



TUGAS AKHIR – RC18-4803

**PERANCANGAN ALTERNATIF GEOMETRI JALAN
REL UNTUK REAKTIVASI JALUR KERETA API
YOGYAKARTA–BANTUL**

ARLAGANT ANAKINDSI
NRP. 03111540000109

Dosen Pembimbing I:
Ir. Wahyu Herijanto, MT.

Dosen Pembimbing II:
Budi Rahardjo, ST., MT.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020



TUGAS AKHIR – RC18-4803

**PERANCANGAN ALTERNATIF GEOMETRI JALAN
REL UNTUK REAKTIVASI JALUR KERETA API
YOGYAKARTA–BANTUL**

ARLAGANT ANAKINDSI
NRP. 03111540000109

Dosen Pembimbing I:
Ir. Wahyu Herijanto, MT.

Dosen Pembimbing II:
Budi Rahardjo, ST., MT.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020



FINAL PROJECT – RC18-4803

**THE PLANNING OF YOGYAKARTA – BANTUL
RAILWAY AS A PART OF REACTIVATION
YOGYAKARTA – PALBAPANG RAILWAY**

ARLAGANT ANAKINDSI
NRP. 03111540000109

Supervisor I:
Ir. Wahyu Herijanto, MT.

Supervisor II:
Budi Rahardjo, ST., MT.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering, Planning, and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

**PERANCANGAN ALTERNATIF GEOMETRI JALAN
REL UNTUK REAKTIVASI JALUR KERETA API
YOGYAKARTA-BANTUL**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Transportasi
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihutan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ARLAGANT ANAKINDSI

NRP. 03111540000109

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Ir. Wahyu Herijanto, MT

Budi Rahardjo, ST, MT



SURABAYA
JANUARI 2020

PERANCANGAN ALTERNATIF GEOMETRI JALAN REL UNTUK REAKTIVASI JALUR KERETA API YOGYAKARTA–BANTUL

Nama Mahasiswa	: Arlagant Anakindi
NRP	: 03111540000109
Departemen	: Teknik Sipil FTSLK – ITS
Dosen Pembimbing	: Ir. Wahyu Herijanto, MT. Budi Rahardjo, ST. MT.

ABSTRAK

Kota Yogyakarta adalah ibu kota dan pusat pemerintahan Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia, yang merupakan salah satu kota terbesar di Indonesia. D.I.Yogyakarta merupakan salah satu ikon budaya sekaligus parawisata di Indonesia. Pertumbuhan ekonomi yang pesat di Yogyakarta mengakibatkan urbanisasi yang tinggi sehingga secara tidak langsung berpengaruh terhadap kebutuhan pergerakan penduduk yang semakin meningkat, baik penduduk dari dalam Kota Yogyakarta maupun dari sekitar Kota Yogyakarta. Begitupun Bantul menjadi salah satu tujuan para wisatawan untuk menikmati keunikan budaya dan keindahan alamnya, serta dibutuhkannya sarana transportasi massal untuk menunjang kemudahan menuju lokasi tersebut dengan mudah. Maka Pemerintah merencanakan untuk mengaktifkan kembali jalur kereta yang sudah tidak aktif. Yogyakarta dengan keistimewaan daerahnya memiliki tingkat tarikan perjalanan yang cukup tinggi baik untuk tujuan pergerakan wisata, pendidikan maupun perdagangan. Hal ini mengakibatkan tingginya mobilitas masyarakat di Kota Yogyakarta baik mobilitas dari masyarakat dari dalam Kota Yogyakarta maupun kota-kota sekitarnya yang menghambat perkembangan sektor kereta api yang seharusnya dapat dimanfaatkan sebagai moda transportasi massal.

Metode yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan dengan mengumpulkan data primer dan data

sekunder, menentukan alternative trase dan dipilih beberapa alternatif trase yang terbaik dengan menggunakan Multi Criteria Analysis (MCA) ditinjau dari kondisi eksisting yang sudah ada, merancang geometrik dari trase yang terpilih dan merencanakan konstruksi jalan rel yang berpedoman pada TCRP Report 155 dan Peraturan Menteri No.60 tahun 2012 serta sumber terkait lainnya.

Hasil dari tugas akhir ini adalah rencana trase Yogyakarta – Bantul menggunakan trase eksisting yang didapat berdasarkan parameter yang telah ditentukan. Jalur kereta api didesain menggunakan jenis rel R115E dengan lebar sepur 1435 mm, kecepatan kereta 40km/jam, jenis penambat pandrol elastik ganda, panjang trase yang dirancang adalah sepanjang 15 km menggunakan bantalan beton dengan jarak 60 cm.

Kata kunci: Yogyakarta, Bantul, Reaktivasi Jalan Rel, Penentuan alternatif trase, geometrik jalan rel, konstruksi jalan rel.

THE PLANNING OF YOGYAKARTA – BANTUL RAILWAY AS A PART OF REACTIVATION YOGYAKARTA– PALBAPANG RAILWAY

Nama Mahasiswa	: Arlagant Anakindsi
NRP	: 03111540000109
Departemen	: Teknik Sipil FTSLK – ITS
Dosen Pembimbing	: Ir. Wahyu Herijanto, MT. Budi Rahardjo, ST. MT.

Abstract

Yogyakarta is the capital and center of the Special Region of Yogyakarta government which is classified as one of the largest cities in Indonesia. D. I. Yogyakarta also acts as Indonesia's cultural and tourism icon. Rapid economic growth in Yogyakarta has resulted an increase in urbanization, indirectly affecting population that commute around Yogyakarta. On the other hand, Bantul, a city near Yogyakarta, is a destination for tourists to enjoy its cultural uniqueness and natural beauty. To support the tourism industry, efficient mass transportation facility is needed. The government has planned to reactivate the inactive railroad. Yogyakarta has numerous travel attraction purposes, such as tourism, education and trades. This affected high mobility level in Yogyakarta and its suburbs, inhibiting the development of train sector which instead could be utilized as a dependable mass transportation mode. The method used to solve this problem is by collecting primary and secondary data, finding alternative alignments and determining best alternative alignments based on existing condition, designing the geometry of selected track and planning the construction of the railroad. This final project will results illustrations for railroad profile plans, alignment calculation and the shape of the 1435mm railroad structure.

The result of this final project is the Yogyakarta - Bantul alignment plan using the existing trace obtained based on

predetermined parameters. The railroad was designed using the R115E rail type with a rail width of 1435 mm, a train speed of 40 km / h, a double elastic fastening type, the length of the designed trace was 15 km long using concrete bearings with a distance of 60 cm.

Keywords: Yogyakarta, Bantul, Railroad Reactivation, Alternative Alignment, Railroad Geometric, Railroad Construction.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Perancangan Geometri Jalan Rel Yogyakarta - Bantul Sebagai Bagian Reaktivasi Jalan Rel Yogyakarta – Palbapang (Bantul)” tepat pada waktunya.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini tidak akan mampu diselesaikan tanpa arahan, bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah Subbanallahu Wa Ta’ala yang telah memudahkan hamba-Nya dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Orang tua yang tiada hentinya selalu mendukung dan mendoakan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ir. Wahyu Herijanto, MT. selaku dosen wali penulis yang telah memberikan arahan selama masa perkuliahan di Jurusan Teknik Sipil ITS.
4. Ibu Ir. Hera Widyastuti, MT, Ph.D selaku dosen mata kuliah Teknik Penulisan Ilmiah.
5. Bapak Ir. Wahyu Herijanto, MT. selaku dosen konsultasi, yang senantiasa membimbing penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir dengan sabar dan rendah hati.
6. Bapak Budi Rahardjo, ST. MT. selaku dosen konsultasi, yang senantiasa membimbing penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir dengan sabar dan rendah hati.
7. Teman-teman SMA yang terus mendukung dan memberikan semangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Teman-teman S-58 yang telah berjuang bersama-sama menyelesaikan studi di Departemen Teknik Sipil ITS.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini. Akhir kata penulis mengharapkan, semoga Tugas Akhir ini dapat memenuhi

harapan dan bermanfaat bagi kita semua, khususnya mahasiswa Teknik Sipil.

Surabaya, Januari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan	4
1.4. Manfaat	4
1.5. Ruang Lingkup	5
1.6. Lokasi.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Umum.....	7
2.2 Studi Literatur.....	7
2.3. Perencanaan Trase Jalan Rel	9
2.4. Geometrik Jalan Rel	10
2.4.1. Lebar Sepur.....	11
2.4.2. Alinyemen Horizontal.....	11
2.4.3. Alinyemen Vertikal.....	15
2.4.4. Kelandaian Medan	17
2.4.5. Lengkung Vertikal	18
2.5. Perencanaan Kontruksi Jalan Rel	18

2.5.1.	Kecepatan dan Beban Gandar	19
2.5.2.	Standart Jalan Rel	19
2.5.3.	Pengalokasian Ruang Operasi	19
2.6.	Komponen Struktur Rel.....	21
2.6.1.	Penentuan Dimensi Rel.....	21
2.7	Bantalan Rel	25
2.7.1.	Syarat Bantalan Beton.....	25
2.7.2.	Kontrol Kekuatan Bantalan Beton	26
2.8	Komponen Penambat Rel	28
2.9	Sambungan Rel.....	28
2.10	Lapisan Balas dan Sub Balas	29
2.10.1	Sub Balas	30
2.10.2	Balas	31
2.11	Wesel.....	32
BAB III METODOLOGI		35
3.1.	Umum.....	35
3.2.	Diagram Alir	35
3.3.	Langkah Perencanaan	36
3.3.1.	Indentifikasi Masalah	36
3.3.2.	Studi Pustaka.....	36
3.4.	Pengumpulan Data.....	36
3.5.	Konsep Reaktivasi	37
3.6.	Perencanaan Trase	37
3.7	Perancangan Geometri Jalan Rel	37

3.8	Perencanaan Konstruksi Jalan Rel	38
BAB IV ANALISIS DAN PERENCANAAN		41
4.1.	Evaluasi Trase	41
4.2.	Penentuan Alternatif Trase Terpilih.....	62
4.2.1	Analisis Trase Alternatif	62
4.2.1	Penentuan Skala Numerik	63
4.2.2	Matriks <i>Pairwise Comparison</i>	64
4.2.3	Menghitung Bobot Relatif.....	66
4.2.4	Analisis Alternatif Trase Eksisting.....	68
4.2.5	Analisis Alternatif Trase 1	68
4.2.6	Trase Terpilih.....	69
4.3	Kesimpulan dan Moda Yang Digunakan	69
4.4.	Perencanaan Geometrik	70
4.4.1	Perhitungan Sudut Azimuth dan Sudut Tikungan ..	71
4.4.2.	Perhitungan Lengkung Horizontal	74
4.4.3.	Alinyemen Vertikal.....	78
4.5.	Konstruksi Struktur Jalan Rel	81
4.5.1	Kecepatan Rencana	81
4.5.2	Beban Gandar	81
4.5.3	Rencana Dimensi Profil Rel	81
4.5.4.	Penentuan Tipe Bantalan.....	83
4.5.5.	Penambat Rel	89
4.5.6.	Perencanaan Balas dan Sub Balas	89
4.5.7.	Perencanaan Peron	92

4.5.8. Perencanaan Wesel	95
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	105
5.1. Kesimpulan.....	105
5.2. Saran.....	106
DAFTAR PUSTAKA	107

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Peta Jalur Kereta Eksisting Yogyakarta-Bantul.....	5
Gambar 2. 1	Lebar Jalan Rel dengan dimensi 1435 mm.....	11
Gambar 2. 2	Lengkung S	13
Gambar 2. 3	Lengkung horizontal dengan lengkung peralihan (Spiral-Circle-Spiral).....	14
Gambar 2. 4	Perencanaan Lengkung Vertikal.....	16
Gambar 2. 5	Lengkung Vertikal Cekung	17
Gambar 2. 6	Lengkung Vertikal Cembung	17
Gambar 2. 7	Ruang Bebas Lebar Rel 1435mm Pada Jalur lurus untuk jalur tunggal	20
Gambar 2. 8	Dimensi Penampang Rel	23
Gambar 2. 9	Posisi Beban pada Bantalan (Q)	27
Gambar 2. 10	Komponen Penambat Rel	28
Gambar 2. 11	Pengelasan sambungan rel menggunakan metode Flash Butt Welding	29
Gambar 2. 12	Lapisan Balas dan Sub Balas.....	30
Gambar 2. 13	Posisi Balas dan Sub Balas.....	32
Gambar 2. 14	Detail Komponen wesel	33
Gambar 3. 1	Diagram Alir Metodologi Tugas Akhir.....	35
Gambar 4. 1	Jalur Trase Eksisting Yogyakarta - Bantul	42
Gambar 4. 2	Gambar Trase Eksisting Yogyakarta - Bantul	63
Gambar 4. 3	Gambar Trase Alternatif 1 Yogyakarta - Bantul...	63
Gambar 4. 4	Light Rail Transit	69
Gambar 4. 5	Sampel Trase Pada Titik A, PI 1, PI 2 Mencari nilai ΔX dan ΔY	71
Gambar 4. 6	Ukuran Penampang Rel 115 RE.....	83
Gambar 4. 7	Bantalan Beton.....	84
Gambar 4. 8	Dimensi Bantalan dan Posisi Beban.....	86
Gambar 4. 9	Komponen Penambat Rel.....	89

Gambar 4. 10	Penampang Melintang Lebar Jalan Rel 1435mm	
	Sumber: TCRP Report 155 Track Design Handbook Light Rail	92
Gambar 4. 11	Dimensi Peron Stasiun Winongo.....	95
Gambar 4. 12	Jenis tipe rel 115 RE.....	96
Gambar 4. 13	Panjang Jarum Wesel	96
Gambar 4. 14	Panjang Lidah Wesel.....	97
Gambar 4. 15	Jari-jari wesel	98
Gambar 4. 16	Denah Stasiun Tugu Yogyakarta.....	99
Gambar 4. 17	Denah Stasiun Ngabean	100
Gambar 4. 18	Denah Stasiun Dongkelan	101
Gambar 4. 19	Denah Stasiun Winongo.....	102
Gambar 4. 20	Denah stasiun Bantul.....	102
Gambar 4. 21	Denah stasiun Palbapang.....	103

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penilaian MCA Trase Jalan Rel Yogyakarta – Parangtritis	10
Tabel 2. 2 Tabel Kelandaian Maksimum LRT.....	18
Tabel 2. 3 Lengkung Vertikal	18
Tabel 2. 4 Jarak Ruang Bangun	21
Tabel 2. 5 Karakteristik Penampang Rel.....	22
Tabel 2. 6 Tabel Klasifikasi jalan rel	23
Tabel 2. 7 Standar Saringan.....	30
Tabel 2. 8 Dimensi Penampang Rel Melintang.....	32
Tabel 2. 9 Nomor Wesel dan Kecepatan Ijin	33
Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Yogyakarta - Bantul...	43
Tabel 4. 2 Skala Numerik untuk Membandingkan Beberapa Kriteria	64
Tabel 4. 3 Penilaian Kriteria dengan Matriks Parwise Comparison	65
Tabel 4. 4 Peringkat Masing-masing Kriteria	66
Tabel 4. 5 Pembagian Batasan Tiap Kriteria	67
Tabel 4. 6 Penilaian Masing-masing Kriteria	67
Tabel 4. 7 Kriteria Kondisi Masing-masing Trase.....	67
Tabel 4. 8 Penilaian MCA Alternatif Eksisting.....	68
Tabel 4. 9 Penilaian MCA Alternatif 1	68
Tabel 4. 10 Data Teknis Kereta LRT.....	70
Tabel 4. 11 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Sudut Azimuth (α) dan Sudut Tikungan (Δ)	73
Tabel 4. 12 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Alinyemen Horizontal	77
Tabel 4. 13 Rekapitulasi Hasil Perhitngan Alinyemen Vertikal.....	80
Tabel 4. 14 PC Sleepers Dimension.....	84
Tabel 4. 15 PC Sleepers Dimension Specification.....	84

Tabel 4. 16 Perhitungan Fungsi Trigonometri Dari Momen di Bawah Rel dan Tengah Bantalan.....	87
Tabel 4. 17 Standar Saringan.....	91
Tabel 4. 18 Dimensi Peron	94
Tabel 4. 19 Data Wesel Stasiun Tugu Yogyakarta.....	99
Tabel 4. 20 Data Wesel Stasiun Ngabean	101
Tabel 4. 21 Data Wesel Stasiun Dongkelan.....	101
Tabel 4. 22 Data Wesel Stasiun Dongkelan	102
Tabel 4. 23 Data Wesel Stasiun Dongkelan.....	103
Tabel 4. 24 Data Wesel Stasiun Dongkelan	103

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kota Yogyakarta adalah ibu kota dan pusat pemerintahan Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia. Kota Yogyakarta adalah kediaman bagi Sultan Hamengkubuwana dan Adipati Paku Alam. Kota Yogyakarta merupakan salah satu kota terbesar di Indonesia dan kota terbesar keempat di wilayah Pulau Jawa bagian selatan setelah Bandung, Malang, dan Surakarta menurut jumlah penduduk. D.I.Yogyakarta merupakan salah satu ikon budaya sekaligus parawisata di Indonesia. Salah satu Pendapatan Asli Daerah terbesar untuk D.I.Y. disumbangkan oleh sektor jasa pariwisata. D.I.Yogyakarta terletak di bagian tengah-selatan Pulau Jawa, secara geografis terletak pada 8° 30' - 7° 20' Lintang Selatan, dan 109° 40' - 111° 0' Bujur Timur. Pertumbuhan ekonomi yang pesat di Yogyakarta, mengakibatkan urbanisasi yang tinggi dan secara tidak langsung berpengaruh terhadap kebutuhan pergerakan penduduk yang semakin meningkat, baik penduduk dari dalam Kota Yogyakarta maupun dari sekitar Kota Yogyakarta. Dalam Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) D.I. Yogyakarta, perkembangan kawasan di DIY ada pada pusat Kota Yogyakarta dan semakin berkembang pada koridor utara-selatan serta timur-barat. Banyaknya kendaraan bermotor yang beroperasi di daerah perkotaan Yogyakarta mengakibatkan peningkatan jumlah pergerakan. Hal ini dapat terlihat dari semakin padatnya jalanan oleh kendaraan dan waktu tempuh perjalanan yang semakin lama.

Begitupun Bantul menjadi salah satu tujuan para wisatawan untuk menikmati keunikan budaya dan keindahan alamnya, serta dibutuhkannya sarana transportasi massal untuk menunjang kemudahan menuju lokasi tersebut dengan mudah. Maka Pemerintah merencanakan untuk mengaktifkan kembali jalur kereta yang sudah tidak aktif. Yogyakarta dengan keistimewaan daerahnya memiliki tingkat tarikan perjalanan yang cukup tinggi baik untuk tujuan pergerakan wisata, pendidikan maupun perdagangan. Hal ini mengakibatkan tingginya mobilitas

masyarakat di Kota Yogyakarta baik mobilitas dari masyarakat dari dalam Kota Yogyakarta maupun kota-kota sekitarnya yang menghambat perkembangan sektor kereta api yang seharusnya dapat dimanfaatkan sebagai moda transportasi massal.

Sedangkan jalur kereta api Yogyakarta – Bantul, saat ini jalur yang ada sudah tidak beroperasi. Jalur kereta api Yogyakarta - Bantul adalah bagian dari segmen jalur kereta api Yogyakarta-Sewugalur yang mulai dioperasikan pada tahun 1895 dan untuk lintas Srandakan-Sewugalur, dioperasikan pada tahun 1915, berdasarkan pengajuan konsesi perusahaan swasta pengelola pabrik gula di Kabupaten Bantul sebagaimana disebut dalam *Gouvernement Besluit* No. 9 Tahun 1893, mulai beroperasi secara komersial pada tahun 1912–1919. Pada tahun 1943, Jepang membongkar jalur kereta api untuk segmen Palbapang-Sewugalur untuk keperluan membangun jalur kereta api romusha. Karena kalah bersaing dengan kendaraan pribadi maupun angkutan umum, PJKA akhirnya menutup jalur ini pada tahun 1973. Meskipun begitu, angkutan tetes tebu dari Pabrik Gula Madukismo masih dijalankan hingga dekade 1980-an.

Melihat hal tersebut, sesuai dengan Rencana Induk Perkeretaapian Nasional (RIPNas) tahun 2011 yang dikeluarkan oleh Ditjen Perkeretaapian Kementerian Perhubungan, dijelaskan bahwa pengembangan jaringan dan pelayanan transportasi kereta api perkotaan di daerah Yogyakarta dan sekitarnya akan dilakukan pada periode waktu 2017 sampai dengan 2020. Pengembangan perkeretaapian ini diharapkan dapat menyelesaikan permasalahan transportasi perkotaan dan mendorong terciptanya kota yang layak huni serta dapat melayani kebutuhan transportasi bagi pengguna dari dalam maupun luar kota Yogyakarta.

