusia

Manusia diciptakan Tuhan dengan kekuatan sebagai penghantar listrik. Namun masih tetap saja badan manusia miliki terbatasnya. Efek sengatan listrik pada badan manusia tidak sama reaksinya bergantung dari besarnya arus listrik yang tentang atau melalui badan manusia.

Kurang dari 1 ma, sensasi sengatan hanya terasa di tangan. Diatas 3 ma, berbentuk surprise yang merasa sakit dan mengakibatkan kecelakaan tidak segera. 10 Ma lebih, otot jadi kaku sampai tidak dapat melepas penghantar.

Apabila kian lebih 30 ma, terjadi kelumpuhan pada otot pernapasan (paru-paru). Diatas 50 ma, peluang terjadinya masalah irama pada salah satu bilik jantung Kamu

(ventrikel). Pada 100 ma sampai 4 A, pastinya menganggu irama salah satu bilik jantung (ventrikel)

C. Keselamatan Kerja Listrik yang Aman

Listrik dapat disebutkan keperluan primer dalam semua bagian kerja, baik rumah tangga, kantor ataupun operasional di lapangan, maka penggunaan listrik tidak bisa dijauhi lagi. Tetapi keselamatan kerja listrik baiknya janganlah Kamu tinggalkan untuk membuat kerja aman dengan listrik.

Beberapa prosedur keselamatan kerja listrik yang umum diaplikasikan yaitu :

1. Buat Ijin Kerja untuk Overhead Power Line Memerhatikan jarak / radius aman dan aksi aman yang direferensikan ketika lifting equipment tersangkut ke kabel listrik di atasnya.
2. Pakai ELCB (EarthLeakage Circuit Breaker) Perlengkapan yang berperan mengalihkan sengatan listrik lewat cara pengaliran arus yang ke badan menuju ke grounding.
3. Pasangi Semua Sirkuit dengan Pelindung ELCB. Sirkuit yang dilindungi oleh ELCB harus diuji setiap lagi enam bln. sekali.
4. fPeriksa Check Tag Validity. Sebelumnya memakai alat listrik portable harus melakukan visual inspection (inspeksi kasat mata) dengan mengecek Check Tag Validity-nya. Mungkin ada kabel mengelupas, plug tidak komplit, dsb.
5. Melakukan Tagging Per-tiga Bulanan Sesuai Standard Internasional. Mengecek semua perlengkapan listrik per-tiga bulanan, lalu mentagging alat yang masihlah layak gunakan. Kode taggingnya : Januari-Maret warna merah, April-Juni warna hijau, Juli-September warna biru, dan Oktober-Desember warna kuning.
6. Tutup perlengkapan listrik dengan panel/switchgear. Mempunyai tujuan mengamankan perlengkapan listrik yg tidak mencukupi.

12.3. P3K pada Kecelakaan Kerja Listrik

A. Menurut PUIL 2000 (Pertolongan pertama pada kecelakaan listrik)

Pada peristiwa kecelakaan terkena aliran listrik, biasanya penderita terjatuh setelah aliran listrik putus. Jika tempat kejadian itu membahayakan, misalnya di atas tiang, atap yang landai, atau kuda-kuda bangunan, sering orang mengalami kecelakaan yang lebih berat. Dalam hal ini pertolongan pertama pada kecelakaan (PPPK) yang

dilakukan oleh seorang ahli atau pembantu dokter, tidak dimaksudkan untuk mengambil alih tugas dokter melainkan semata-mata merupakan pertolongan darurat sampai dokter datang.

B. Cara membebaskan penderita dari aliran listrik

Untuk memutuskan hubungan antara penderita dan penghantar, dilakukan cara seperti berikut:

1. sedapat mungkin penghantar harus dibuat bebas tegangan dengan jalan memutuskan sakelar atau melepaskan gawai pengaman. Atau penghantar ditarik sampai terlepas dari penderita dengan menggunakan benda kering bukan logam, misalnya sepotong kayu atau seutas tali yang diikatkan pada penghantar.
2. penderita ditarik dari tempat kecelakaan
3. penghantar dilepaskan dari tubuh penderita dengan tangan yang dibungkus dengan pakaian kering yang tebal / bahan apapun yg bersifat Isolator yang baik agar muatan listrik tidak merembet / perpindah
4. penghantar dihubung pendekkan atau dibumikan.
5. Penolong harus mengamankan diri dahulu untuk menghindarkan atau mengurangi pengaruh arus listrik. Ia harus menempatkan diri pada papan yang kering, kain kering, pakaian kering atau alas serupa itu yang bukan logam pakaian kering atau alas serupa itu yang bukan logam (kayu, karet). Jika hal itu tidak mungkin, kedua tangan penolong dibalut dengan kain kering, pakaian kering atau bahan kering serupa itu (kertas, karet) yang bersifat Isolator. Pada saat memberikan pertolongan, penolong harus menjaga diri agar tubuhnya jangan bersentuhan dengan benda logam.