Apabila mengacu pada Studi Tinjau Ulang Tatravil Provinsi DIY 2012, kondisi transportasi kereta api saat ini digambarkan memiliki tingkat integrasi jaringan pelayanan dan jaringan prasarana transportasi antar moda yang masih relatif rendah, sehingga pelayanan dari pintu ke pintu (*door to door service*) sebagian belum dapat terwujud. Hal ini menyebabkan pengguna

angkutan umum yang semakin menurun karena aksesibilitas yang kurang dengan tidak terhubungnya dari pintu asal ke pintu tujuan. Selain itu, jaringan prasarana transportasi jalan saat ini belum sepenuhnya sesuai dengan kebutuhan angkutan penumpang dan barang, sehingga sebagian besar daerah terpencil belum terjangkau oleh pelayanan angkutan barang dan penumpang. Hal ini menyebabkan rendahnya ketertarikan masyarakat untuk menggunakan angkutan umum dan lebih memilih untuk diantar dengan kendaraan pribadi.

Maka untuk mengatasi permasalahan seperti akses pergerakan wisata, pendidikan maupun perdagangan di Kawasan Yogyakarta-Bantul adalah dengan mereaktivasi jaringan jalan rel di Yogyakarta-bantul dan pembangunan jaringan rel ini di titik beratkan pada angkutan massal yang terintegrasi dengan angkutan penumpang antar daerah maupun tempat pariwisata.

Adapun tujuan yang dicapai dalam reaktivasi jaringan jalan rel Yogyakarta-Bantul antara lain dari aspek ekonomi, memberikan dampak positif bagi pertumbuhan ekonomi antar wilayah di Yogyakarta, sehingga dapat meningkatkan taraf hidup masyarakat. Dan dari aspek transportasi dengan di aktifkannya kembali jalur kereta api Yogyakarta-Bantul menjadi solusi alternatif massal untuk mengurangi volume kendaraan di jalan raya.

Pada kondisi eksisting Perancangan Alternatif Geometri Jalan Rel untuk Reaktivasi Jalur Kereta Api Yogyakarta-Bantul, ada beberapa rute yang tidak dapat dilakukan pembangunan kembali, adapun salah satu contohnya yaitu dikarenakan terdapat kondisi rel yang telah tertanam dibawah perkerasan jalan. Sehingga pada rute-rute tersebut dialihkan ke rute alternatif yang akan direncanakan. Maka diperlukan survey atau evaluasi trase lama sebagai dasar menentukan pilihan alternatif yang baru. Perancangan tersebut berpedoman pada peraturan (PM No. 60 Tahun 2012) sebagai alternatif perancangan pengaktifan jalur rel lama Yogyakarta-Bantul

1.2. Rumusan Masalah

Perumusan permasalahan dalam pembuatan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perancangan geometri jalan rel yang sesuai kriteria sebagai alternatif untuk pengaktifan kembali jalur kereta api Yogyakarta Bantul ?
2. Berapakah jari-jari tikungan yang dihasilkan dari perancangan geometri jalan rel Yogyakarta-Bantul?
3. Berapa jumlah jenis tikungan yang dihasilkan dari perancangan geometri jalan rel Yogyakarta-Bantul?
4. Bagaimana Perencanaan Struktur jalan rel yang sesuai jalur kereta api Yogyakarta Bantul menurut Persyaratan peraturan yang ada?

1.3. Tujuan

Berdasarkan perumusan masalah tersebut, maka tujuan pembuatan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui perencanaan geometri jalan rel jalur Yogyakarta-Bantul sebagai usulan alternatif geometri jalan rel untuk pengaktifan kembali jalur rel Yogyakarta-Bantul.
2. Merencanakan jari-jari tikungan jalan rel antara Yogyakarta-Bantul yang sesuai topografi yang ada.
3. Mengetahui jumlah tikungan jalur kereta api Yogyakarta-Bantul.
4. Mengetahui struktur jalan rel yang sesuai pada jalur kereta api Yogyakarta-Bantul TCRP Report 155 dan Peraturan Menteri No. 60 tahun 2012?

1.4. Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah:

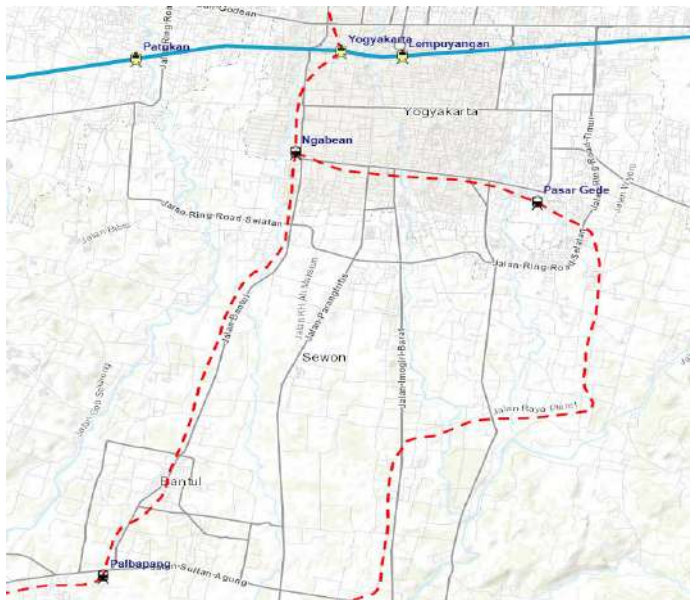
1. Mahasiswa dapat menambah wawasan dan mampu menerapkan teori-teori perkuliahan yang didapat.
2. Dapat menjadi referensi alternatif perancangan geometri jalan rel untuk reaktivasi jalur kereta api Yogyakarta-Bantul.

1.5. Ruang Lingkup

Tugas Akhir ini membahas tentang perancangan geometri jalan rel dan struktur rel kereta api pada jalur kereta api Yogyakarta-Bantul. Tidak melakukan perhitungan stasiun dipo, rumah sinyal, jumlah tarikan, drainase, Jembatan, ketinggian timbunan dan galian, dll.

1.6. Lokasi

Lokasi yang ditinjau dalam pembuatan Tugas Akhir ini adalah kondisi eksisting jalur tunggal sepanjang Yogyakarta – Bantul, seperti yang terlihat pada **Gambar 1.1**:



Gambar 1. 1 Peta Jalur Kereta Eksisting Yogyakarta-Bantul

Sumber:

<https://www.arcgis.com/home/item.html?id=d21eded5705f4a759e2a64a96594c68b>

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Pada bab ini berisi tentang dasar teori yang dijadikan sebagai acuan dalam perancangan geometri jalan rel.

Perancangan geometri jalan rel pada tugas akhir ini berpedoman pada Rencana Induk Perkeretaapian Nasional 2030 (RIPNAS 2030) yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Perkeretaapian, Kementerian Perhubungan pada tahun 2011, TCRP Repoert 155, Peraturan Menteri No. 60 Tahun 2012. Direncanakan untuk lebar sepur yang digunakan adalah 1.435mm

2.2 Studi Literatur

Pebiandi,(2011) Perencanaan Geometri Jalan Rel Kereta Api Trase Kota Pinang - Menggala STA 104+000 – STA 147+200 Pada Ruas Rantau Prapat – Duri II Provinsi Riau. Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Penulis melakukan perancangan geometri jalan rel trase Kota Pinang – Menggala adalah meneruskan ide pemerintah untuk menyambung seluruh provinsi di Sumatera dengan program Trans Sumatera Railways agar diperoleh manfaat yang optimal. Sesuai dengan arahan pengembangan Kereta Api Sistem Transportasi Nasional- KM 49-2005 diharapkan di masa yang akan datang perkembangan dan pembangunan jaringan kereta api memperhatikan perkiraan arus penumpang dan barang , kapasitas lintas dan kondisi jaringan kereta api yang ada. Dan perwujudan jaringan lintas kereta api tidak hanya dititikberatkan di Pulau Jawa, tetapi juga di Pulau Sumatera, dan angkutan barang di Pulau Kalimantan dan Pulau Sulawesi.

Tujuan dari perancangan jalan rel trase Kota Pinang – Menggala adalah untuk menunjang distribusi barang di pulau Sumatera. Dimana Riau sebagai salah satu penghasil minyak bumi terbesar di Indonesia dengan produksi 157.765.423 barel per tahun, hasil – hasil perkebunan seperti kelapa sawit yang menghasilkan

4.659.678,72 ton per tahun dan karet 415.905,62 ton. Dan terdapat 109 perusahaan makanan dan minuman, 3 perusahaan industri kertas, 2 perusahaan industri kimia, 10 perusahaan industri karet, 21 perusahaan industri kayu dan anyaman dan 8 perusahaan industri alat angkutan. Sektor Perikanan dengan produksi 99.188,2 ton hasil perikanan laut dan budi daya, 38.675,5 ton produksi hasil perairan umum, tambak dan kolam. Hal ini menjadi bahan pertimbangan dan dasar pengembangan sehingga tidak terjadi kendala dalam hal pendistribusiannya.

Metode perancangan geometri jalan rel trase Kota Pinang – Menggala adalah penulis mengidentifikasi masalah yang ada saat ini serta mencari studi literatur untuk menambah informasi mengenai kereta api yang dapat menunjang penyelesaian Tugas Akhir. Kemudian dilakukan pengumpulan data yang diperlukan seperti data topografi, setelah data yang dikumpulkan lengkap, penulis melakukan perencanaan bentuk trase jalan kereta api yang baru, setelah trase didapatkan dilakukan perancangan geometri kereta api yang baru berupa alinyemen horizontal dan vertikal. Setelah melakukan perancangan geometri penulis merencanakan konstruksi jalan rel yang meliputi penggunaan jenis penambat rel, perencanaan sambungan rel, perencanaan bantalan, perencanaan balas, analisa volume timbunan.

Dari hasil perancangan didapatkan Kecepatan rencana 200 km/jam sehingga membutuhkan jari-jari lengkung yang besar yakni 4000 m. Rel yang digunakan adalah rel tipe R- 60 dengan menggunakan bantalan beton menurut standar *monoblock sleeper of German railway* dengan panjang 2,60 m dan menggunakan penambat elastik pandrol dengan jarak 40 cm. Tebal lapisan balas atas 40 cm dan balas bawah 80 cm dengan penampang melintang sesuai dengan gambar perencanaan. Dalam perencanaan ini digunakan lebar sepur (track gauge) $e = 1435$ mm. Volume galian dan timbunan berdasarkan potongan melintang jalan tiap segmen, dimana panjang segmen yang diambil setiap 200 m. Dari

perhitungan, didapatkan hasil volume galian = 1.125.378,79 m³, volume timbunan = 3.249.962,64 m

2.3. Perencanaan Trase Jalan Rel

Dalam menentukan alternatif trase terpilih ini dilakukan dengan cara menggunakan *multi criteria analysis* (MCA) yaitu dengan menggunakan matriks sederhana dan kriteria tertentu dengan sistem penilaian tertentu yang akan memunculkan nilai dari masing-masing trase terbaik dan nilai terbesar diambil sebagai alternative trase terpilih. Faktor yang menjadi parameter di dalam *multi criteria analysis* (MCA) yang digunakan di dalam tugas akhir ini adalah:

1. Jarak/ panjang rute
Idealnya rute jalan Kereta Api adalah seminimal mungkin sehingga waktu perjalanan dan biaya konstruksi dapat diminimalisir
2. Kondisi Topografi
Diusahakan rute jalan Kereta Api melalui daerah yang relatif datar sesuai dengan keterbatasan geometrik jalan Kereta Api sehingga volume galian dan timbunan dapat diminimalisir. Kondisi topografi dapat diketahui dengan menggunakan Google earth, ArcGis map.
3. Kondisi daya dukung tanah dan geologi
Diusahakan bahwa rute jalan Kereta Api melewati lokasi dengan daya dukung tanah yang relatif tinggi, menghindari daerah patahan secara geologis, menghindari daerah rawan longsor, sehingga stabilitas konstruksi jalan dapat diperoleh dengan biaya seminimal mungkin.
4. Pertimbangan Lingkungan
Dengan mengusahakan rute jalan Kereta Api tidak melintasi daerah konservasi dan sedikit mungkin mengganggu *built and nature* yang ada. Dengan menyesuaikan peraturan kawasan yang telah ditetapkan Pemda/ Instansi setempat.

5. Kondisi guna lahan eksisting

Dengan kriteria parameter diatas didapatkan penilaian prioritas pengembangan jaringan kereta api Yogyakarta – Bantul menggunakan Analisis Multi Kriteria secara sederhana dengan membandingkan kinerja setiap alternatif rute terhadap kriteria yang ditentukan seperti yang ditunjukkan **Tabel 2.1**

Tabel 2. 1 Penilaian MCA Trase Jalan Rel Yogyakarta – Parangtritis

No.	Kriteria	Alternatif Rute Timur		Alternatif Rute Tengah		Alternatif Rute Barat	
		Kondisi	Penilaian	Kondisi	Penilaian	Kondisi	Penilaian
1	Jarak/ panjang rute	40	1	28,2	2	26,2	3
2	Kondisi Topografi	Relatif landai, berbukit, dan sedikit terjal	1	Landai	3	Relatif landai dan berbukit	2
3	Kondisi daya dukung tanah dan geologi	stabil	3	Relatif Stabil	2	Kurang Stabil	1
4	Kegempaan	Rawan bencana gempa bumi sangat tinggi 1,46%, tinggi 98,54%	1	Rawan Bencana gempa bumi sangat tinggi 0,66%, tinggi 3,76%, menengah	2	awan bencana gempa bumi sangat tinggi 0,715, TINGGI 1,79%, MENENGAH	3
5	Hambatan Lingkungan	Tidak melahi kawasan lindung	2	Tidak melahi kawasan lindung	2	Tidak melahi kawasan lindung	2
6	Kondisi Lahan Eksisting	12% eksisting Jalan Rel, 60% area persawahan, 25% pemukiman, 2%	2	50% area persawahan, 45% pemukiman, 3% Jalan raya, 2% Sungai	1	66% area persawahan, 32% pemukiman, 1% jalan raya, 1% Sungai	3
7	Tingkat Kesulitan Konstruksi	Lintasan yang dilahi trase kereta memiliki kontur sedang	2	Lintasan yang dilahi trase jalur KA memiliki kontur mudah	3	Lintasan yang dilahi trase jalur KA memiliki kontur sedang dan jauh	1
8	Potensial demand dan ekonomi	Tinggi	2,5	Tinggi	2,5	Rendah	1
9	Integrasi antar moda	Terintegrasi	2,5	Terintegrasi	2,5	Kurang Terintegrasi	1
10	Kesesuaian dengan RTRW DIY 2009-2029	Tinggi	2,5	Tinggi	2,5	Rendah	1
Total Penilaian			19,5		22,5		18

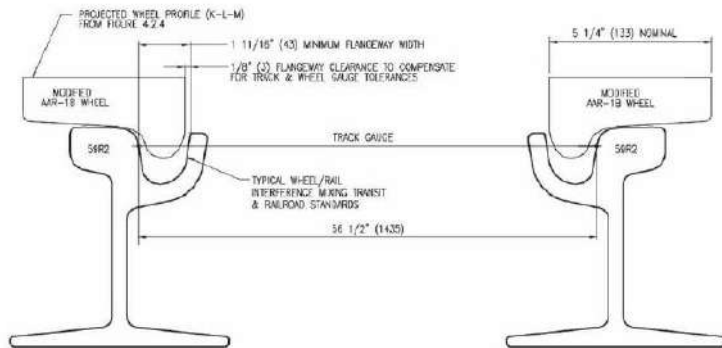
Sumber: Fauzi, 2016

2.4. Geometrik Jalan Rel

Prinsip perumusan perhitungan perencanaan geometrik jalan rel sama dengan perencanaan jalan raya, yang membedakan adalah ketentuan peninggian rel dan rencana jari – jari tikungannya. Pada tugas akhir ini akan dilakukan perencanaan sesuai dengan ketentuan yang tercantum dalam TCRP Report 155 dan TCRP Report 57 serta referensi pendukung lainnya. Secara umum untuk perhitungan geometri dari referensi-referensi diatas sama, namun ada beberapa syarat-syarat dan kriteria yang berbeda. Pada lengkungan perlu diadakan penyesuaian terutama jari-jari (radius) yang harus disesuaikan dengan kecepatan rencana untuk mendapatkan keamanan, kenyamanan, ekonomis dan keserasian dengan lingkungan di sekitarnya.

2.4.1. Lebar Sepur

Pada lebar sepur yang digunakan adalah 1435 mm yang merupakan jarak terkecil antara kedua sisi kepala rel, diukur pada daerah 0-15 mm di bawah permukaan teratas kepala rel, seperti yang terlihat pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2. 1 Lebar Jalan Rel dengan dimensi 1435 mm
Sumber: TCRP Report 155 Track Design Handbook LRT

2.4.2. Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan rel pada bidang horizontal, alinyemen horizontal terdiri dari garis lurus dan lengkungan. Terdapat tiga jenis lengkung horizontal pada jalan rel yaitu: lengkung lingkaran, lengkung transisi, dan lengkung S. Ke tiga lengkung tersebut akan dijelaskan sebagai berikut:

2.4.2.1 Peninggian Rel

Peninggian rel diperlukan untuk mengimbangi timbulnya gaya sentrifugal pada kereta saat memasuki suatu lengkung horizontal. Gaya sentrifugal tersebut mengakibatkan kereta api cenderung terlempar ke luar dari lengkung. Berikut adalah contoh perumusan dari peninggian rel:

$$a) E = 12 \times \frac{v^2}{R} \dots\dots\dots (2.19)$$

Dimana:

E = Peninggian rel (mm)

V = kecepatan rencana (Km/jam)

R = Jari – jari rencana (m)

Menurut TCRP Report 155, untuk peninggian jalan rel dengan moda kereta api Light Rail Transit (LRT) adalah maksimum 115 cm

2.4.2.2 Lengkung Lingkaran

Dua bagian lurus, yang perpanjangannya saling membentuk sudut harus dihubungkan dengan lengkung yang berbentuk lingkaran, dengan atau tanpa lengkung – lengkung peralihan. Dan umumnya untuk desain LRT Modern Radius minimum yang digunakan adalah 25 meter, namun ada beberapa jenis kereta LRT khusus dengan desain Radius minimum 18 meter.

2.4.2.3. Lengkung Peralihan (Transisi)

Lengkung peralihan (S-C-S) adalah suatu lengkung dengan jari-jari yang berubah beraturan. Lengkung peralihan dipakai sebagai peralihan antara bagian yang lurus dan bagian lingkaran dan sebagai peralihan antara dua jari-jari lingkaran yang berbeda. Panjang minimum dari lengkung peralihan ditetapkan dengan rumus (2.1):

$$L_s = 0,008 \times E \times V \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

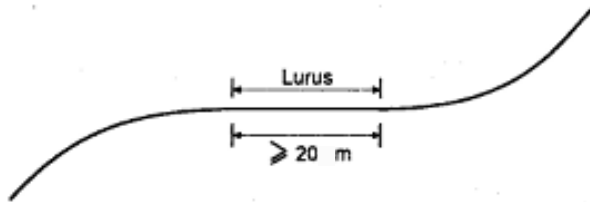
Ls = panjang minimal lengkung peralihan.

E = pertinggian relatif antara dua bagian yang dihubungkan (mm).

V = kecepatan rencana untuk lengkungan peralihan (km/jam)

2.4.2.4. Lengkung S

Terjadi apabila 2 lengkung dari suatu lintas yang berbeda arah lengkungnya terletak bersambungan. Antara kedua lengkung yang berbeda arah ini harus ada bagian lurus sepanjang paling sedikit 20 meter di luar lengkung peralihan seperti yang terlihat pada **Gambar 2.2**.