C. Pertolongan pertama pada penderita luka

Luka tidak boleh disentuh dengan tangan Basuhlah luka dengan air dan obat antiseptik bila luka tampak kotor. Tutuplah segera luka dengan pembalut luka yang steril dan kering; jangan membalut luka dengan bahan lain seperti saputangan, kain bekas, atau pita. Apabila bahan yang steril tidak tersedia, lebih baik luka dibiarkan terbuka. Pembalut luka hanya dapat menahan luka yang dangkal. Pada waktu membalut luka, usahakan agar bagian badan yang terluka diangkat ke atas. Apabila luka sangat dalam dan banyak mengeluarkan darah, cegahlah pendarahan seperti itu dengan cara menutupi luka

tersebut dengan kain yang bersih dan steril agar darah tidak terus mengalir dan membahayakan si korban.

D. Tools yang harus dipersiapkan sesuai PUIL 2000

1. Tersedianya alat untuk pertolongan.
2. Setiap kecelakaan yang membutuhkan pengobatan, pertolongan, atau perawatan, terlebih dulu harus dilaporkan secepat mungkin kepada orang yang diberi wewenang mengepalai pekerjaan yang bersangkutan, yang selanjutnya akan melaporkan kejadian itu secara terinci kepada ahli teknik atasannya.
3. Setiap kecelakaan harus dicatat dalam sebuah buku statistik kecelakaan, yang antara lain harus berisi data berikut :
 - a. nomor urut
 - b. nama penderita,
 - c. jam, hari, tanggal, dan tahun terjadinya kecelakaan,
 - d. sebab kecelakaan,
 - e. macam dan akibat kecelakaan,
 - f. pertolongan pertama yang diberikan dengan menyebutkan jam, tanggal, dan
 - g. macam pertolongan pertama tersebut,
 - h. nama saksi yang melihat kecelakaan, dan
 - i. keterangan lain yang diperlukan.
4. Ruang kerja listrik yang dengan teratur dan terus-menerus dilayani dan dijaga oleh petugas, misalnya pusat pembangkit listrik, gardu induk, gardu hubung, bengkel listrik dan gudang, harus dilengkapi perlengkapan pencegah bahaya kebakaran. Di tiap ruang harus tersedia alat pemadam kebakaran racun api (brandblusser) dengan isi obat racun api yang cukup, sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
5. Ruang kerja listrik yang dengan teratur atau terus menerus dilayani atau dijaga oleh petugas, seperti pusat pembangkit listrik, gardu induk, gardu hubung, dan bengkel listrik, harus dilengkapi perlengkapan kecelakaan seperti obat-obatan (PPPK), tanda, tandu, dan lain sebagainya.
6. Pada ruang kerja listrik berbahaya seperti pusat pembangkit listrik, gardu induk, gardu hubung, gardu distribusi, bengkel listrik, gudang listrik harus dipasangi papan larangan masuk bagi setiap orang yang bukan petugas (yang tidak berkepentingan).

7. Dalam ruang kerja listrik berbahaya para petugas harus menggunakan pakaian kerja yang baik, kering dan cocok menurut keadaan iklim dan aman sesuai dengan sifat pekerjaan yang dihadapi.
8. Selain ketentuan di atas harus diperhatikan pula peraturan keselamatan kerja yang dikeluarkan oleh pemerintah

E. Penanganan pertama terhadap korban kejut listrik

Penyelamatan pada korban kecelakaan kejut listrik dapat mengagetkan korban dan menghentikan nafas korban. Berikut langkah-langkah ditempuh untuk memberikan pernafasan buatan:

1. menyadarkan kembali korban
2. segera cari pertolongan
3. periksa reaksi, goyang dengan pelan dan teriak dengan keras, bila tidak ada reaksi, maka lakukan hal sebagai berikut:

1) Pertama



- letakkan korban pada sisinya,
- buka mulutnya dan periksa benda-benda asing,
- bila ada, bebaskan jalan pernafasan dengan jari.

2) Kedua



- baringkan korban pada punggungnya,
- angkat kepalanya ke belakang dan angkat dagunya ke depan.

3) Ketiga



- periksa nafas, periksa gerakan di dada, Dengarkan dan rasakan adanya nafas,
- bila tidak ada nafas, maka pencet hidung sampat tertutup dengan ibu jari dan telunjuk, tiup ke dalam mulut korban.