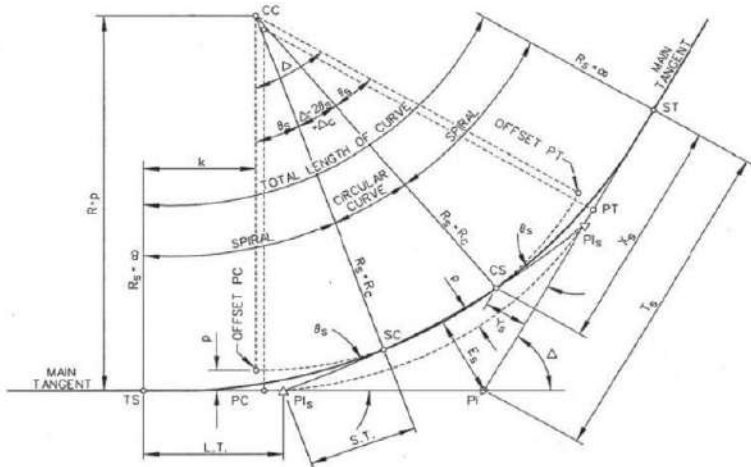


Gambar 2. 2 Lengkung S

Sumber: Utomo, 2009

2.4.2.5. Menentukan Alinyemen Horizontal

Untuk merencanakan suatu lengkung pada jalan rel dimana akan diperhitungkan bagian – bagian lengkung seperti yang terlihat pada **Gambar 2.3**



Gambar 2. 3 Lengkung horizontal dengan lengkung peralihan (Spiral-Circle-Spiral)

Sumber: TCRP Report 155, (Track Design Handbook for Light Rail Transit)

Dari keterangan **Gambar 2.3** diatas, maka langkahlangkah untuk menghitung nilai alinyemen horizontal akan dijelaskan dengan rumus perencanaan sebagai berikut:

$$E = 12 \times \frac{V^2}{R} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$Ls = 0,008 \times V \times E \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\theta_s = \frac{1}{2} \times \frac{Ls}{R} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$Dc = \frac{174637}{R} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$Lc = \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{Dc} \times 100 \dots\dots\dots(2.6)$$

$$p = Ls \left(\frac{\theta_s}{12} - \frac{\theta_s^3}{336} + \frac{\theta_s^5}{15840} \right) \dots\dots\dots(2.7)$$

$$k = Ls \left(\frac{1}{2} - \frac{\theta_s^2}{60} + \frac{\theta_s^4}{2160} - \frac{\theta_s^6}{131040} \right) \dots\dots\dots(2.8)$$

$$Ts = (R + p) \times \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) + K \dots\dots\dots(2.9)$$

$$E_s = (R + p) \left(\frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} - 1 \right) + p \dots\dots\dots (2.10)$$

$$X_s = Ls \left(1 - \frac{\theta_s^2}{10} + \frac{\theta_s^4}{216} - \frac{\theta_s^6}{9360} \right) \dots\dots\dots (2.11)$$

$$Y_s = Ls \left(\frac{\theta_s}{3} - \frac{\theta_s^2}{42} + \frac{\theta_s^5}{1320} - \frac{\theta_s^7}{75600} \right) \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan:

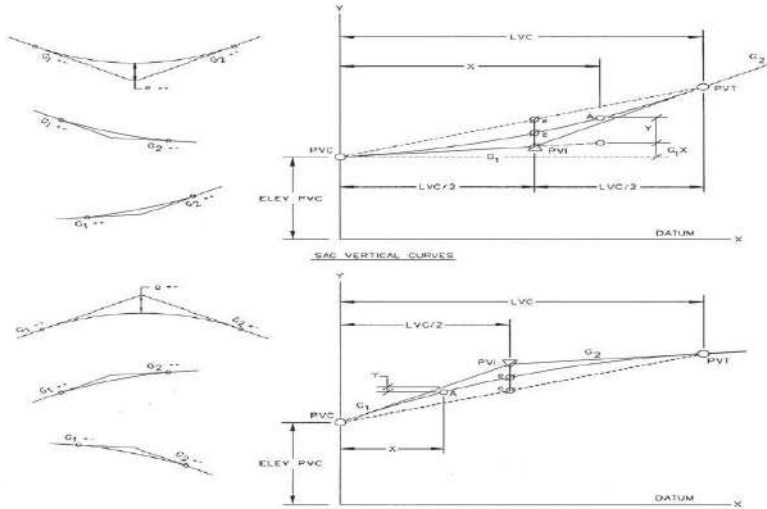
- E = Peninggian rel (mm)
- Ls = Panjang lengkung peralihan (m)
- θ_s = Sudut lengkung peralihan (m)
- Lc = Panjang lengkung lingkaran (m)
- p = Jarak dari busur lingkaran tergeser terhadap sudut tangen (m)
- K = Jarak dari titik Ts ke titik P (m)21
- Ts = Jarak dari titik TS ke titik PI (m)
- Es = Jarak eksternal total dari PI ke tengah Lc (m)
- Xs = Jarak dari titik TS ke titik proyeksi pusat Ys(m)
- Ys = Jarak dari titik SC ke garis proyeksi TS (m)
- R = Jari-jari rencana (m)
- Δ = Sudut tikungan rencana ($^{\circ}$)
- Es = jarak dari PI ke sumbu jalan arah pusat lingkaran (m)
- V = Kecepatan rencana (Km/jam)

2.4.3. Alinyemen Vertikal

Alinemen vertikal adalah proyeksi sumbu jalan rel pada bidang vertikal. Besar jari-jari minimum dari lengkung vertikal tergantung pada besarnya kecepatan rencana

2.3.3.1. Menentukan Alinyemen Vertikal

Untuk menentukan Alinyemen Vertikal harus memperhitungkan bagian-bagian lengkung seperti pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2. 4 Perencanaan Lengkung Vertikal

Sumber: TCRP Report 155 Track Design Handbook Light Rail

Dari **Gambar 2.4** untuk menghitung lengkung vertikal akan dijelaskan dengan persamaan berikut.

$$LVC = \frac{(g_2 - g_1)V^2}{215} \text{ (Cembung)} \quad \frac{(g_2 - g_1)V^2}{387} \text{ (Cekung)} \dots (2.13)$$

$$y = \frac{1}{2} x r x X \dots (2.13)$$

$$e = \frac{g_2 - g_1}{8} x LVC \dots (2.14)$$

$$r = \frac{g_2 - g_1}{LVC} \dots (2.15)$$

$$R_v = 6000m \dots (2.16)$$

$$\text{Elevasi PVC} = \text{PV1} - G_1 x \frac{1}{2} x Lvc \dots (2.17)$$

$$\text{Elevasi PVT} = \text{PV1} - G_1 x \frac{1}{2} x Lvc \dots (2.18)$$

Keterangan:

R = jari-jari lengkung vertikal (m)

φ = Perbedaan landai (%)

A = Titik Pertemuan antara perpanjangan kedua landai

OA = $\frac{1}{2} L$

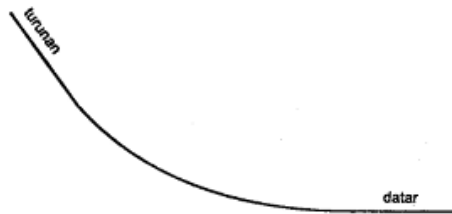
G_1, G_2 = Prosentase kemiringan (%)

L = Panjang lengkung (kelipatan 100 ft)

r = Perubahan kemiringan (tiap 100 ft)(%)

Terdapat dua macam lengkung vertikal yaitu lengkung vertikal cekung dan cembung.

a. Lengkung vertikal cekung (-)



Gambar 2. 5 Lengkung Vertikal Cekung

Sumber: Utomo, 2009

b. Lengkung vertical cembung (+)



Gambar 2. 6 Lengkung Vertikal Cembung

Sumber: Utomo, 2009

2.4.4. Kelandaian Medan

Kelandaian merupakan kondisi jalan yang ditinjau dari perbedaan tinggi pada jalan sesuai dengan elevasi permukaan tanah. Persyaratan kelandaian maksimum yang diinginkan untuk

desain kereta LRT sebesar 4% . Namun pada stasiun kelaianan maksimum yang ditentukan sebesar 2% (TCRP Report 155) seperti pada **Tabel 2.2** berikut

Tabel 2. 2 Tabel Kelandaian Maksimum LRT

Desired Maximum Unlimited Sustained Grade (any length)	4.0%
Desired Maximum Limited Sustained Grade (up to 2500 feet [750 meters] between points of vertical intersection (PVIs) of vertical curves)	6.0%
Desired Maximum Short Sustained Grade (no more than 500 feet [150 meters] between PVIs of vertical curves)	7.0%
Absolute Maximum Grade Unless Restricted by the Vehicle Design (acceptable length to be confirmed with vehicle designers)	9.0%
Acceptable Minimum Grade for Drainage on Embedded Track	0.5%
Acceptable Minimum Grade for Direct Fixation and Ballasted Trackforms (provided other measures are taken to ensure drainage of the trackway)	0.0%

Sumber: TCRP Report 155 Track Design Light Rail

2.4.5. Lengkung Vertikal

Besar jari-jari minimum lengkung vertikal berdasarkan pada kecepatan rencana, berdasarkan table berikut:

Tabel 2. 3 Lengkung Vertikal

Kecepatan Rencana (km/jam)	Jari – Jari Minimum Lengkung Vertikal (m)
Lebih besar dari 100	8000
Sampai 100	6000

2.5. Perencanaan Kontruksi Jalan Rel

Lintas kereta api direncanakan untuk melewati berbagai jumlah angkutan barang dan penumpang dalam suatu jangka waktu tertentu. Perencanaan konstruksi jalan rel harus direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat dipertanggungjawabkan secara teknis dan ekonomis.

Secara teknis diartikan konstruksi jalan rel tersebut harus dapat dilalui oleh kendaraan rel dengan aman dengan tingkat kenyamanan tertentu selama umur konstruksinya. Secara ekonomis diharapkan agar pembangunan dan pemeliharaan konstruksi tersebut dapat diselenggarakan dengan biaya yang sekecil mungkin dimana masih memungkinkan terjaminnya keamanan dan tingkat kenyamanan

Perencanaan konstruksi jalan rel dipengaruhi oleh jumlah beban, kecepatan maksimum, beban gandar dan pola operasi. Atas dasar ini diadakan klasifikasi jalan rel, sehingga perencanaan dapat dibuat secara tepat guna. (Perusahaan Jawatan Kereta Api, 1986)

2.5.1. Kecepatan dan Beban Gandar

2.4.1.1 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang digunakan untuk merencanakan konstruksi jalan rel.

- a) Untuk perencanaan struktur jalan rel.

$$V \text{ rencana} = 1,25 \times V \text{ maks} \dots\dots (2.20)$$

- b) Untuk perencanaan jari-jari lengkung lingkaran dan lengkung peralihan

$$V \text{ rencana} = V \text{ maks} \dots\dots\dots(2.21)$$

2.4.1.2. Beban Gandar

Beban gandar adalah beban yang diterima oleh jalan rel dari satu gandar. Beban gandar maksimum untuk lebar jalan rel dengan dimensi 1435 mm pada jenis kereta Light Rail Transit menurut PT.INKA adalah sebesar 12 ton.

2.5.2. Standart Jalan Rel

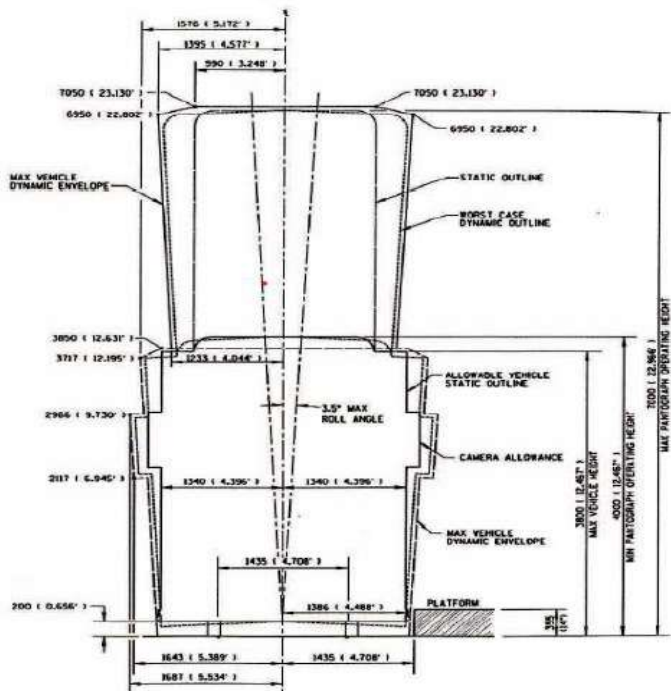
Penentuan standart jalan rel bertujuan untuk memenuhi kapasitas muatan yang melintas di atas jalan rel

2.5.3. Pengalokasian Ruang Operasi

Pengalokasian ruang jalur kereta api diperlukan untuk kepentingan perencanaan dan pengoperasian. Untuk kepentingan operasi, jalur kereta harus memiliki pengaturan ruang yang terdiri dari ruang bebas dan ruang bangun.

2.5.3.1. Ruang Bebas

Ruang bebas adalah ruang diatas sepur yang harus bebas dari segala rintangan dan benda penghalang, ruang ini disediakan untuk lalu lintas rangkaian kereta api. Penentuan dimensi ruang bebas pada jalur kereta api dipertimbangkan berdasarkan penggunaan gerbong peti kemas ISO (**Iso Container Size**) tipe “**Standard Height**”. (Perusahaan Jawatan Kereta Api, 1986). Ukuran ruang bebas untuk jalur single saat kondisi lurus, dapat dilihat pada **Gambar 2.7**.



Gambar 2. 7 Ruang Bebas Lebar Rel 1435mm Pada Jalur lurus untuk jalur tunggal

Sumber: TCRP Report 155, Track Design Light Rail

2.5.3.2. Ruang Bangun

Ruang bangun adalah ruang disisi sepur yang senantiasa harus bebas dari segala bangunan tetap antaralain: tiang semboyan / rambu, tiang sinyal elektris, tianglistrik, Pagar, dsb.

Untuk menentukan dimensi dari batas ruang bangun, yaitu dengan cara mengukur jarak dari sumbu jalan rel pada tinggi 1 meter sampai 3,55 meter, dengan ketentuan seperti yang tercantum pada **Tabel 2.3.**

Tabel 2. 4 Jarak Ruang Bangun

Segmen Jalur	Lebar Jalan Rel 1067 mm dan 1435 mm	
	Jalur Lurus	Jalur Lengkung $R < 800$
Lintas Bebas	Minimal 2,35 m di kiri kanan as jalan rel	$R \leq 300$, minimal 2,55 m $R > 300$, minimal 2,45 m di kiri kanan as jalan rek
Emplasemen	Minimal 1,95 m di kiri kanan as jalan rel	Minimal 2,35 m di kiri kanan as jalan rel
Jembatan, Terowongan	2,15 m di kiri kanan as jalan rel	2,15 m di kiri kanan as jalan rel

Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan RI 60 Tahun 2012

2.6. Komponen Struktur Rel

Rel merupakan struktur balok menerus yang diletakkan di atas tumpuan bantalan yang berfungsi sebagai penuntun atau mengarahkan pergerakan roda kereta api. Dalam pemilihan tipe rel, harus di sesuaikan dengan rencana kelas jalan yang dipilih.

2.6.1. Penentuan Dimensi Rel

Rel dianggap sebagai suatu balok tidak berhingga panjangnya dengan pembebanan terpusat dan ditumpu oleh struktur dengan modulus elastisitas jalan rel (*track stiffness*). Penentuan dimensi rel didasarkan pada tegangan ijin rel. Tegangan ini tidak boleh melebihi nilai tegangan ijin yang telah ditetapkan sesuai dengan kelas jalannya. Jika suatu dimensi rel dengan beban

roda tertetu menghasilkan $\sigma < \sigma$ ijin, maka dimensi rencana dianggap cukup.

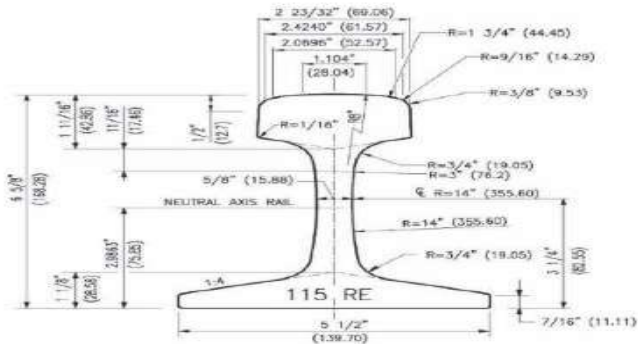
2.6.1.1. Karakteristik Penampang Rel

Karakteristik penampang rel harus memenuhi syarat dan ketentuan dimensi rel seperti yang tertera pada **Tabel 2.4.** dan **Gambar 2.8**

Tabel 2. 5 Karakteristik Penampang Rel

Besaran Geometri Jalan Rel	Type Rel		
	115 RE	136 RE	141 RE
A (mm)	168.28	185.74	188.91
B (mm)	139.70	152.40	152.40
C (mm)	69.06	74.61	77.79
D (mm)	15.88	17.46	17.46
E (mm)	42.86	49.21	54.77
F (mm)	28.58	30.16	30.20
G (mm)	82.56	98.43	98.43
R (mm)	203.2	203.2	203.2
S (cm ²)	72.37	85.98	89.01
Besaran Geometri Jalan Rel	Type Rel		
	115 RE	136 RE	141 RE
W (kg/m)	56.9	67.36	69.79
I _x (cm ⁴)	2726	3821	4181
S	= Luas Penampang		
W	= Berat Rel Permeter		
I _x	= Momen Inersia Terhadap Sumbu X		
G	= Jarak Tepi Bawah Rel ke Garis Netral		

Sumber: TCRP Report 155 Track Design Handbook Light Rail



Gambar 2. 8 Dimensi Penampang Rel

Sumber: TCRP Report 155 Track Design Handbook Light Rail

2.6.1.2 Klasifikasi jalan rel

Berikut klasifikasi dari jalan rel dengan kecepatan yang direncanakan sesuai kelas jalan nya.

Tabel 2. 6 Tabel Klasifikasi jalan rel

Kelas Jalan	Daya Angkut Linias (juta ton/thn)	Kecepatan rencana (kph)	Beban gandar (ton)	Beban roda dinamis (kg)	Jenis Rel	Tegangan dasar rel (kg/cm ²)	Tegangan ijin (kg/cm ²)
I	> 20	150	18	19940	R-60	1042,3	1325
					R-54	1176,8	
II	10-20	140	18	16241	R-54	1128,2	1325
					R-50	1231,8	
III	5-10	125	18	15542	R-54	1097,7	1663
					R-50	1178,8	
					R-42	1476,3	
IV	2,5-5	115	18	14843	R-54	1031	1843
					R-50	1125,8	
					R-42	1410	
V	>2,5	100	18	14144	R-42	1343,5	2000

Sumber: Peraturan Dinas No 10, 1986, Perencanaan Konstruksi Jalan Rel

2.6.1.3 Dasar Perhitungan Tipe Rel

Penentuan dimensi rel ditentukan pada tegangan ijin rel. Yang tidak boleh melebihi nilai dari tegangan yang telah ditentukan sesuai kelas jalannya. Apabila suatu dimensi rel dengan beban roda

tertentu menghasilkan $\sigma < \sigma$ ijin, maka dimensi rencana dianggap cukup. Berikut perhitungan tegangan ijin pada rel sebagai berikut:

a) Beban dinamis roda (Pd)

$$P_s = \frac{\text{Beban Gandar}}{2} \dots\dots\dots(2.22)$$

$$P_d = P_s + 0,01 \times P_s \times \left(\frac{V}{1,609} - 5 \right) \dots\dots\dots(2.23)$$

Dimana:

Pd = Beban dinamis roda (kg)

Ps = Beban statis roda (kg)

V = Kecepatan rencana (km/jam)

b) Dumping faktor (λ)

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{K}{4 \times E \times I_x}} \dots\dots\dots(2.24)$$

Dimana:

λ = Dumping factor (cm-1)

K = Modulus elastisitas jalan rel = 180 kg/cm²

E = Modulus elastisitas struktur rel = 2,1x10⁶ kg/cm²

I_x = Momen inersia rel terhadap sumbu x-x (cm⁴)

c) Momen maksimum (Ma)

$$M_o = \left(\frac{P_d}{4 \times \lambda} \right) \dots\dots\dots(2.25)$$

$$M_a = 0,85 \times M_o \dots\dots\dots(2.26)$$

Dimana:

M_o = Momen akibat superposisi beban gandar (kg.cm)

P_d = Beban dinamis roda (kg)

λ = Dumping factor

M_a = Momen maksimum (kg.cm)

d) Tegangan ijin (σ)

$$\sigma = \frac{(Ma \times G)}{Ix} \dots\dots\dots (2.27)$$

e) Tegangan yang terjadi pada dasar rel (Sbase)

$$Sbase = \frac{Ma}{Wb} \dots\dots\dots (2.28)$$

Dimana:

- σ = tegangan ijin rel (kg/cm²)
- Ma = momen maksimum (kg.cm)
- G = Jarak tepi bawah rel ke garis netral (cm)
- Ix = Momen inersia rel terhadap sumbu x-x (cm⁴)
- Wb = Tahanan momen dasar (cm³)

2.7 Bantalan Rel

Bantalan adalah landasan tempat rel bertumpu dan diikat dengan penambat rel. oleh karena itu harus cukup kuat untuk menahan beban kereta api yang berjalan di atas rel. Pada jenis bantalan yang digunakan dalam konstruksi jalan rel dapat berupa beton, baja, dan kayu.

PT. Kereta Api (Indonesia) saat ini, telah menggunakan bantalan beton hampir di seluruh jaringan jalan rel di Indonesia. Beberapa pertimbangan yang terkait dengan penggunaan bantalan beton dibandingkan bantalan kayu dan besi adalah faktor ketahanan, faktor kekuatan, dan faktor ekonomi pemeliharaan. Penggunaan bantalan beton lebih diutamakan juga karena semakin sulitnya mendapatkan kayu yang memenuhi standar untuk bantalan dan berbagai kelemahan penggunaan bantalan besi. Selain itu, industri dalam negeri telah dapat membuat bantalan beton dengan baik.

2.7.1. Syarat Bantalan Beton

Bantalan beton merupakan struktur prategang, pada bantalan beton juga sekaligus ditempatkan anker penambat, Bantalan beton mempunyai keunggulan lebih murah dalam produksi, mampu menopang kereta dengan gandar yang lebih besar

dan mempertahankan kecepatan tinggi dari bantalan kayu. Maka harus memenuhi syarat sebagai berikut (untuk lebar jalan rel = 1435 mm):

- a) Kuat tekan karakteristik beton tidak kurang dari 600 kg/cm²
- b) Mutu baja prategang dengan tegangan putus (tensile strength) minimum sebesar 16.876 kg/cm² (1.655 MPa).
- c) Untuk momen minimum sebesar +2300 kg.m pada bagian dudukan rel dan -2100 kg.m pada bagian tengah bantalan.
- d) Dimensi bantalan beton pada bagian dudukan rel:
 - Panjang = 2.440 mm
 - Lebar maksimum bawah = 310 mm
 - Lebar maksimum atas = 190 mm
 - Tinggi maksimum = 220 mm
- e) Dimensi bantalan beton pada bagian tengah bantalan:
 - Panjang = 2.440 mm
 - Lebar maksimum bawah = 240 mm
 - Lebar maksimum atas = 180 mm
 - Tinggi = 195 mm

2.7.2. Kontrol Kekuatan Bantalan Beton

- a) Modulus Elastisitas berdasarkan nilai f_{cu}

$$E = 6400 \times \sqrt{f_{c'}} \dots\dots\dots (2.29)$$

Dimana:

E = Modulus elastisitas (kg/cm²)

$f_{c'}$ = Mutu beton

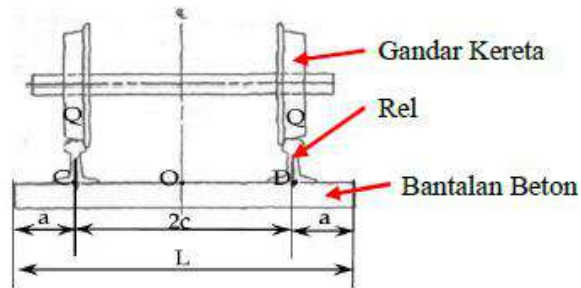
- b) Perhitungan λ beton di bawah rel dan tengah bantalan.

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{K}{4 \times E \times l_x}} \dots\dots\dots (2.30)$$

Dimana:

- K = Modulus elastisitas rel (180 kg/cm²)
 E = Modulus elastisitas (kg/cm²)
 I_x = Momen inersia bantalan beton (cm⁴)

- c) Perhitungan momen di titik C dan D akan ditampilkan pada **Gambar 2.9**



Gambar 2. 9 Posisi Beban pada Bantalan (Q)

Sumber: *Transportation Research Board*, 2012

$$Q = 60\% \times Pd \dots \dots \dots (2.31)$$

Dimana:

Q = Beban yang diterima bantalan (kg)

Momen di titik C/D =

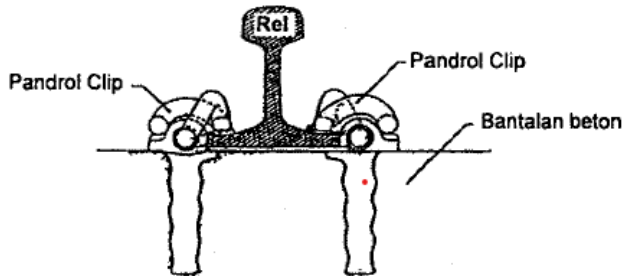
$$\frac{Q}{4\lambda} \times \frac{1}{(\sin\lambda \times L) + (\sinh\lambda \times L)} \times \left[\begin{array}{l} (2 \times \cosh^2\lambda a) \times (\cos 2\lambda c + \cosh\lambda L) - \\ (2 \times \cosh^2\lambda a) \times (\cosh 2\lambda c + \cos\lambda L) - \\ (\sinh 2\lambda a) \times (\sin 2\lambda c + \sinh\lambda L) - \\ (\sin 2\lambda a) \times (\sinh 2\lambda c + \sinh\lambda L) \end{array} \right] \quad (2.32)$$

Perhitungan momen di titik O (tengah bantalan)

$$-\frac{Q}{2\lambda} \times \frac{1}{(\sin\lambda \times L) + (\sinh\lambda \times L)} \times \left[\begin{array}{l} (\sinh\lambda c) \times (\sin\lambda c + \sinh\lambda(L-c)) + \\ (\sin\lambda c) \times (\sinh\lambda c + \sinh\lambda(L-c)) + \\ (\cosh\lambda c) \times (\cos\lambda(L-c)) - \\ (\cos\lambda c) \times (\cosh\lambda(L-c)) \end{array} \right] \quad (2.33)$$

2.8 Komponen Penambat Rel

Penambat rel adalah suatu komponen yang menambat rel ada bantalan sehingga kedudukan rel menjadi tetap, kokoh, dan tidak bergeser terhadap bantalannya. Dengan penambat rel ini jarak antara kedua rel, yaitu lebar sepur akan tetap. Semakin berat beban dan semakin tinggi kecepatan kereta api, maka harus semakin kokoh alat penambatnya. Berdasarkan TCRP Report 155 komponen yang harus dipenuhi dalam pemasangan alat penambat elastis tunggal pada bantalan beton terdiri dari: *shoulder/insert, clip, insulator, dan rail pad, Rubber pad*. Detail penyusun komponen alat penambat dapat dilihat pada dapat dilihat pada **Gambar 2.10**



Gambar 2. 10 Komponen Penambat Rel

Sumber: Utomo, 2009

2.9 Sambungan Rel

Untuk sambungan rel alat yang digunakan dalam proses penyambungan rel LRT, pada tahap pekerjaan pemasangan rel ini dinamakan "Flash butt welding" atau disebut juga sebagai las kilatan listrik. Umumnya, flash butt welding digunakan untuk mengelas rel kereta dengan lebih cepat dari las termit

menggunakan bahan yang lebih sederhana. Berikut contoh **Gambar 2.11** pengelasan menggunakan “*flash butt welding*”



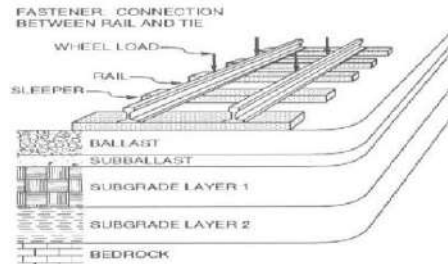
Gambar 2. 11 Pengelasan sambungan rel menggunakan metode *Flash Butt Welding*

Sumber: (<https://lrtjabodebek.com/>)

2.10 Lapisan Balas dan Sub Balas

Lapisan balas dan sub-balas pada dasarnya adalah terusan dari lapisan tanah dasar dan terletak di daerah yang mengalami konsentrasi tegangan yang terbesar akibat lalu lintas kereta pada jalan rel, oleh karena itu material pembentukannya harus sangat terpilih. Fungsi utama balas dan sub-balas adalah untuk:

- a) Meneruskan dan menyebarkan beban bantalan ke tanah dasar
- b) Mengokohkan kedudukan bantalan.
- c) Meluruskan air sehingga tidak terjadi penggenangan air di bantalan rel



Gambar 2. 12 Lapisan Balas dan Sub Balas
(Sumber: Hajjapradana, 2016.)

2.10.1 Sub Balas

Lapisan sub-balas berfungsi sebagai lapisan penyangga (filter) antara tanah dasar dan lapisan balas dan harus dapat mengalirkan air dengan baik. Tebal minimum lapisan balas bawah adalah 15 cm. Lapisan sub-balas terdiri dari kerikil halus, kerikil sedang atau pasir kasar yang memenuhi syarat seperti pada **Tabel 2..7**

Tabel 2. 7 Standar Saringan

Standar Jaringan ASTM	Presentase Lolos (%)
2 ½"	100
¾"	50-100
No. 4	25-95
No. 40	5-35
No. 200	0-10

Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan RI 60 Tahun 2012

Untuk ketentuan sub-balas harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a) Material sub-balas dapat berupa campuran kerikil (gravel) atau kumpulan agregat pecah dan pasir;
- b) Material sub-balas tidak boleh memiliki kandungan material organik lebih dari 5%;
- c) Untuk material sub-balas yang merupakan kumpulan agregat pecah dan pasir, maka harus mengandung sekurang-kurangnya 30% agregat pecah;

- d) Lapisan sub-balas harus dipadatkan sampai mencapai 100% γ_d menurut percobaan ASTM D 698.

2.10.2 Balas

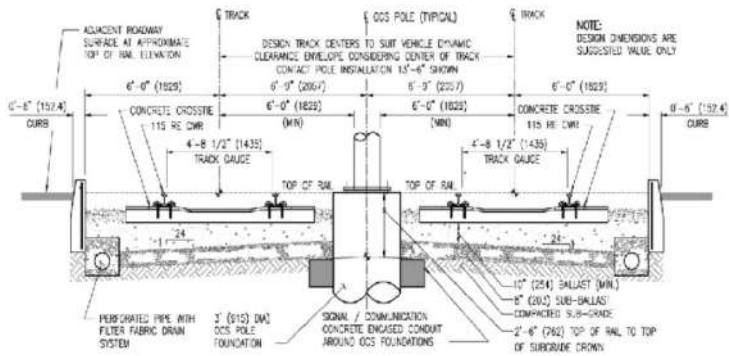
Lapisan balas pada dasarnya adalah terusan dari lapisan tanah dasar, dan terletak di daerah yang mengalami konsentrasi tegangan yang terbesar akibat lalu lintas kereta pada jalan rel, oleh karena itu material pembentuknya harus sangat terpilih.

Fungsi utama balas adalah untuk meneruskan dan menyebarkan beban bantalan ke tanah dasar, mengokohkan kedudukan bantalan dan meluluskan air sehingga tidak terjadi penggenangan air di sekitar bantalan dan rel.

Kemiringan lereng lapisan balas atas tidak boleh lebih curam dari 1:2, dan bahan balas atas dihampar hingga mencapai sama dengan elevasi bantalan Material yang digunakan sebagai pembentuk balas harus memenuhi syarat berikut:

- a) Balas harus terdiri dari batu pecah (25 – 60) mm dan memiliki kapasitas ketahanan yang baik, ketahanan gesek yang tinggi dan mudah dipadatkan.
- b) Material balas harus bersudut banyak dan tajam.
- c) Porositas maksimum 3%.
- d) Kuat tekan rata-rata maksimum 1000 kg/cm².
- e) Specific gravity minimum 2,6.
- f) Kandungan tanah, lumpur dan organik maksimum 0,5%.
- g) Kandungan minyak maksimum 0,2%.
- h) Keausan balas sesuai dengan test Los Angeles tidak boleh lebih dari 25%.

Berikut adalah posisi balas dan sub balas berdasarkan TCRP Report 155 Track Design Handbook Light Rail dijelaskan pada **Gambar 2.13** di bawah ini



Gambar 2. 13 Posisi Balas dan Sub Balas

(Sumber: TCRP Report 155 Track Design Handbook Light Rail)

Penampang rel melintang menggunakan design dari TCRP Report 155 dengan dimensi pada **Tabel 2.8** sebagai berikut:

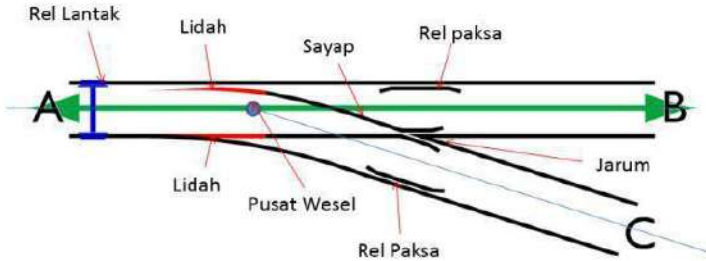
Tabel 2. 8 Dimensi Penampang Rel Melintang

V maks km/jam	d1 mm	b mm	c mm	k1 mm	d2 mm	k2 mm
95	255	1829	1829	1829	200	1829

2.11 Wesel

Wesel merupakan konstruksi jalan rel yang paling rumit dengan beberapa persyaratan dan ketentuan pokok yang harus dipatuhi. Fungsi wesel adalah untuk mengalihkan kereta dari satu sepur ke sepur yang lain. Wesel terdiri atas komponen-komponen sebagai berikut:

1. Lidah
2. Jarum beserta sayap-sayapnya
3. Rel lantai
4. Rel paksa
5. Sistem penggerak



Gambar 2. 14 Detail Komponen wesel
Sumber: Utomo, 2009

Tabel 2. 9 Nomor Wesel dan Kecepatan Ijin

Tangent	1:8	1:10	1:12	1:14	1:16	1:20
No. Wesel	W8	W10	W12	W14	W16	W2
Kec Ijin (km/jam)	25	35	45	50	60	70

Sumber: PJKA.1986. Peraturan Dinas Nomor 10 Perencanaan
Kontruksi Jalan Rel

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

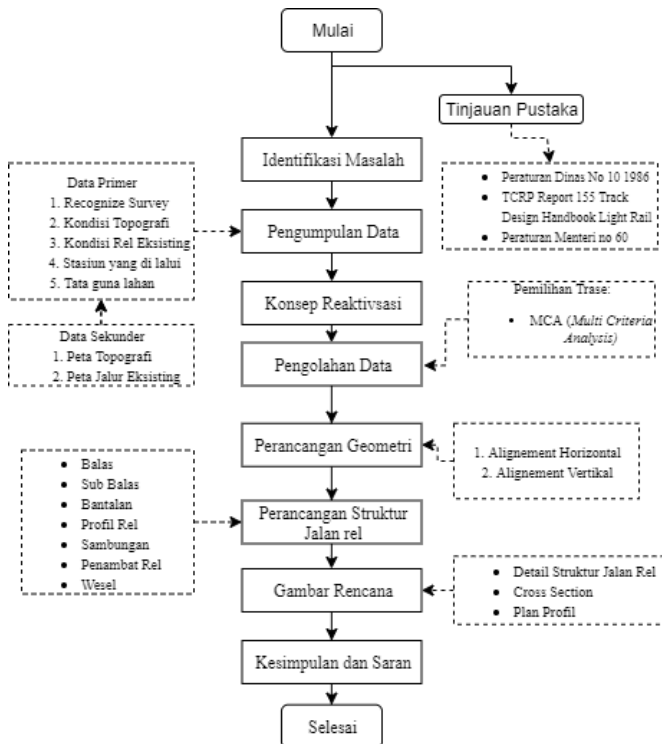
BAB III METODOLOGI

3.1. Umum

Pada bab ini akan dibahas mengenai tahapan dan langkah-langkah yang dilakukan penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Berikut adalah penjelasan mengenai metode pelaksanaan Tugas Akhir ini

3.2. Diagram Alir

Urutan Perancangan dari awal proses sampai akhir akan dijelaskan dengan diagram alir yang akan ditampilkan pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Metodologi Tugas Akhir

3.3. Langkah Perencanaan

Untuk Menjelaskan metodologi yang digunakan maka akan dijelaskan mengenai langkah-langkah dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Sebagaimana akan dijelaskan sebagai berikut:

3.3.1. Identifikasi Masalah

Dilakukan perumusan masalah sesuai dengan kondisi saat ini dan merencanakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.

3.3.2. Studi Pustaka

Dalam menyusun Tugas Akhir ini dan menambah pemahaman mengenai kereta api dibutuhkan beberapa literatur yang dapat menunjang penyelesaian Tugas Akhir ini. Beberapa literatur terkait antara lain sebagai berikut:

- a) UU No. 23 Tahun 2007 Tentang Perkeretaapian
- b) TCRP Report 155 dan TCRP Report 57 Track Design Handbook Light Rail
- c) Peraturan Dinas No.10 Tahun 1986 Tentang Peraturan Perencanaan Konstruksi Jalan Rel
- d) Pebiandi,(2011) Perencanaan Geometri Jalan Rel Kereta Api Trase Kota Pinang - Menggala STA 104+000 – STA 147+200 Pada Ruas Rantau Prapat – Duri II Provinsi Riau. Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh+ Nopember.
- e) Buku dan Jurnal terkait.

3.4. Pengumpulan Data

Melakukan pengumpulan data-data yang diperlukan untuk penyusunan Tugas Akhir. Data-data yang diperlukan antara lain adalah:

1. Data Primer
 - Survey pengamatan lapangan
 - Kondisi rel eksisting
 - *Recognise Survey*
 - Kondisi Topografi
 - Stasiun yang dilalui

- Tata guna lahan
- 2. Data Sekunder
 - Peta topografi dari Badan Informasi Geospasial, digunakan untuk mengetahui tata guna lahan dan kontur lapangan yang ditinjau.
 - Peta Jalur Eksisting

3.5. Konsep Reaktivasi

Konsep Reaktivasi akan direncanakan berupa jenis kereta dan stasiun yang digunakan untuk reaktivasi jalur kereta api yang didasarkan pada evaluasi dan analisa kondisi eksisting. Pada reaktivasi ini jalur yang sudah ada menggunakan *single track*, beberapa kriteria untuk menentukan konsep reaktivasi yaitu kondisi trase yang ada, kecepatan rencana, pemanfaatan kondisi guna lahan rel, kondisi jalan raya dan jalur eksisting.

3.6. Perencanaan Trase

Sebelum merencanakan trase dilakukan analisa dan evaluasi terhadap trase eksisting apakah layak untuk diaktifkan atau tidak. Untuk mengevaluasi dilakukan survey lapangan untuk mengetahui kondisi eksisting dan dilakukan pengamatan terhadap ruang bebas pada trase tersebut. Dengan menggunakan cara *Multi Criteria Analysis(MCA)*

3.7 Perancangan Geometri Jalan Rel

Perhitungan geometri jalan rel yang dilakukan dalam perencanaan Tugas Akhir ini meliputi:

1. Alinyement Horizontal
 - Lengkung Lingkaran
 - Lengkung Peralihan
 - Lengkung S
2. Alinyement Vertikal

3.8 Perencanaan Konstruksi Jalan Rel

Pada perencanaan konstruksi jalan rel mengacu pada Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api dan beberapa panduan seperti TCRP Report 155 dan TCRP Report 57, panduan dari TCRP tersebut apabila moda kereta yang digunakan nanti adalah Light Rail (LRT). Dikarenakan pada peraturan di Indonesia contoh peraturan seperti syarat-syarat kecepatan, kelandaian, struktur rel, dan bangunan fasilitas untuk kereta jenis Light Rail(LRT) masih sedikit.

Dalam perencanaan struktur jalan rel, adapun jenis pekerjaan yang perlu dilakukan antara lain:

1. Penentuan Kecepatan dan Beban Gandar
2. Penentuan Profil Rel diklasifikasikan berdasarkan daya angkut lintas per tahunnya
3. Komponen Struktur Rel
4. Penentuan Dimensi Rel penentuan dimensi rel berdasarkan tegangan ijin rel
5. Perencanaan Bantalan, Dengan memperhatikan type bantalan yang digunakan, perhitungan momen yang bekerja serta penentuan jarak antar bantalan, dan syarat bantalan pada rel
6. Komponen Penambat Rel adalah suatu komponen yang menambat rel ada bantalan sehingga kedudukan rel menjadi tetap, kokoh, dan tidak bergeser terhadap bantalannya
7. Perencanaan Balas dan Sub Balas, Memperhatikan perencanaan tebal lapisan serta pemilihan material yang digunakan sesuai dengan persyaratan. Dalam perencanaan diatas disesuaikan dengan peraturan yang merujuk pada TCRP Report 155.

8. Perencanaan Wesel merupakan konstruksi jalan rel yang paling rumit dengan beberapa persyaratan dan ketentuan pokok yang harus dipatuhi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

ANALISIS DAN PERENCANAAN

Pada bab ini akan membahas tentang Analisis trase yang cocok diterapkan pada KA Yogyakarta-Bantul. Dalam penentuan trase, disajikan beberapa pilihan alternatif trase. Dalam menentukan alternatif trase terpilih ini dilakukan dengan cara menggunakan *Multi Criteria Analysis* (MCA) untuk mendapatkan trase yang paling baik, serta perhitungan alinyemen horizontal, alinyemen vertical, dan konstruksi jalan rel.