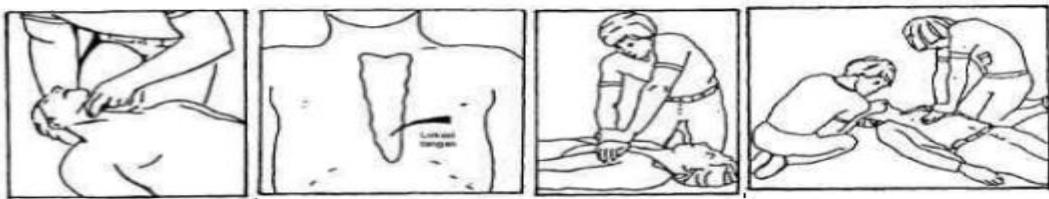
4) Keempat



Berikan dengan cepat 5 kali tiupan pernafasan, dan diikuti dengan satu pernafasan setiap 5 detik (12 kali per menit).

CATATAN Untuk anak di bawah 2 tahun letakkan mulut anda pada hidung dan mulut korban dan berikan 20 tiupan rinnan per menit

5) Kelima



Periksa denyut carotid.

Bila tidak ada denyut, letakkan tangan anda di tulang dada sebelah bawah.

Satu orang operator:
Berikan 15 kali tekanan pada jantung, diikuti dengan 2 kali pernafasan dengan cepat. Lepaskan tekanan pada jantung 5 cm sebanyak 80 tekanan per menit.

Dua orang operator:
Berikan 5 kali tekanan jantung, selanjutnya satu pernafasan penuh tanpa interupsi pada tekanan jantung dengan kecepatan 60 tekanan per menit.

6) Keenam



- Bila denyut korban dan pernafasan alamiah telah kembali, hentikan penyadaran kembali, dan letakkan korban pada posisi *recovery* atau posisi koma.
- Perhatikan terus korban, untuk memastikan dia tidak berhenti bernafas lagi, sampai perawat ahli mengambil alih.

Gambar 12. 1 Penanganan Pertama Terhadap Korban Kejut Listrik

4. Periksa denyut setelah 1 menit pertama, selanjutnya setiap 3 menit. Bila denyut kembali, teruskan pernafasan mulut ke mulut sampai pernafasan kembali.

CATATAN Informasi ini hanya merupakan suatu panduan. Disarankan agar petugas yang berhubungan dengan pekerjaan pemasangan atau perawatan instalasi listrik, memperoleh pelatihan resmi mengenai cara-cara terbaru pertolongan menyadarkan kembali korban.

BAHAYA :

1. Usahakan keselamatan anda sendiri dan keselamatan korban dan orang-orang sekeliling.
2. Tegangan tinggi, tunggu sampai suplai daya diputuskan.

Tegangan rendah, segera matikan suplai daya. Bila hal ini tidak dapat dilakukan, maka tarik atau dorong korban dari hubungan listrik memakai bahan tidak konduktif yang kering seperti kayu, tali, pakaian, plastik atau karet. Jangan mempergunakan metal atau apapun yang lembab.

F. Macam-Macam Luka

1. Pendarahan di bagian Arteri

Pendarahan arteri dapat diketahui karena darah memancar dari luka, cobalah menghentikannya dengan membalut luka kuat-kuat dengan pembalut steril.

2. Luka pada Mata

Tutuplah kedua mata dengan kasa steril meskipun cuma satu mata yang terluka.

Jika luka disebabkan oleh bahan kimia seperti soda, asam keras, amonia, cucilah mata dengan air bersih.

3. Luka Bakar

Jika pakaian dari orang yang bersangkutan masih terbakar, cegahlah orang tersebut berlari-lari. Lemparkan ke tanah, matikan nyala api dengan membungkus orang tersebut dengan selimut, atau menggulingkan badan orang tersebut ke tanah. Bekasbekas pakaian terbakar yang masih menempel pada badan tidak boleh dihilangkan. Kulit yang melembung tidak boleh disudat/dipecahkan. Balutlah luka bakar dengan pembalut khusus untuk luka bakar (konsteril) dan balut longgar.

4. Luka Bakar akibat Bahan sengatan listrik

Apabila luka bakar di bagian luar, maka buka pakaian penderita dan segera siram dengan air bersih yang banyak tersebut. Setelah itu balut luka seperti halnya luka bakar api lalu bawa kerumah sakit

5. Pendarahan Dalam

Baringkan penderita dan jaga agar penderita tetap tenang. Hanya dokter yang dapat menolong atau kirim segera penderita ke rumah sakit.

6. Patah Tulang

Tulang yang patah harus diusahakan agar jangan banyak berberak. Bandutlah bagian itu pada bidai (splints), meskipun belum tentu tulangnya patah. Untuk lengan yang patah cukup dipakai satu papan bidai saja, sedangkan untuk kaki diperlukan dua atau tiga papan dan segera dilarikan ke rumah sakit.