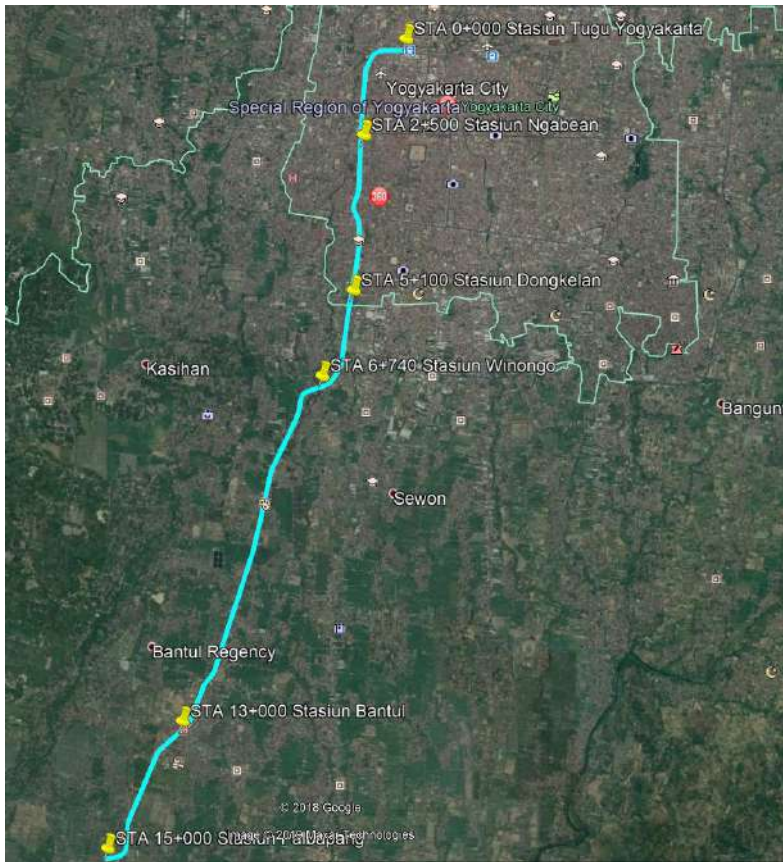
4.1. Evaluasi Trase

Dalam berbagai kondisi trase eksisting Jalur Kereta Api Yogyakarta Magelang sudah beralih fungsi dan berubah dari segi struktur dan kedudukannya di lapangan. Jalur ini masuk ke dalam wilayah operasi PT. Kereta Api Indonesia DAOP VI Yogyakarta, peta *Ground Kaart* tidak bisa didapatkan karena alasan dokumen rahasia dari pihak perusahaan. Untuk itu dilakukan *survey* pengamatan di lapangan. Tujuannya untuk mengetahui kondisi terkini lapangan dan sebagai pertimbangan dalam menyusun dan merencanakan Reaktivasi Jalur Kereta Api Yogyakarta-Bantul. Hal tersebut dilakukan karena pada saat setelah jalur kereta tersebut tidak aktif banyak lokasi-lokasi dan bangunan penunjang perkeretaapian yang telah beralih fungsi.

Data yang diambil dari survei ini antara lain adalah sebagai berikut:




1. Lebar ruang yang tersedia
2. Batas kanan-kiri dari jalan rel
3. Deskripsi keadaan
4. Dokumentasi

Berikut akan ditampilkan peta jalur eksisting dari hasil survey yang dilakukan pada **Gambar 4.1** dan hasil survey pada **Tabel 4.1**






Gambar 4. 1 Jalur Trase Eksisting Yogyakarta - Bantul
Sumber: Google Earth Pro




Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Yogyakarta - Bantul

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	Dokumentasi
		Kanan	Kiri		
7°47'21.1"S 110°21'46.7"E	Stasiun Tugu Yogyakarta	Pemukiman	Jalan Raya	Titik awal perencanaan reaktivasi Yogyakarta-Bantul	
7°47'23.5"S 110°21'29.7"E	Gg. Masjid Al Hasanah,	Pemukiman dan Pertokoan	Pemukiman	Lokasi ini sudah menjadi sebuah Pemukiman dan Pertokoan. Kondisi rel masih terlihat di sepanjang gang tersebut	
7°47'31.7"S 110°21'25.5"E	Jl. Lejen Suprpto 122, Yogyakarta	Rumah Makan	SDN Gedong Tengen	Kondisi jalan rel saat ini tidak dapat terlihat karena sudah tertimbun, masi terdapat tanda rel berupa potongan rel dari PT.KAI	




Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Yogyakarta – Bantul (lanjutan)

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	Dokumentasi
		Kanan	Kiri		
7°47'49.2"S 110°21'23.7"E	Jl. Karel Sasuit Tubun No.80	Zahra Jewellery	Kantor Posbs\	Kondisi jalan rel saat ini tidak dapat terlihat karena sudah tertimbun, masi terdapat tanda rel berupa potongan rel dari PT.KAI	
7°47'50.9"S 110°21'23.6"E	Jl. Ngampilan, Yogyakarta	Angkringan sm.ndjb	Pusat oleh- oleh Yogyakarta	Kondisi jalan rel saat ini tidak dapat terlihat karena sudah tertimbun, masi terdapat tanda rel berupa potongan rel dari PT.KAI. KAI	
7°48'00.4"S 110°21'22.9"E	Jl. Letjen Suprpto, Ngampilan.	Gor Ngampilan	Bengkel Dunlop	Terlihat persinyalan di kiri jalan depan bengkel Dunlop	




Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Yogyakarta – Bantul (lanjutan)

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	Dokumentasi
		Kanan	Kiri		
7°48'10.7"S 110°21'22.8"E	Jl. K.H Wahid Hasyim	Stasiun Ngabean	Usaha Warga	Terdapat Stasiun Ngabean bekas jalur kereta api Yogyakarta - Bantul	
7°48'20.6"S 110°21'22.0"E	Jl. K.H Wahid Hasyim	Kecamatan Ngampilan	Toko Usaha Warga	Terdapat persinyalan tegak di kanan jalan depan kecamatan ngampilan	
7°48'25.1"S 110°21'21.9"E	Jl. Letjen Suprpto	Pemukiman	Pemukiman	Bekas rel terlihat di perempatan gang pemukiman warga	




Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Yogyakarta – Bantul (lanjutan)

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	Dokumentasi
		Kanan	Kiri		
7°48'30.2"S 110°21'21.2"E	Jl. K.H Wahid Hasyim	Pemukiman	Pemukiman	Bekas rel terlihat di halaman pemukiman warga	
7°48'38.8"S 110°21'19.4"E	Jl. Gedongkiwo Mentrijeron	Pemukiman	Pemukiman	Terdapat jelas bekas rel di pemukiman gang warga gedongkiwo	
7°48'46.2"S 110°21'19.6"E	Jl. Sugeng Jeroni	Jalan Raya	Gang pemukiman	Terdapat jelas bekas rel di daerah tersebut	




Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Yogyakarta – Bantul (lanjutan)

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	Dokumentasi
		Kanan	Kiri		
7°48'55.9"S 110°21'21.3"E	Jl. Bantul	Toko Besi Sumber Arta	Toko Usaha Warga	Terdapat potongan rel Panjang tanda milik PT.KAI	
7°49'02.3"S 110°21'21.2"E	Jl. Bantul	Alfa Midi	Pertigaan Jalan	Terlihat Bekas Jalan rel yang tertimbun aspal	
7°49'12.0"S 110°21'19.7"E	Jl. Bantul	Pertokoan	Popeye Transit	Jalan rel terlihat di pinggir kanan jalan sejajar dengan jalan	




Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Yogyakarta – Bantul (lanjutan)

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	Dokumentasi
		Kanan	Kiri		
7°49'17.3"S 110°21'18.9"E	Jl. Bantul	Gudang warga	Usaha Warga	Jalan rel terlihat di pinggir kanan jalan sejajar dengan jalan	
7°49'31.0"S 110°21'16.3"E	Jl. Bantul	Stasiun Dongkelan	Pusat Satwa dan tanaman Yogyakarta	Bekas stasiun lama, stasiun dongkelan yogyakarta	
7°49'39.8"S 110°21'14.9"E	Jl. Bantul, Dongkelan	Bangjo Dongkelan	Bangjo Dongkelan	Perempatan besar sambungan ringroad yogyakarta	




Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Yogyakarta – Bantul (lanjutan)

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	Dokumentasi
		Kanan	Kiri		
7°49'43.2"S 110°21'14.5"E	Jl. Bantul 93,Dongkelan	Indah Motor	Waroeng Steak	Jalan rel terlihat di pinggir kanan jalan sejajar dengan jalan	
7°49'59.6"S 110°21'12.0"E	Jl. Bantul, Kweni	Pemukiman	Pemukiman	Kondisi jalan rel saat ini tidak dapat terlihat tertimbun oleh tanah	
7°50'03.5"S 110°21'11.5"E	Jl. Bantul 08,Kweni	Pemukiman Warga	SD Jarakan, Bantul	Jalan rel terlihat di pinggir kanan jalan sejajar dengan jalan	




Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Yogyakarta – Bantul (lanjutan)

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	Dokumentasi
		Kanan	Kiri		
7°50'11.8"S 110°21'07.1"E	Jl. Bantul 292, Kweni	Usaha Warga	Usaha Warga	Jalan rel terlihat di pinggir kanan jalan sejajar dengan jalan	
7°50'13.3"S 110°21'05.7"E	Jl. Sewon, Kweni	Pemukiman Warga	Pemukiman Warga	Kondisi rel tertimbun tanah tidak terlihat pada titik ini	
7°50'14.8"S 110°21'02.4"E	Jl. Sewon, Kweni	Pemukiman Warga	Pemukiman Warga	Jalan rel terlihat pada pelataran pemukiman warga	




Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Yogyakarta – Bantul (lanjutan)

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	Dokumentasi
		Kanan	Kiri		
7°50'15.5"S 110°21'00.2"E	Jl. Winongo	Pemukiman Warga	Pemukiman Warga	Terdapat bekas jembatan rel winongo mengarah ke stasiun winongo	
7°50'22.1"S 110°20'50.2"E	Jl. Winongo	Pemukiman Warga	Pemukiman Warga	Terdapat bekas potongan bekas rel kereta pada titik ini di pemukiman warga	
7°50'25.3"S 110°20'49.7"E	Jl. Winongo	Bekas Stasiun Winongo	Pemukiman Warga	Terdapat bekas stasiun kecil lama winongo	




Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Yogyakarta – Bantul (lanjutan)

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	Dokumentasi
		Kanan	Kiri		
7°50'32.4"S 110°20'47.5"E	Jl.Bantul, Tirtonirmolo	Persawahan	Pemukiman Warga	Terdapat Bekas rel di dekat warung warga di pinggir jalan	
7°50'35.0"S 110°20'46.4"E	Jl.Bantul, Tirtonirmolo	Pemukiman Warga	Tanah Kosong	Terdapat Bekas rel di dekat pemukiman warga sejajar dengan jalan	
7°50'48.5"S 110°20'39.6"E	Jl. Bantul	Wisata Desa Kasongan	Persimpangan	Persimpangan Jalan Bantul dan desa wisata kasongan rel tertimbun tanah	




Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Yogyakarta – Bantul (lanjutan)

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	Dokumentasi
		Kanan	Kiri		
7°51'00.1"S 110°20'34.2"E	Jl. Bantul, Pendowoharjo	Persawahan	Rumah warga	Terdapat bekas rel kereta sejajar dengan jalan	
7°51'03.2"S 110°20'33.5"E	Jl. Bantul 25, Pendowoharjo	Pemukiman warga	Pertokoan	Kondisi rel pada titik ini tertimbun oleh tanah dan tidak terlihat	
7°51'18.9"S 110°20'29.8"E	Jl. Bantul 35- 133	Kedai KM 7,4	Pertokoan	Terdapat bekas rel kereta sejajar dengan jalan	




Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Yogyakarta - Bantul (lanjutan)

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	Dokumentasi
		Kanan	Kiri		
7°51'34.1"S 110°20'26.4"E	Jl. Bantul KM 7,5	Rizky Service repair shop	Pemukiman warga	Terdapat bekas rel kereta sejajar dengan jalan	
7°51'36.6"S 110°20'25.7"E	Jl. Bantul, Sawahan	Pemukiman warga	Pertokoan warga	Terdapat bekas rel kereta sejajar dengan jalan	
7°51'51.0"S 110°20'21.3"E	Jl. Bantul 78, Sawahan	Pemukiman warga	Nasi uduk 898	Pada titik ini terdapat bekas potongan rel yang tertancap tanda milik PT.KAI	




Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Yogyakarta – Bantul (lanjutan)

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	Dokumentasi
		Kanan	Kiri		
7°52'04.0"S 110°20'17.0"E	Jl. Bantul, Sawahan	Persawahan	Pemukiman warga	Terdapat Bekas rel sepanjang 30m yang sejajar dengan jalan	
7°52'18.9"S 110°20'12.0"E	Jl. Bantul, Sawahan	Persawahan	Usaha Warga	Pada titik ini terdapat bekas potongan rel yang tertancap tanda milik PT.KAI	
7°52'25.9"S 110°20'09.7"E	Jl. Bantul, Sawahan	Pertokoan	Pertokoan	Terdapat bekas rel Panjang yang sejajar dengan jalan raya milik PT.KAI	




Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Yogyakarta – Bantul (lanjutan)

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	Dokumentasi
		Kanan	Kiri		
7°52'29.0"S 110°20'08.7"E	Jl. Bantul 02	SMP 2 Bantul	Pertokoan warga	Memasuki Kawasan Bantul taman sari dan terdapat bekas rel	
7°52'33.8"S 110°20'06.9"E	Jl. Bantul, Badegan	Pertokoan	Pertokoan	Pada titik ini kondisi rel tertimbun oleh jalan aspal sekitar	
7°52'46.5"S 110°20'00.8"E	Jl. Pramuka, Bantul	Persimpangan	Bangjo persimpangan	Kondisi rel tertimbun oleh aspal jalan raya	




Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Yogyakarta - Bantul (lanjutan)

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	Dokumentasi
		Kanan	Kiri		
7°53'00.8"S 110°19'54.8"E	Jl. Jend. Sudirman 40-46	Pertokoan	Perkantoran	Pada titik ini tidak terdapat tanda bekas rel, karena sudah tertimbun oleh jalan aspal	
7°53'14.3"S 110°19'46.3"E	Jl. Jend. Sudirman 142	Pertokoan	Perkantoran	Pada titik ini tidak terdapat tanda bekas rel, karena sudah tertimbun oleh jalan aspal	
7°53'25.7"S 110°19'33.5"E	Jl. Jend. Sudirman, Bantul	Pertokoan	Perkantoran	Pada titik ini tidak terdapat tanda bekas rel, karena sudah tertimbun oleh jalan aspal	




Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Yogyakarta – Bantul (lanjutan)

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	Dokumentasi
		Kanan	Kiri		
7°53'27.7"S 110°19'32.8"E	Jl. Bangjo Jend. Sudirman	Perempatan	Perempatan	Pada titik ini tidak terdapat tanda bekas rel, karena sudah tertimbun oleh jalan aspal	
7°53'33.1"S 110°19'30.7"E	Jl. Wachid Hasyim	Tanah Kosong	Pemukiman	Terdapat bekas rel kereta sejajar dengan jalan	
7°53'40.5"S 110°19'27.4"E	Jl. KH. Wachid Hasyim	Ahass Servis	Persawahan	Pada titik ini tidak terdapat tanda bekas rel, karena sudah tertimbun	



Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Yogyakarta – Bantul (lanjutan)

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	Dokumentasi
		Kanan	Kiri		
7°53'47.6"S 110°19'24.4"E	Jl. KH. Wachid Hasyim	Persawahan	Pemukiman	Terdapat bekas rel kereta sejajar dengan jalan	
7°53'53.5"S 110°19'21.7"E	Jl. Wahid Hasyim Sumuran	SMA Negeri 1 Bantul	Pemukiman	Terdapat bekas rel kereta sejajar dengan jalan	
7°53'55.5"S 110°19'20.9"E	Jl. Wahid Hasyim Sumuran	SMA Negeri 1 Bantul	Pemukiman	Pada titik ini tidak terdapat tanda bekas rel, karena sudah tertimbun	

Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Yogyakarta – Bantul (lanjutan)

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	Dokumentasi
		Kanan	Kiri		
7°54'01.1"S 110°19'18.5"E	Jl. Wahid Hasyim Palbapang	Pemukiman	Pemukiman	Terdapat bekas rel jalur kereta api Yogyakarta-Bantul	
7°54'12.5"S 110°19'17.9"E	Jl, Taskombang	Perkebunan	Pemukiman	Terdapat bekas potongan rel kereta api di sebelah jalan	
7°54'16.0"S 110°19'16.9"E	Jl. KH. Wahid Hasyim, Palbapang	Persawahan	Pemukiman	Pada titik ini terdapat halte palbapang	

Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Yogyakarta – Bantul (lanjutan)

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	Dokumentasi
		Kanan	Kiri		
7°54'16.6"S 110°19'16.4"E	Jl. KH. Wahid Hasyim, Palbapang	Persawahan	Pemukiman	Pada titik ini terdapat bekas rel mengarah ke stasiun Palbapang,Bantul	
7°54'19.5"S 110°19'06.3"E	Jl. Panembahan, Palbapang, Bantul	Stasiun Palbapang	Pemukiman	Stasiun Palbapang, Bantul, Yogyakarta.	

4.2. Penentuan Alternatif Trase Terpilih

Pada bab ini akan dibahas mengenai pemilihan trase alternatif dan perencanaan geometrik jalan rel. Analisis pemilihan trase dilakukan dengan *multy criteria analysis* (MCA) dengan menentukan masing-masing bobot dari dua alternatif trase dan dipilih alternatif trase dengan bobot tertinggi. Pemilihan alternatif trase ditentukan dua pilihan alternatif dengan satu alernatif baru dan satu alternatif trase eksisting. Penentuan alternatif trase untuk reaktivasi jalur kereta api Yogyakarta - Bantul berdasarkan beberapa pertimbangan diantaranya Panjang trase, Persimpangan sebidang, Pembebasan pemukiman, Konstruksi jembatan, Melewati daerah perumahan.

4.2.1 Analisis Trase Alternatif

Terdapat dua trase yang akan dipilih diantaranya trase eksisting jalur kereta api Yogyakarta-Bantul, dan trase alternatif 1 dengan kondisi masing-masing pilihan alternatif trase diantaranya sebagai berikut:

a. Trase Eksisting Yogyakarta-Bantul

Trase eksisting di awali dari Stasiun Yogyakarta dan berakhir di Stasiun Palbapang(Bantul). Sebagian besar trase terletak sejajar dengan jalan raya yang menghubungkan Yogyakarta-Bantul dengan data sebagai berikut:

- Panjang trase eksisting 15 km
- Persimpangan Sebidang 15

Trase eksisting dari kereta api Yogyakarta – Bantul akan di tampilkan pada **Gambar 4.2**



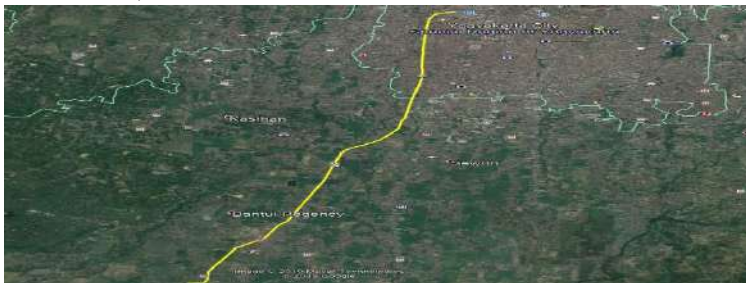
Gambar 4. 2 Gambar Trase Eksisting Yogyakarta - Bantul

b. Trase Alternatif 1

Trase alternatif 1 melewati trase eksisting namun terdapat perbedaan dari trase eksisting (biru) di titik yang ditandai dengan garis warna putih. Dengan data sebagai berikut:

- Panjang trase eksisting 14 km
- Persimpangan Sebidang 20

Trase alternative 1 dari kereta api Yogyakarta – Bantul akan di tampilkan pada **Gambar 4.3**



Gambar 4. 3 Gambar Trase Alternatif 1 Yogyakarta - Bantul

4.2.1 Penentuan Skala Numerik

Skala ini digunakan dalam membandingkan tiap parameter agar menghasilkan parameter yang dirasa lebih penting dari

parameter lain. Penentuan skala numerik yang digunakan dalam tugas akhir ini berpedoman dari buku saaty. Peneyederhanaan diambil dari nilai 1, 3, dan 5. Penentuan ditunjukkan pada **Tabel 4.2** berikut.