7. Nafas Terhenti akibat kejut Listrik

Penyelamatan pada korban kecelakaan kejut listrik dapat mengagetkan korban dan menghentikan nafas korban. Berikut langkah-langkah ditempuh untuk memberikan pernafasan buatan:

- a. menyadarkan kembali korban,

- b. segera cari pertolongan,
- c. periksa reaksi, goyang dengan pelan dan teriak dengan keras, bila tidak ada reaksi, maka lakukan hal sebagai berikut:

Langkah pertama: Tekan atau kompresi dada

- 1) Cara melakukannya, yakni dengan membaringkan tubuh orang yang akan ditolong di atas permukaan yang keras. Lalu Anda bisa berlutut di samping leher dan bahu orang itu. Letakkan satu telapak tangan Anda di atas dada bagian tengahnya, tepatnya di antara puting, dan letakkan telapak tangan kedua Anda di atas tangan pertama. Pastikan posisi siku Anda lurus dan bahu berada tepat di atas tangan Anda.
- 2) Setelah itu, Anda bisa mulai menekan dada sedalam kira-kira 5 cm sebanyak 30 kali atau sekitar 100 hingga 120 kali per menit, dengan kecepatan satu hingga dua tekanan per detik. Saat menekan, gunakan kekuatan tubuh bagian atas Anda, jangan hanya mengandalkan kekuatan lengan, agar tekanan yang dihasilkan lebih kuat.
- 3) Kemudian cek apakah sudah terlihat tanda-tanda dia bernapas atau menunjukkan respon. Jika belum, Anda bisa memberikan napas buatan jika merasa kompeten atau Anda bisa lanjutkan proses kompresi dada saja hingga tenaga medis datang.
- 4) Sebagai orang awam, Anda bisa memberikan CPR dengan cara ini saja. Namun jika Anda sudah terlatih atau pernah mengikuti pelatihan CPR, Anda bisa melanjutkan langkah berikutnya.



Langkah kedua: Buka saluran pernapasan

Setelah menekan dada telah dilakukan, langkah selanjutnya adalah membuka saluran napas dengan cara mendongakkan kepalanya, lalu letakkan telapak tangan Anda di dahinya. Lalu angkat dagunya secara lembut untuk membuka saluran napas.

Langkah ketiga: Beri napas buatan dari mulut ke mulut

- 1) Pemberian napas buatan bisa dilakukan dari mulut ke mulut, atau dari mulut ke hidung, terutama jika mulut terluka parah atau tidak bisa dibuka.
- 2) Setelah mengamankan saluran pernapasan orang yang hendak ditolong, Anda bisa memberikan pernapasan buatan, dengan catatan Anda sudah terlatih. Cara

memberikannya adalah dengan menjepit hidungnya, lalu tempatkan mulut Anda ke mulutnya. Berikan dia napas atau udara dari mulut Anda sebanyak dua kali, sambil melihat apakah bagian dadanya terangkat seperti orang bernapas atau belum. Jika belum, coba perbaiki posisi lehernya, atau periksa kembali apakah terdapat sumbatan pada jalan napasnya.

- 3) Setelah itu, ulangi proses kompresi dada sebanyak 30 kali yang diikuti oleh dua kali memberikan napas buatan. Proses ini dihitung sebagai satu siklus.
- 4) Anda bisa melanjutkan CPR hingga ada gerakan tubuh atau hingga tenaga medis datang.
- 5) Teknik ini bisa diterapkan pada orang dewasa dan remaja yang tidak sadarkan diri. Pemberian CPR untuk bayi dan anak-anak berbeda dengan yang telah dijelaskan di atas.

12.4. Pelaporan Kecelakaan Kerja

Setiap kecelakaan yang membutuhkan pengobatan, pertolongan, atau perawatan, terlebih dulu harus dilaporkan secepat mungkin kepada orang yang diberi wewenang mengepalai pekerjaan yang bersangkutan, yang selanjutnya akan melaporkan kejadian itu secara terinci kepada ahli teknik atasannya kecelakaan yang terjadi harus dicatat dalam sebuah buku statistik kecelakaan, yang antara lain harus berisi data berikut:

Nomor Urut

- Bila denyut korban dan pernafasan alamiah telah kembali, hentikan penyadaran kembali, dan letakkan korban pada posisi recovery atau posisi koma.
- Perhatikan terus korban, untuk memastikan dia tidak berhenti bernafas lagi, sampai perawat ahli mengambil alih.
- Nama penderita
- Jam, hari, tanggal, dan tahun terjadinya kecelakaan
- Sebab kecelakaan
- Macam dan akibat kecelakaan,
- Pertolongan pertama yang diberikan dengan menyebutkan jam, tanggal, dan macam pertolongan pertama tersebut
- Nama saksi yang melihat kecelakaan, dan Keterangan lain yang diperlukan yang membantu dalam pelaporan.