Tabel 4. 2 Skala Numerik untuk Membandingkan Beberapa Kriteria

Tingkat Kepentingan	Definisi	Keterangan
1	Sama pentingnya	Kedua elemen mempunyai pengaruh yang sama
3	Sedikit lebih penting	Pengalaman dan penilaian sangat memihak satu elemen dibandingkan dengan pasangannya
5	Lebih penting	Satu elemen sangat disukai dan secara praktis dominasinya sangat nyata, dibandingkan dengan pasangannya

Sumber: Saaty, 1986, Panduan Untuk Menereapkan Analisis Multikriteria dalam Menilai Kriteria

4.2.2 Matriks *Pairwise Comparison*

Perhitungan Matriks Pairwise Comparison ditentukan dahulu masing-masing nilai kriteria untuk menunjukkan keterkaitan antar kriteria yang ada. Penentuan nilai untuk masing-masing keterkaitan kriteria seperti pada **Tabel 4.3**.

Tabel 4. 3 Penilaian Kriteria dengan Matriks *Parwise Comparison*

Kriteria	A	B	C	D	E	F
A	1	3	1	5	1	3
B	0.33	1	0.33	5	1	3
C	1	3	1	3	1	3
D	0.2	0.2	0.33	1	0.2	3
E	1	1	1	5	1	1
F	0.33	0.33	0.33	0.33	1	1

Tabel diatas dapat dijelaskan sebagai berikut.

- A : Panjang trase
- B : Persimpangan sebidang
- C : Pembebasan Pemukiman
- D : Konstruksi Jembatan
- E : Mengurangi Lebar Jalan
- F : Melewati Daerah Perumahan

Setelah dilakukan penilaian terhadap kedudukan masing-masing kriteria pada matriks *paiwise comparison* dilakukan penilaian untuk peringkat masing-masing kriteria dengan mengkuadratkan matriks seperti yang ditunjukkan dibawah ini.

$$= \left[\begin{array}{cccccc} 1 & 3 & 1 & 5 & 1 & 3 \\ 0.33 & 1 & 0.33 & 5 & 1 & 3 \\ 1 & 3 & 1 & 3 & 1 & 3 \\ 0.2 & 0.2 & 0.33 & 1 & 0.2 & 3 \\ 1 & 1 & 1 & 5 & 1 & 1 \\ 0.33 & 0.33 & 0.33 & 0.33 & 1 & 1 \end{array} \right]^2$$

$$= \begin{Bmatrix} 5.99 & 11.99 & 6.66 & 33.99 & 10 & 34 \\ 3.99 & 5.99 & 4.66 & 18.66 & 6.67 & 24 \\ 5.99 & 11.99 & 5.99 & 31.99 & 9.60 & 28 \\ 1.99 & 3.19 & 2.12 & 5.99 & 8.40 & 8.40 \\ 4.66 & 9.33 & 5.33 & 23.33 & 26 & 26 \\ 2.17 & 3.71 & 2.21 & 9.95 & 5.96 & 5.96 \end{Bmatrix}$$

Hasil diatas kemudian dijumlahkan untuk masing-masing barisnya dan didapatkan nilai seperti **Tabel 4.4** berikut.

Tabel 4. 4 Peringkat Masing-masing Kriteria

Kriteria	Penjumlahan Matriks	Eigen Vector	Peringkat
A	102.627	0.285	1
B	63.960	0.178	4
C	92.760	0.258	2
D	25.827	0.072	6
E	74.653	0.207	3
F	27.048	0.075	5
	359.827	1	

Dari hasil diatas didapatkan kriteria A (Panjang Trase) ebagai peringkat ke-1 dan menjadi kriteria paling berpengaruh.

4.2.3 Menghitung Bobot Relatif

Pembobotan relatif trase alternatif menggunakan batasan parameter nilai *low*, *medium* dan *high*. Dengan batasan parameter penilaian masing-masing sebagai berikut.

Tabel 4. 5 Pembagian Batasan Tiap Kriteria

Kriteria	Keterangan	Low	Medium	High
A	Panjang Trase	10 - 20	21-30	31s/d40
B	Persimpangan Sebidang	0/20	21/40	40/60
C	Pembebasan Pemukiman	Jarang	Sedang	Padat
D	Konstruksi Jembatan	1~5	5~10	11~15
E	Mengurangi Lebar Jalan	1~10	11~20	21~30
F	Melewati Daerah Perumahan	Jarang	Sedang	Padat

Dari pembagian batasan tiap kriteria diatas, maka dapat dilihat tiap nilai dari masing-masing kriteria seperti pada **tabel 4.6**

Tabel 4. 6 Penilaian Masing-masing Kriteria

Kriteria	Keterangan	Low	Medium	High
A	Panjang Trase	3	2	1
B	Persimpangan Sebidang	3	2	1
C	Pembebasan Pemukiman	3	2	1
D	Konstruksi	3	2	1
E	Mengurangi lebar jalan	3	2	1
F	melewati Daerah Perumahan	1	2	3

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 4.4 Maka didapat bobot masing-masing kriteria seperti pada **Tabel 4.7.**

Tabel 4. 7 Kriteria Kondisi Masing-masing Trase

Kriteria	Keterangan	Bobot
A	Panjang Trase	28.521
B	Persimpangan Sebidang	17.775
C	Pembebasan Pemukiman	25.779
D	Konstruksi Jembatan	7.178
E	Mengurangi Lebar Jalan	20.747
F	Melewati Daerah Perumahan	7.517

4.2.4 Analisis Alternatif Trase Eksisting

Perhitungan Analisis penilaian dengan *Multi Criteria Analysis* (MCA) untuk alternatif trase eksisting terdapat pada **Tabel 4.8**.

Tabel 4. 8 Penilaian MCA Alternatif Eksisting

Eksisting	kriteria	Nilai	Bobot	Total
A	Panjang Trase	3	28.52	85.56
B	Persimpangan Sebidang	3	17.78	53.33
C	Pembebasan Pemukiman	1	25.78	25.78
D	Konstruksi Jembatan	3	7.18	21.53
E	Mengurangi Lebar Jalan	2	20.75	41.49
F	Melewati Daerah Perumahan	2	7.52	15.03
				242.73

Dari tabel di atas didapatkan nilai MCA untuk alternatif trase eksisting sebesar 242.73 poin.

4.2.5 Analisis Alternatif Trase 1

Perhitungan Analisis penilaian dengan *Multi Criteria Analysis* (MCA) untuk alternatif trase eksisting terdapat pada **Tabel 4.9** berikut.

Tabel 4. 9 Penilaian MCA Alternatif 1

Alternatif 1	kriteria	Nilai	Bobot	Total
A	Panjang Trase	3	28.52	85.56
B	Persimpangan Sebidang	2	17.78	35.55
C	Pembebasan Pemukiman	1	25.78	25.78
D	Konstruksi Jembatan	3	7.18	21.53
E	Mengurangi Lebar Jalan	2	20.75	41.49
F	Melewati Daerah Perumahan	2	7.52	15.03
				224.95

Dari tabel di atas didapatkan nilai MCA untuk alternatif trase eksisting sebesar 224.95 poin.

4.2.6 Trase Terpilih

Dari Analisis masing-masing kedua alternatif pilihan trase didapatkan nilai bobot MCA tertinggi sebesar 242.73 poin. Sehingga alternatif trase terpilih adalah alternatif trase eksisting. Kemudian alternatif trase eksisting akan digunakan dalam Analisis geometrik jalan kereta api Yogyakarta-Bantul.

4.3 Kesimpulan dan Moda Yang Digunakan

Penentuan moda yang digunakan disesuaikan dengan fungsi jalur kereta yang direncanakan, yaitu untuk perjalanan kereta api penumpang. Selain itu moda yang direncanakan digunakan untuk perencanaan fasilitas seperti emplasemen dan peron. Alasan mengapa menggunakan moda transportasi LRT (*Light Rail Transit*) yaitu kereta LRT lebih ringan, pemberhentian untuk stasiun kecil lebih banyak, memiliki dimensi yang lebih kecil untuk lokasi di Yogyakarta sehingga dapat digunakan untuk kota yang memiliki kondisi jalan yang sempit, kecepatan relative lebih rendah, tidak memerlukan pintu perlintasan sebidang, dapat di sebrangin oleh pejalan kaki dan pemukiman yang padat. serta parameter lainnya. Untuk jalur Yogyakarta – Bantul direncanakan menggunakan jenis Light Rapid Transit (LRT). Berikut moda kereta api yang digunakan milik PT. INKA dengan tampilan dan spesifikasi kereta penumpang pada **Gambar 4.4** dan **Tabel 4.10**



Gambar 4. 4 Light Rail Transit
Sumber: PT. INKA

Tabel 4. 10 Data Teknis Kereta LRT

Konfigurasi	Mc1 – T – Mc2
Kecepatan maksimum Operasi	90 km / jam
Lebar sepur	1.435 mm
Panjang <i>carbody</i> kereta	Mc: 17.200mm T: 17.200 mm
Lebar <i>carbody</i> kereta	2.650 mm
Tinggi dari kepala rel	3.820 mm
Kelandaian Maksimum	4%
Berat Kereta	12 ton (beban gandar maksimal)

Sumber: PT. INKA

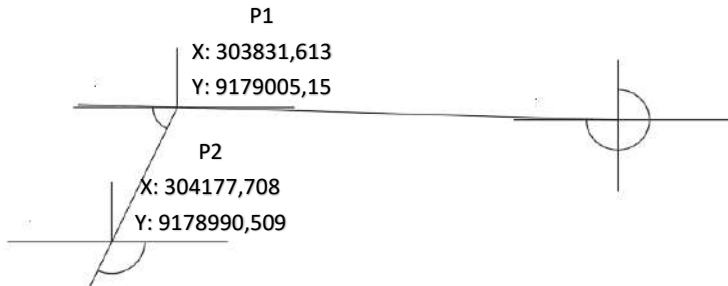
4.4. Perencanaan Geometrik

Pada subbab perencanaan geometri akan dijelaskan mengenai perhitungan geometrik jalan rel, yaitu alinyemen horizontal, alinyemen vertikal, dan Kontruksi jalan rel, dimensi emplasemen dari Yogyakarta – Bantul. Untuk trase yang digunakan yang dicari menggunakan MCA (*Multi Criteria Analysis*) berdasarkan trase terpilih padaa subbab 4.2.6

Dalam perancangan geometrik digunakan alternatif trase terpilih yaitu Trase Eksisting Jalur Kereta Api Yogyakarta-Bantul. Dengan kecepatan 40 km/jam dengan parameter *Spiral-Circle-Spiral* dengan R minimum 200m, lebar *spoor gauge* 1.435 mm. Pada tugas akhir ini menggunakan program bantu AutoCAD Civil 3D 2018. dilakukan melalui tahapan sebagai berikut.

4.4.1 Perhitungan Sudut Azimuth dan Sudut Tikungan

Berikut contoh perhitungan sudut azimuth dan sudut tikungan pada trase terpilih dengan sampel trase pada titik A, PI 1, PI 2 yang akan ditampilkan pada **Gambar 4.5**:



Gambar 4. 5 Sampel Trase Pada Titik A, PI 1, PI 2 Mencari nilai ΔX dan ΔY

$$\begin{aligned}\text{Koordinat } \Delta X (\text{PI } 1) &= X(\text{PI } 1) - X(A) \\ &= 429259,989 - 429829,489 \\ &= -570,5\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Koordinat } \Delta Y (\text{PI } 1) &= Y(\text{PI } 1) - Y(A) \\ &= 9138935.88 - 9138952.743 \\ &= 16.863\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Koordinat } \Delta X (\text{PI } 2) &= X(\text{PI } 2) - X(\text{PI } 1) \\ &= 429109.477 - 429258.989 \\ &= -149.512\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Koordinat } \Delta Y (\text{PI } 2) &= Y(\text{PI } 2) - Y(\text{PI } 1) \\ &= 9138632.464 - 9138952.743 \\ &= -320.279\end{aligned}$$

- a) Mencari Panjang trase tiap titik (L)

$$\begin{aligned}\text{Titik A ke titik PI 1} &= \sqrt{\Delta X (\text{PI 1})^2 + \Delta Y (\text{PI 1})^2} \\ &= \sqrt{(-570,5)^2 + 16,863^2} \\ &= 570.7491662\text{m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Titik PI 1 ke titik PI 2} &= \sqrt{\Delta X (\text{PI 2})^2 + \Delta Y (\text{PI 2})^2} \\ &= \sqrt{(-149,512)^2 + (-320,729)^2} \\ &= 353.4578843\end{aligned}$$

- b) Mencari sudut azimuth

$$\begin{aligned}\text{Sudut PI 1 (Kuadran 4)} &= \tan^{-1} \times \frac{\text{koordinat } \Delta X (\text{PI 1})}{\text{koordinat } \Delta Y (\text{PI 1})} + 360 \\ &= \tan^{-1} \times \frac{-570,5}{16,863} + 360 \\ &= 271,67\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Sudut PI 2 (Kuadran 3)} &= \tan^{-1} \times \frac{\text{koordinat } \Delta X (\text{PI 2})}{\text{koordinat } \Delta Y (\text{PI 2})} + 180 \\ &= \tan^{-1} \times \frac{-149,512}{-320,279} + 180 \\ &= 205,0240\end{aligned}$$

- c) Mencari sudut tikungan PI 1

$$\begin{aligned}&= \text{sudut azimuth PI 2} - \text{sudut azimuth PI 1} \\ &= 205,0240 - 271,67 \\ &= -66,669\end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan lebih lengkap dari perhitungan azimuth (α) dan sudut tikungan (Δ) disajikan pada **Tabel 4.11**

Tabel 4. 11 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Sudut Azimuth (α) dan Sudut Tikungan (Δ)

Titik	$\Delta(^{\circ})$	R min (m)	R rencana	V rencana (m/s)	tt(m)	Da	E(mm)	Ls(m)	θs	ρ	k	Ts	Es	Lc	Xs	Ys	STA	
A																		
P1	66.66906	25	200	40	11.11111	22.8	871.838	96	30.72	4.402547771	6.67638	9.072147648	566.794	6.637009	0.708557	8.133027	0+555.43	
P2	20.14515	25	200	40	11.11111	22.8	871.838	96	30.72	4.402547771	6.67638	9.072147648	165.4711069	1.300707	0.708557	8.133027	0+893	
P3	3.42295	25	550	40	11.11111	22.8	317.032	34.90909	11.17090909	0.582150077	0.535421	5.522947369	-3882.04768	0.712433	0.708557	2.115821	1+895	
P4	21.91268	25	200	40	11.11111	22.8	871.838	96	30.72	4.402547771	6.67638	9.072147648	5273.992116	-4095.8	1.503443	8.133027	2+800	
P5	45.43352	25	200	40	11.11111	22.8	871.838	96	30.72	4.402547771	6.67638	9.072147648	896.903	4.201288	0.708557	8.133027	3+071	
P6	24.15985	25	200	40	11.11111	22.8	871.838	96	30.72	4.402547771	6.67638	9.072147648	1406.97	1.761194	0.708557	8.133027	3+363	
P7	8.122852	25	300	40	11.11111	22.8	581.2253	64	20.48	1.956687898	2.919877	9.063373917	406.7395139	0.724742	13.90601	11.11995	3+819	
P8	5.02088	25	350	40	11.11111	22.8	498.1931	54.87514	17.55428571	1.437566619	1.954546	8.206041977	-235.9325643	0.440623	14.25706	7.248818	5+054	
P9	5.249243	25	350	40	11.11111	22.8	498.1931	54.87514	17.55428571	1.437566619	1.954546	8.206041977	-191.896589	68.9051	14.25706	7.248818	5+444	
P10	20.4665	25	200	40	11.11111	22.8	871.838	96	30.72	4.402547771	6.67638	9.072147648	225.5133842	873.9046	0.708557	8.133027	5+452	
P11	41.17992	25	200	40	11.11111	22.8	871.838	96	30.72	4.402547771	6.67638	9.072147648	-1197.78425	3.713399	0.708557	8.133027	5+971	
P12	60.51193	25	200	40	11.11111	22.8	871.838	96	30.72	4.402547771	6.67638	9.072147648	465.362135	1690.671	0.708557	8.133027	6+432	
P13	15.44434	25	200	40	11.11111	22.8	871.838	96	30.72	4.402547771	6.67638	9.072147648	1567.962795	2745.705	0.761523	8.133027	6+828	
P14	14.55344	25	200	40	11.11111	22.8	871.838	96	30.72	4.402547771	6.67638	9.072147648	326.4194781	1551.888	0.659336	0.708557	7+797	
P15	6.077348	25	300	40	11.11111	22.8	581.2253	64	20.48	1.956687898	2.919877	9.063373917	22.223452	277.0377	13.90601	11.11995	9+109	
P16	26.96823	25	200	40	11.11111	22.8	871.838	96	30.72	4.402547771	6.67638	9.072147648	1513.319	2.083316	0.708557	8.133027	11+136	
P17	24.10826	25	200	40	11.11111	22.8	871.838	96	30.72	4.402547771	6.67638	9.072147648	-107.142195	1410.283	1.755277	0.708557	11+333	
P18	28.73142	25	200	40	11.11111	22.8	871.838	96	30.72	4.402547771	6.67638	9.072147648	-879.452052	260.9289	2.285554	0.708557	12+062	
P19	27.44678	25	200	40	11.11111	22.8	871.838	96	30.72	4.402547771	6.67638	9.072147648	479.7259458	1687.207	2.138206	0.708557	8.133027	12+720
P20	183.1825	25	200	40	11.11111	22.8	871.838	96	30.72	4.402547771	6.67638	9.072147648	117.9995016	939.5494	20.00112	0.708557	8.133027	13+944
P21	0	25	200	40	11.11111	22.8	871.838	96	30.72	4.402547771	6.67638	9.072147648	1379.85	-1.00995	0.708557	8.133027	14+430	
B																		

4.4.2. Perhitungan Lengkung Horizontal

Perencanaan alinyemen horisontal menggunakan parameter lengkung SCS (Spiral-Circle-Spiral) untuk semua tikungan yang dapat mengakomodasi peralihan sudut kemudi menjadi lebih halus.

Parameter yang dibutuhkan untuk menentukan lengkung horizontal pada titik PI 1 adalah:

- Δ PI 7 = 8.12285°
- R rencana = 300 m
- V rencana = 40 km/jam

a) Peninggian Rel (h)

$$\begin{aligned} E &= 12 \times \frac{V^2}{R} \\ &= 12 \times \frac{40^2}{300} \\ &= 64 \text{ mm} \end{aligned}$$

b) Lengkung Peralihan / Spiral (Ls)

$$\begin{aligned} L_s &= 0,008 \times V \times E \\ &= 0,008 \times 40 \times 64 \\ &= 20,48 \text{ m} \end{aligned}$$

c) Sudut lengkung peralihan / spiral (Θ_s)

$$\begin{aligned} \Theta_s &= \frac{1}{2} \times \frac{L_s}{R} \\ &= \frac{1}{2} \times \frac{30,7}{200} \\ &= 0.0341 \text{ rad} = 1.9566^\circ \end{aligned}$$

d) Panjang Lengkung Peralihan / circle (Lc)

$$\begin{aligned} L_c &= \frac{\Delta c - 2\Theta_s}{Dc} \times 100 \\ &= \frac{8.12285 - 2(1.9566^\circ)}{871,838} \times 100 \\ &= 6,6370 \text{ m} \end{aligned}$$

- e) Jarak dari busur lingkaran tergeser terhadap sudut tangen (p)

$$\begin{aligned}
 p &= Ls \times \frac{\theta s}{12} - \frac{\theta s^3}{335} + \frac{\theta s^5}{15840} \\
 &= 20,48 \times \frac{1.9566}{12} - \frac{1.9566^3}{335} + \frac{1.9566^5}{15840} \\
 &= 2.91988 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- f) Jarak dari titik Ts ke titik P (K)

$$\begin{aligned}
 k &= Ls \times \left(\frac{1}{2} - \frac{\theta s^2}{60} + \frac{\theta s^4}{2160} - \frac{\theta s^6}{131040} \right) \\
 &= Ls \times \left(\frac{1}{2} - \frac{\theta s^2}{60} + \frac{\theta s^4}{2160} - \frac{\theta s^6}{131040} \right) \\
 &= 9,06 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- g) Jarak dari titik TS ke titik PI (Ts)

$$\begin{aligned}
 Ts &= (R + p) \times \operatorname{tg}\left(\frac{1}{2}\Delta\right) + k \\
 &= (200 + 2.92) \times \operatorname{tg}(1.9566/2) + 9,06 \\
 &= 406.74 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- h) Jarak eksternal total dari PI ke tengah Lc (E)

$$\begin{aligned}
 E &= (R+p) \cos\left(\frac{1}{\cos\frac{\Delta}{2}} - 1\right) + p \\
 &= (200+2.92) \cos\left(\frac{1}{\cos\frac{1.9566}{2}} - 1\right) + 2.92 \\
 &= 64 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- i) Jarak dari titik TS ke titik proyeksi pusat Ys(Xs)

$$\begin{aligned}
 Xs &= Ls \times \left(1 - \frac{\theta s^2}{10} + \frac{\theta s^4}{216} - \frac{\theta s^6}{9360} \right) \\
 &= 20,48 \times \left(1 - \frac{1.9566^2}{10} + \frac{1.9566^4}{216} - \frac{1.9566^6}{9360} \right) \\
 &= 13.9 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- j) Jarak dari titik SC ke garis proyeksi TS (Ys)

$$\begin{aligned}
 Ys &= Ls \times \left(\frac{\theta s}{3} - \frac{\theta s^3}{42} + \frac{\theta s^5}{1320} - \frac{\theta s^7}{75600} \right) \\
 &= 20,48 \times \left(\frac{1.9566}{3} - \frac{1.9566^3}{42} + \frac{1.9566^5}{1320} - \frac{1.9566^7}{75600} \right) \\
 &= 10,1199 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan lebih lengkap dari perhitungan alinyemen horizontal disajikan pada **Tabel 4.12** Perhitungan Alinyemen Horizontal.

4.4.3. Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal atau biasa juga disebut penampang melintang jalan didefinisikan sebagai perpotongan antara potongan bidang vertikal dengan badan jalan arah memanjang (Sukirman, 1994). Sesuai Kriteria desain pada bab sebelumnya dengan kecepatan 40km/jam, berikut ini adalah parameter yang harus dikerjakan dalam menentukan perhitungan alinyemen vertikal:

4.4.3.1. Elevasi Eksisting

Penentuan elevasi tiap-tiap STA dilakukan dengan membagi trase sepanjang setiap 200 m secara konstan. Untuk perhitungan elevasi dilakukan dengan melihat program Civil 3D.

4.4.3.2. Perhitungan Lengkung Vertikal

Untuk contoh perhitungan akan diambil titik STA 13+000. Parameter yang dibutuhkan untuk menentukan lengkung vertikal adalah:

- Vrencana = 40 km/jam
- Elevasi PPV = +37,94 m (Elevasi rencana)

$$\begin{aligned} L_{vc} &= 0,01 (g_2 - g_1) R_v \\ &= 0,01 ((-1,88) - (-0,52)) 6000 \\ &= 143,9 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_v &= 6000 \text{ m} \\ e &= \frac{(g_2 - g_1)}{8} \times L_{vc} \\ &= \frac{(-0,65\% - (-0,45\%))}{8} \times 143,9 \\ &= 0,432 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elevasi PVC} &= PV1 - G1 \times \frac{1}{2} \times L_{vc} \\ &= 37,94 \times \frac{1}{2} \times 143,9 \\ &= 111,05 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi PVT} &= PV1 - G2x\frac{1}{2}xLvc \\
 &= 104.41 - (-0.65\% \times \frac{1}{2} \times 143,9) \\
 &= 111,38\text{m}
 \end{aligned}$$

Untuk detail hasil perhitungan lebih lengkap dari perencanaan lengkung vertikal, akan disajikan pada **Tabel 4.13** Perhitungan Alinyemen Vertikal

4.5. Kontruksi Struktur Jalan Rel

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai struktur jalan rel yang akan digunakan untuk geometri jalan rel Yogyakarta - Bantul

4.5.1 Kecepatan Rencana

Kecepatan Rencana adalah kecepatan yang digunakan untuk sisi keamanan dalam merencanakan konstruksi jalan rel dan geometri, dimana:

$$V_{rencana} = 1,25 \times V_{maks}$$

$$V_{rencana} = 1,25 \times 40 \text{ km/jam}$$

$$V_{rencana} = 50 \text{ km/jam}$$

4.5.2 Beban Gandar

Beban Gandar adalah beban yang diterima oleh jalan rel dari satu gandar, untuk beban gandar dengan lebar sepur 1435 mm menurut PT. INKA yang bekerja sama dengan PT Adhi Karya beban maksimum sebesar 12 ton

4.5.3 Rencana Dimensi Profil Rel

Dimensi Rel direncanakan memakai tipe rel 115 RE . Dengan contoh perhitungan sebagai berikut.

Tipe Rel	= 115 RE
Berat Rel Permeter	= 56,9 kg/m
Momen Inersia (Ix)	= 2726 cm ⁴
Modulus Elastisitas (E)	= 2,1x10 ⁶ kg/cm ²
Luas Penampang (S)	= 72,37 cm ²
Jarak tepi bawah ke garis netral (G)	= 82,55 mm ³
Beban Gandar LRT	= 12 Ton
Tegangan Izin Rel	= 2000 kg/cm ²
Tegangan Dasar rel	= 1343 kg/cm ²
Tahanan Momen Dasar (Wb)	= 295 cm ³
Modulus Elastisitas Jalan Rel (k)	= 180 kg/cm ²
Sambungan Rel	= <i>Flash Butt Welding</i> (pengelasan langsung di lokasi)

Perhitungan transformasi beban roda dinamis menjadi statis menggunakan persamaan Talbot berikut:

- a. Beban Dinamis Roda (Pd)

$$P_{statis} = \frac{12000kg}{2}$$

$$P_{statis} = 6000kg$$

$$P_{dinamis} = P + 0,01 \times P \times \left(\frac{V}{1,609} - 5 \right)$$

$$P_{dinamis} = 6000 + 0,01 \times 6000 \times \left(\frac{50}{1,609} - 5 \right)$$

$$P_{dinamis} = 7564,5 kg$$

- b. Dumping Faktor (λ)

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{K}{4 \times E \times I_x}}$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{180}{4 \times (2,1 \times 10^6) \times 2726}}$$

$$\lambda = 0.00942cm^{-1}$$

- c. Momen Maksimum (Ma)

$$M_o = \frac{P_d}{4 \times \lambda}$$

$$M_o = \frac{7191,6kg}{4 \times 0,00942}$$

$$M_o = 200841,79cm$$

$$M_a = 0,85 \times M_o$$

$$M_a = 0,85 \times 190941,036$$

$$M_a = 1701715,52cm$$

- d. Cek terhadap Tegangan Izin rel

$$\sigma_{izin} = \frac{(M_a \times G)}{I_x}$$

$$\sigma_{izin} = \frac{(1701715,5 \times 8,25)}{2726}$$

$$\sigma_{izin} = 578,69 \text{ kg/cm}^2 < 2000 \text{ kg/cm}^2$$

Memenuhi syarat (OK)

e. Cek terhadap Tegangan Dasar Rel

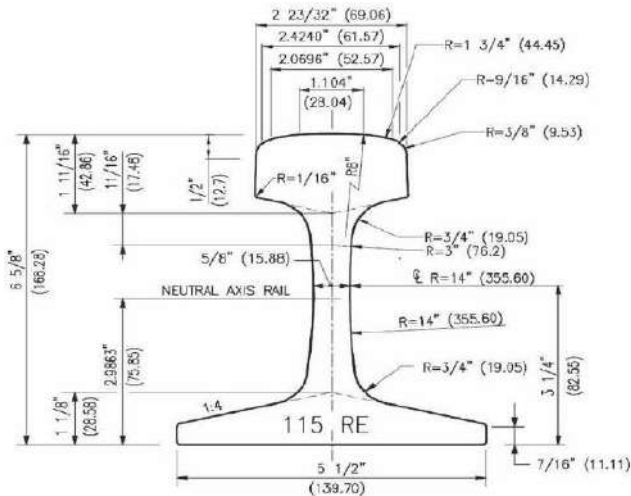
$$S_{base} = \frac{M_a}{W_b}$$

$$S_{base} = \frac{1701715,5}{295}$$

$$S_{base} = 516,65 \text{ kg/cm}^2 < 1343 \text{ kg/cm}^2$$

Memenuhi Syarat (OK)

Maka dari hasil perhitungan diatas tipe rel 115 RE memnuhi syarat untuk digunakan sebagai perencanaan jalan rel. Dimensi rel terpilih dapat dilihat pada **Gambar 4.6** di bawah ini:



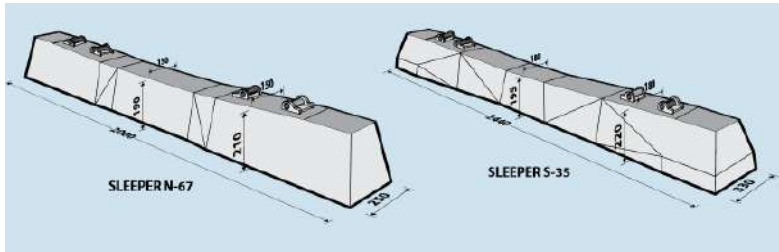
Gambar 4. 6 Ukuran Penampang Rel 115 RE

Sumber: TCRP Report 155 Track Design Light Rail

4.5.4. Penentuan Tipe Bantalan

Berdasarkan TCRP Report 155 Track Design Handbook Light Rail, untuk perencanaan jalan kereta api, Jenis bantalan S-35

dengan Panjang 2,44 meter dengan jenis bantalan beton yang dinilai lebih mudah dalam pengadaan dan lebih tahan lama. Dalam tugas akhir ini untuk perencanaan bantalan menggunakan produksi dari PT. Wijaya Karya (Persero) tbk



Gambar 4. 7 Bantalan Beton

Sumber: PT. Wijaya Karya (Persero) tbk

Pada jalur kereta api Yogyakarta-Bantul menggunakan lebar sepur 1435 mm, untuk tipe bantalan menggunakan tipe bantalan S-35. Untuk dimensi dan spesifikasinya bantalan akan ditampilkan pada **Tabel 4.14** dan **Tabel 4.15**

Tabel 4. 14 PC Sleepers Dimension

Type	Sleeper Length (mm)	Depth (mm)		Width at Rail Seat (mm)		Width at Center (mm)	
		at rail seat	at center	Upper	Bottom	Upper	Bottom
N-67	2000	210	190	150	250	150	226
S-35	2440	220	195	190	310	180	240
W-20	2700	195	145	224	300	182	250

Sumber: PT. Wijaya Karya (Persero) tbk

Tabel 4. 15 PC Sleepers Dimension Specification

Type * **	Track Gauge (mm)	Design Axle Load (ton)	Train Speed (km/h)	Sleeper Weight (kg)	Design Bending Moments (kg.m)				Design Reference ***
					Moments at Rail Seat		Moments at Centre		
					positive (+)	negative (-)	positive (+)	negative (-)	
N-67	1067	18	120	190	1500	750	660	930	PERUMKA PD - 10
S-35	1435	25	200	330	2300	1500	1300	2100	AREMA
W-20	1520	23	120	275	1300	-	-	980	GOST 10629 Grade-1

Sumber: PT. Wijaya Karya (Persero) tbk

4.5.4.1. Data Bantalan

- Lebar sepur = 1435 mm
- Panjang bantalan = 2440 mm
- Kekuatan material (f_c') = 600 kg/cm²
- Momen inersia bantalan:
 - Di bawah rel (A) = 21757,491 cm⁴
 - Di tengah bantalan (B) = 12887,705 cm⁴
- Kemampuan momen:
 - Di bawah rel (+) = 2300 kgm
 - Di bawah rel (-) = 1500 kgm
 - Di tengah bantalan (+) = 1300 kgm
 - Di tengah bantalan (-) = 2100 kgm

- Nilai modulus elastisitas:

$$E = 6400 \times \sqrt{f_c'}$$

$$E = 6400 \times \sqrt{600}$$

$$E = 156767,34 \text{ kg/cm}^2$$

- Dumping faktor (λ):

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{K}{4 \times E \times I.A}}$$

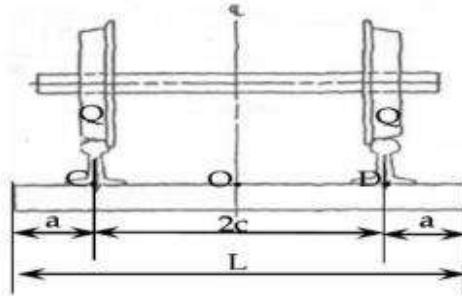
Dengan menggunakan rumus di atas, didapatkan nilai λ :

- λ di bawah rel = 0,0107
- λ di tengah bantalan = 0,0122

Kemudian dilanjutkan perhitungan kekuatan struktur, dimana momen pada daerah bawah rel dan tengah bantalan yang akan dijadikan parameter apakah beban yang akan dipikul oleh bantalan masih di bawah kemampuan dari bantalan.

4.5.4.2. Kekuatan Struktur Bantalan

Beban yang akan diterima bantalan dapat digambarkan seperti pada **Gambar 4.8**:



Gambar 4. 8 Dimensi Bantalan dan Posisi Beban

- | | | |
|----|-----------------------------------|------------------|
| a) | Panjang bantalan (L) | = 244 cm |
| b) | Jarak as rel ke tepi bantalan (a) | = 46,87cm |
| c) | Jarak antar as rel (c) | = 75,20 cm |
| d) | λ di bawah rel | = 0,0107 |
| e) | λ di tengah bantalan | = 0,0122 |
| f) | Q | = 60% x Pd |
| | | = 60% x 7564,5kg |
| | | = 4538,7 kg |

Tabel 4. 16 Perhitungan Fungsi Trigonometri Dari Momen di Bawah Rel dan Tengah Bantalan

Keterangan	Momen Pada Bawah Rel	Momen Pada Tengah Bantalan
$\sin \lambda L$	0.03740185	0.042630562
$\sinh \lambda L$	0.037419302	0.042656411
$\cosh \lambda a$	1.000032498	1.000042225
$\cosh 2 \lambda c$	1.000226569	1.000294389
$\cosh \lambda L$	1.000699857	1.000909371
$\cos \lambda a$	0.999967502	0.999957775
$\sinh 2 \lambda a$	0.016124657	0.018380377
$\sin 2 \lambda c$	0.02128501	0.024261762
$\sinh 2 \lambda c$	0.021288225	0.024266524
$\sin 2 \lambda a$	0.016123259	0.018378308
$\cos 2 \lambda c$	0.999773449	0.99970564
$\cos \lambda L$	0.999300306	0.999090904
$\sinh \lambda c$	0.01064351	0.012132369
$\sin \lambda c$	0.010643108	0.012131774
$\sin \lambda (L-c)$	0.02676407	0.03050668
$\sinh \lambda (L-c)$	0.026770463	0.030516148
$\cosh \lambda c$	1.000056641	1.000073594
$\cos \lambda (L-c)$	0.999641778	0.999534563
$\cos \lambda c$	0.999943361	0.999926407
$\cosh \lambda (L-c)$	1.000358265	1.000465509

Setelah diketahui nilai trigonometri (λ), selanjutnya nilai-nilai di atas dihitung momen pada bawah rel (Momen C/D) dan momen ditengah bantalan (Momen O).

- Momen di bawah rel (Momen C/D):k

$$\frac{Q}{4\lambda} \times \frac{1}{(\sin\lambda \times L) + (\sinh\lambda \times L)} \times \left[\begin{array}{l} (2 \times \cosh^2\lambda a) \times (\cos 2\lambda c + \cosh\lambda L) - \\ (2 \times \cosh^2\lambda a) \times (\cosh 2\lambda c + \cos\lambda L) - \\ (\sinh 2\lambda a) \times (\sin 2\lambda c + \sinh\lambda L) - \\ (\sin 2\lambda a) \times (\sinh 2\lambda c + \sinh\lambda L) \end{array} \right]$$

$$= 105872,8 \times 13,3652 \times 0,00052$$

$$= 735,3571 \text{ kg.cm} < 23000 \text{ kg.cm (Memenuhi)}$$

- Momen di tengah bantalan (Momen O):

$$-\frac{Q}{2\lambda} \times \frac{1}{(\sin\lambda \times L) + (\sinh\lambda \times L)} \times \left[\begin{array}{l} (\sinh\lambda c) \times (\sin\lambda c + \sinh\lambda(L-c)) + \\ (\sin\lambda c) \times (\sinh\lambda c + \sinh\lambda(L-c)) + \\ (\cosh\lambda c) \times (\cos\lambda(L-c)) - \\ (\cos\lambda c) \times (\cosh\lambda(L-c)) \end{array} \right]$$

$$= -1857672 \times 11,725 \times 0,000251$$

$$= -546,585 \text{ kg.cm} < -21000 \text{ kg.cm (Memenuhi)}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut dapat diketahui bantalan yang direncanakan memenuhi untuk kapasitas momen pada bagian bawah rel dan di tengah rel.

Kelebihan dengan menggunakannya bantalan beton adalah

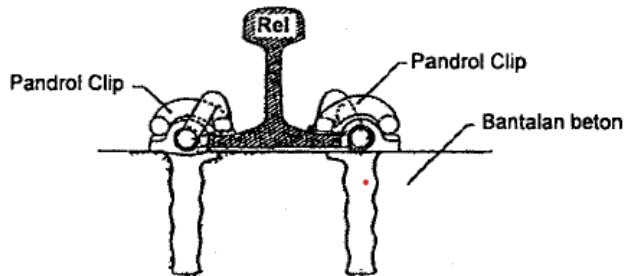
- Produksi yang murah
- Mampu menopang kereta dengan bobot yang lebih besar
- Lebih awet memiliki masa pakai yang lama
- Lebih tahan terhadap cuaca
- Perawatan yang lebih rendah daripada bantalan kayu dan mampu mempertahankan posisi lebih stabil dari awal pemasangan.
- Tingkat kebisingan yang lebih rendah.

4.5.5. Penambat Rel

Penambat rel adalah pengikat rel ke bantalan rel kereta api. Alat penambat harus mampu menjaga kedudukan kedua rel agar tetap, kokoh, dan tidak bergeser saat berada di atas bantalan.

Penambat rel yang digunakan adalah tipe penambat rel pandrol dengan karakteristik pengerjaan yang mudah, kuat dan tidak mudah lepas, jumlah komponen yang sederhana dan sedikit, kuat jepit cukup tinggi minimum 600 kgf, apabila diberi alas *Rubber Pad* pada kaki rel akan menjadi elastis ganda.

Untuk perencanaan penambat rel ini adalah komponen penyusun alat penambatnya:



Gambar 4. 9 Komponen Penambat Rel

Sumber: Utomo, 2009

4.5.6. Perencanaan Balas dan Sub Balas

lapisan balas dan sub-balas pada dasarnya adalah terusan dari lapisan tanah dasar dan terletak di daerah yang mengalami konsentrasi tegangan yang terbesar akibat lalu lintas kereta pada jalan rel, Fungsi utama balas dan sub balas adalah untuk:

- Meneruskan dan menyebarkan beban bantalan ke tanah dasar.
- Mengokohkan kedudukan bantalan.
- Meluruskan air sehingga tidak terjadi penggenangan air di sekitar bantalan rel.

4.5.6.1 Balas

Fungsi utama balas adalah memberikan dukungan dan meneruskan beban bantalan ke tanah tanah dasar, menahan kemungkinan pergeseran bantalan dan rel baik arah melintang maupun membujur, memudahkan air mengalir sehingga tidak terjadi penggenangan air di sekitar bantalan dan rel.

Material pembentuk balas harus memenuhi syarat berikut:

- Balas harus terdiri dari batu pecah (25 – 60) mm dan memiliki kapasitas ketahanan yang baik, ketahanan gesek yang tinggi dan mudah dipadatkan.
- Material balas harus bersudut banyak dan tajam.
- Porositas maksimum 3%.
- Kuat tekan rata-rata maksimum 1000 kg/cm².
- Specific gravity minimum 2,6.
- Kandungan tanah, lumpur dan organik maksimum 0,5%.
- Kandungan minyak maksimum 0,2%.
- Keausan balas sesuai dengan test Los Angeles tidak boleh lebih dari 25%.

Pada Syarat dimensi balas meninjau dari TCRP Report 155 terdapat pada **Gambar 4.10** yaitu:

- Tebal Balas: 255 mm
- Lebar Balas: 3,5 meter

4.5.6.2 Sub Balas

Sub Balas adalah lapisan bawah balas yang berupa pasir dan batu, berfungsi sebagai lapisan penyaring (filter) antara tanah dasar dan lapisan balas dan harus dapat mengalirkan air dengan baik.

Untuk ketentuan sub-balas harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- Material sub-balas dapat berupa campuran kerikil (gravel) atau kumpulan agregat pecah dan pasir;
- Material sub-balas tidak boleh memiliki kandungan material organik lebih dari 5%;
- Untuk material sub-balas yang merupakan kumpulan agregat pecah dan pasir, maka harus mengandung sekurang-kurangnya 30% agregat pecah;
- Lapisan sub-balas harus dipadatkan sampai mencapai 100% γ_d menurut percobaan ASTM D 698.

Untuk standar saringan dan detail dimensi balas dan sub balas berdasarkan PM. 60 tahun 2012 dijelaskan pada **Tabel 4.17**, dan **Gambar 4.10** dibawah ini.

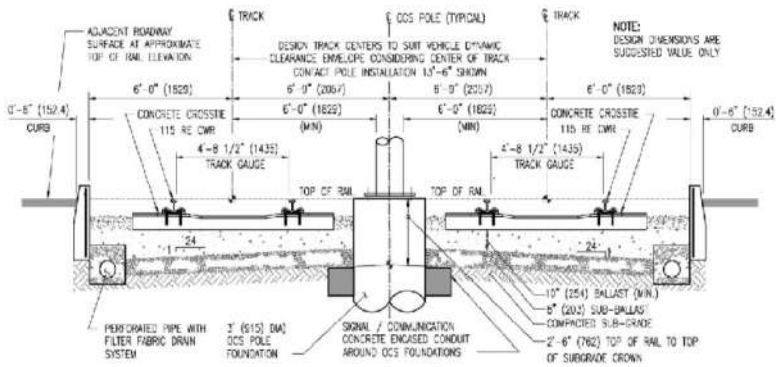
Tabel 4. 17 Standar Saringan

Standar Jaringan ASTM	Presentase Lolos (%)
2 ½"	100
¾"	50-100
No. 4	25-95
No. 40	5-35
No. 200	0-10

Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan RI 60 Tahun 2012

Sedangkan untuk sub balas menurut TCRP Report 155 mempunyai dimensi sebagai berikut pada **Gambar 4.10**:

- Tebal Sub Balas; 200 mm
- Lebar Sub Balas: 3,5 meter



Gambar 4. 10 Penampang Melintang Lebar Jalan Rel 1435mm
Sumber: TCRP Report 155 Track Design Handbook Light Rail

4.5.7. Perencanaan Peron

Peron adalah jalan lantai yang sejajar dengan kereta api sebagai tempat turunnya penumpang. Syarat-syarat pada perencanaan peron yang telah ditentukan sebagai berikut:

- Panjang peron sesuai dengan rangkaian terpanjang kereta api penumpang yang beroperasi.
- Tinggi peron dengan tinggi lantai kereta memiliki tinggi elevasi yang sama
- Selisih tinggi maksimal antar peron dengan lantai kereta adalah 50 mm
- Lebar peron ditentukan berdasarkan jumlah penumpang dengan menggunakan formula sebagai berikut:

$$b = \frac{0,64 \text{ m}^2/\text{orang} \times V \times L F}{I}$$

Dimana:

- b = Lebar peron (m)
- V = Jumlah rata-rata penumpang per jam sibuk dalam satu tahun (orang)
- LF = Load factor (80%)
- I = Panjang peron sesuai dengan rangkaian terpanjang kereta api penumpang yang beroperasi

Pada contoh perhitungan dimensi peron yang akan ditentukan adalah Stasiun Yogyakarta. Jenis kereta yang digunakan adalah LRT (Light Rail Transit), berdasarkan data yang didapat dari subbab 4.3 dimensi moda kereta api yang digunakan adalah:

- Konfigurasi = $Mc1 - T - Mc2$
- Panjang kereta
 - Mc = 17.200 mm
 - MT = 17.200 mm
- Total Panjang kereta = 51.600 mm
- Lebar kereta = 2.650 mm
- Tinggi kereta = 3.600 mm
- Kapasitas Tempat Duduk = 80 Seat
- Kapasitas Untuk Berdiri = 320 Seat

4.5.7.1 Panjang Peron

Untuk Panjang peron dihitung menggunakan ketentuan dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 L_p &= 2 \times (\text{Panjang KA} + \text{Penghubung Rangkaian}) \\
 &= 2 \times (51.6 \text{ m}) \\
 &= 103.2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4.5.7.2 Lebar Peron

$$b = \frac{0,64 \text{ m}^2/\text{orang} \times V \times LF}{I}$$

$$b = \frac{0,64 \text{ m}^2/\text{orang} \times 400 \times 80\%}{103,2}$$

$$= 1,98 \text{ mm}$$

Persyaratan Teknis Bangunan Kereta Api lebar peron diatas tidak boleh kurang dari ketentuan lebar peron minimum. Dalam perencanaan geometri jalan rel Yogyakarta - Bantul ini menggunakan moda LRT (Light Rapid Transit) dengan tinggi lantai kereta adalah 1.000 mm yang masuk kedalam jenis peron tinggi dengan dimensi peron seperti **Tabel 4.18** Dibawah ini:

Tabel 4. 18 Dimensi Peron

No	Jenis Peron	Di Antara Dua Jalur	Di Tepi Jalur
1	Tinggi	2 Meter	1,65 Meter
2	Sedang	2,5 Meter	1,9 Meter
3	Rendah	2,8 Meter	2,05 Meter

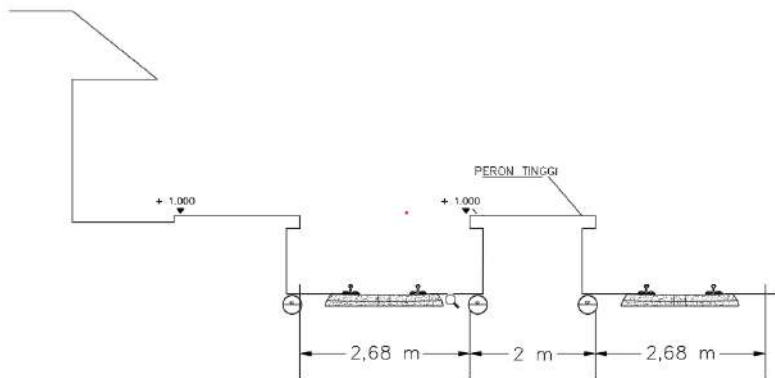
Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan RI 29 Tahun 2011

4.5.7.3 Jarak Antar Peron

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar peron} &= \text{Lebar Kereta} + (2 \times \text{celah badan kereta dan peron}) \\ &= 2,65 \text{ m} + (2 \times 0,015) \\ &= 2,68 \end{aligned}$$

4.5.7.4 Tinggi Peron

Tinggi peron adalah setinggi lantai kereta, untuk Stasiun Dema direncanakan menggunakan peron tinggi dengan tinggi peron 1000 mm. Dari seluruh perhitungan diatas dapat divisualisasikan dimensi peron seperti pada **Gambar 4.13**



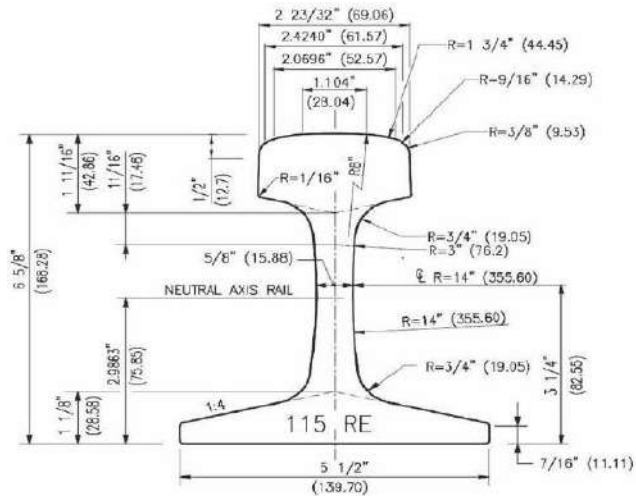
Gambar 4. 11 Dimensi Peron Stasiun Winongo

4.5.8. Perencanaan Wesel

Setelah melakukan perencanaan peron maka dilakukan perencanaan wesel. Wesel merupakan konstruksi jalan rel yang paling rumit dengan beberapa persyaratan dan ketentuan pokok yang harus dipatuhi. Untuk pembuatan komponen-komponen wesel yang penting khususnya mengenai komposisi kimia dari bahannya. Jenis wesel yang digunakan adalah jenis wesel 1:12

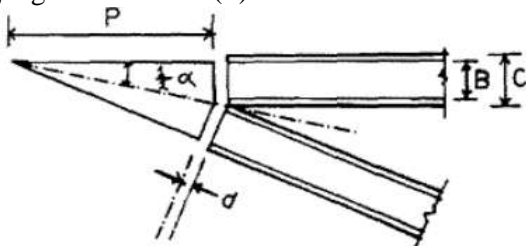
Berikut adalah data perencanaan wesel dan emplasemen stasiun baru:

- Jenis Wesel
 Nomor wesel yang dipakai: W12
 Kecepatan ijin: 45 km/jam
 Sudut wesel: $\text{tg}(1:12)$
- Untuk rel yang digunakan adalah tipe 115 RE



Gambar 4. 12 Jenis tipe rel 115 RE
Sumber; TCRP Report 155

- Berikut data lebar kepala dan kaki rel
Lebar Kaki Rel: 139,7
Lebar Kepala Rel: 69,09
- Panjang Jarum Wesel (P)



Gambar 4. 13 Panjang Jarum Wesel
Sumber: Utomo, 2009

$$\begin{aligned}
 \text{a) Sudut simpang arah} &= \text{tg } (1:12) \\
 &= \tan^{-1}(1:12) \\
 &= 4,7636^\circ
 \end{aligned}$$

$$\text{b) Lebar Kaki Rel: } 69,09 \text{ mm}$$

$$\text{c) Lebar Kepala: } 139,7 \text{ mm}$$

$$\text{d) Jarak Siar: } 3 \text{ mm } (d_{\max} = 3 \text{ mm})$$

$$P = \frac{B + C}{2 \text{tg}(\frac{\alpha}{2})} - d$$

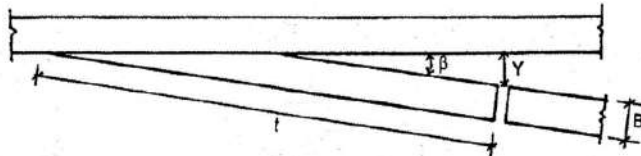
$$P = \frac{69.1 + 139.7}{2 \text{tg}(\frac{4.7636}{2})} - 3$$

$$P = 2506.942 \text{ mm}$$

Jadi panjangnya jarum wesel yang dibutuhkan dalam perencanaan adalah : $P = 2,507 \text{ m}$

- Panjang Lidah Wesel

Perhitungan panjang lidah wesel sebagai berikut:



Gambar 4. 14 Panjang Lidah Wesel

Sumber: Utomo, 2009

$$\begin{aligned}
 \text{a) Besar Sudut Tumpu} &= \text{tg } (1: 30) \\
 &= \tan^{-1} (1/30) \\
 &= 1,3222^\circ
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b) Lebar Kepala Rel} &= 69,09 \text{ mm} \\
 &= 140 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

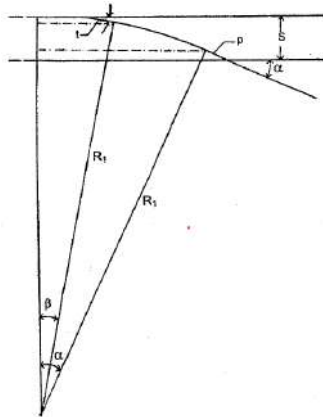
$$t > \frac{B + Y}{\sin B}$$

$$t > \frac{69,1 + 140}{\sin 1,3322}$$

$$t > 8993,7311 \text{ mm} = 8,994 \text{ m}$$

Panjang lidah wesel yang didapat adalah: $t = 8,994 \text{ m}$

- Jari – Jari Wesel
Lengkung jari-jari wesel dihitung sebagai berikut:



Gambar 4. 15 Jari-jari wesel

Sumber: Utomo, 2009

- | | |
|---------------------|-------------|
| a) Vjin masuk wesel | = 45 km/jam |
| b) Lebar Sepur | = 1,435 m |
| c) Panjang Jarum | = 2,507 m |
| d) Panjang Lidah | = 8,994 m |
| e) Sudut Simpang | = 4,7636 ° |
| f) Sudut Tumpu | = 1.3322 ° |

$$R \text{ ijin} = \frac{V^2}{7,8}$$

$$R_{ijin} = \frac{45^2}{7,8}$$

$$R_{ijin} = 259,615 \text{ m}$$

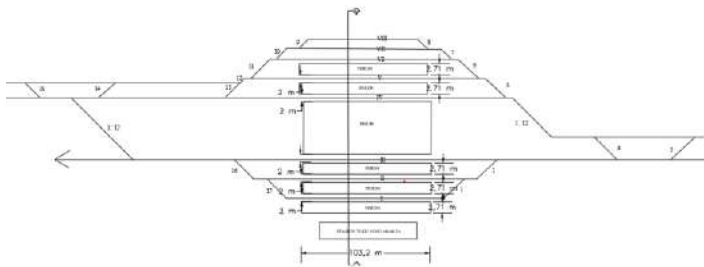
$$R_u = \frac{S - (t \times \sin \beta) - (P \times \sin \alpha)}{\cos \beta - \cos \alpha}$$

$$R_u = \frac{1,435 - (8,9937 \times \sin 1,332) - (2,50694 \times \sin 4,764)}{\cos 1,332 - \cos 4,764}$$

$$R_u = 319,638992 \text{ m}$$

A. Stasiun Yogyakarta

Stasiun Yogyakarta adalah salah satu stasiun aktif di Indonesia. stasiun Tugu Yogyakarta direncanakan untuk mengakomodasi kebutuhan untuk langsiran dan untuk lurusan. Denah pada Stasiun Tugu Yogyakarta dijelaskan seperti pada **Gambar 4.16**, data teknis wesel dijelaskan pada **Tabel 4.19**



Gambar 4. 16 Denah Stasiun Tugu Yogyakarta

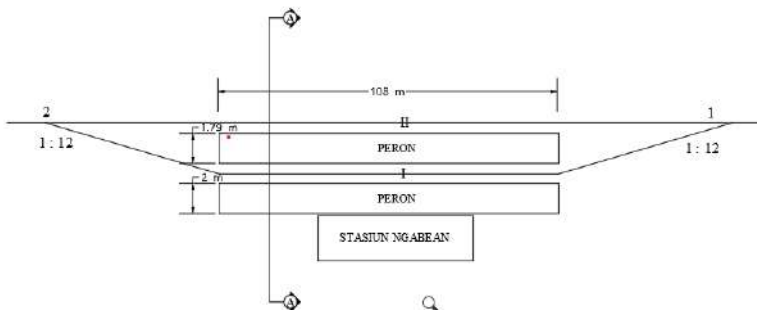
Tabel 4. 19 Data Wesel Stasiun Tugu Yogyakarta

No Wesel	Sudut	Arah Wesel		Type Rel
		Kanan	Kiri	
1	1: 12		Kr	115 RE
2	1: 12		Kr	115 RE
3	1: 12		Kr	115 RE
4	1: 12	Kn		115 RE

5	1: 12	Kn		115 RE
6	1: 12	Kn		115 RE
7	1: 12	Kn		115 RE
8	1: 12	Kn		115 RE
9	1: 12		Kr	115 RE
10	1: 12		Kr	115 RE
11	1: 12		Kr	115 RE
12	1: 12		Kr	115 RE
13	1: 12		Kr	115 RE
14	1: 12		Kr	115 RE
15	1: 12	Kn		115 RE
16	1: 12	Kn		115 RE
17	1: 12	Kn		115 RE

B. Stasiun Ngabean

Stasiun Ngabean masuk kedalam jenis stasiun kecil. Stasiun Ngabean direncanakan untuk mengakomodasi kebutuhan untuk pemberhentian kereta. untuk denah Stasiun Ngabean dijelaskan pada **Gambar 4.17**, dan data teknis wesel dijelaskan pada **Tabel 4.20**



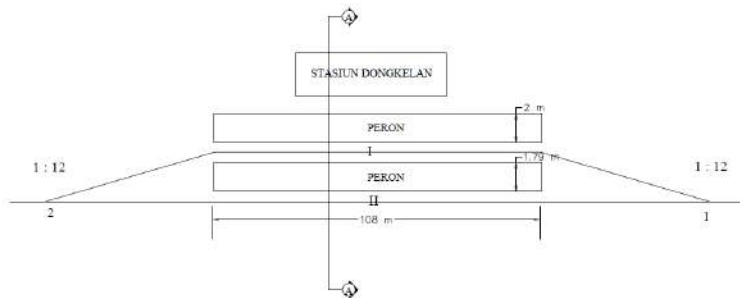
Gambar 4. 17 Denah Stasiun Ngabean

Tabel 4. 20 Data Wesel Stasiun Ngabean

No Wesel	Sudut	Arah Wesel		Type Rel
		Kanan	Kiri	
1	1: 12		Kr	115 RE
2	1: 12	Kn		115 RE

C. Stasiun Dongkelan

Stasiun Dongkelan masuk kedalam stasiun kecil yang tidak aktif, direncanakan untuk mengakomodasi kebutuhan untuk pemberhentian kereta. denah Stasiun Dongkelan dijelaskan pada **Gambar 4.18**, dan data teknis wesel dijelaskan pada **Tabel 4.21**



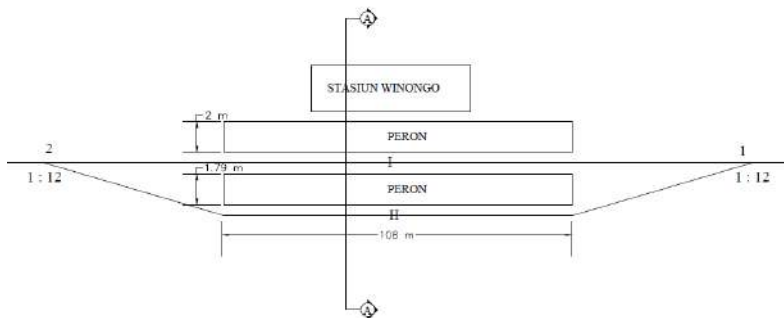
Gambar 4. 18 Denah Stasiun Dongkelan

Tabel 4. 21 Data Wesel Stasiun Dongkelan

No Wesel	Sudut	Arah Wesel		Type Rel
		Kanan	Kiri	
1	1: 12	Kn		115 RE
2	1: 12		Kr	115 RE

D. Stasiun Winongo

Stasiun Winongoo masuk kedalam stasiun kecil yang tidak aktif, direncanakan untuk mengakomodasi kebutuhan untuk pemberhentian kereta. denah Stasiun Winongo dijelaskan pada **Gambar 4.1**, dan data teknis wesel dijelaskan pada **Tabel 4.22**



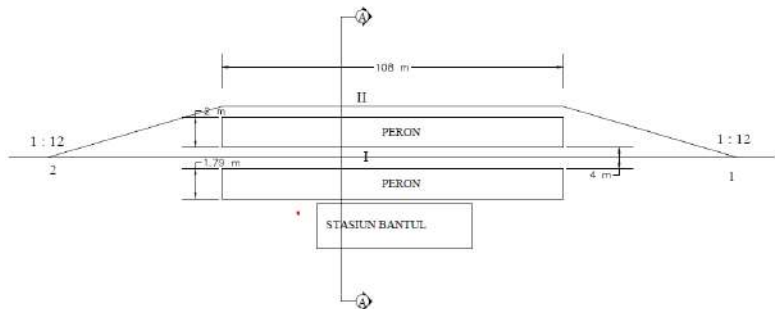
Gambar 4. 19 Denah Stasiun Winongo

Tabel 4. 22 Data Wesel Stasiun Dongkelan

No Wesel	Sudut	Arah Wesel		Type Rel
		Kanan	Kiri	
1	1: 12		Kr	115 RE
2	1: 12	Kn		115 RE

E. Stasiun Bantul

Stasiun Bantul masuk kedalam stasiun kecil yang tidak aktif, direncanakan untuk mengakomodasi kebutuhan untuk pemberhentian kereta. denah Stasiun Bantul dijelaskan pada **Gambar 4.20**, dan data teknis wesel dijelaskan pada **Tabel 4.23**



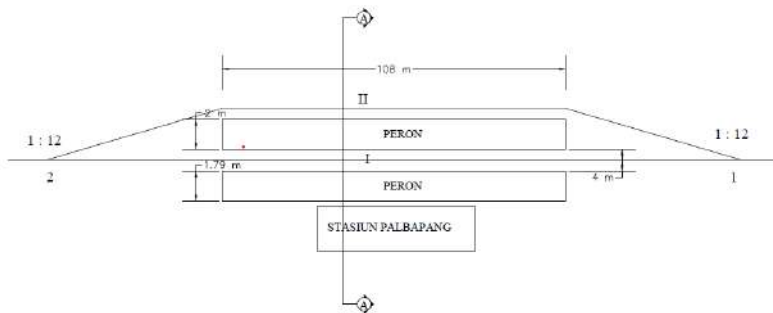
Gambar 4. 20 Denah stasiun Bantul

Tabel 4. 23 Data Wesel Stasiun Dongkelan

No Wesel	Sudut	Arah Wesel		Type Rel
		Kanan	Kiri	
1	1: 12	Kn		115 RE
2	1: 12		Kr	115 RE

F. Stasiun Palbapang

Stasiun Palbapang masuk kedalam stasiun kecil yang tidak aktif, direncanakan untuk mengakomodasi kebutuhan untuk pemberhentian kereta. denah Stasiun Palbapang dijelaskan pada **Gambar 4.21**, dan data teknis wesel dijelaskan pada **Tabel 4.24**

**Gambar 4. 21** Denah stasiun Palbapang**Tabel 4. 24** Data Wesel Stasiun Dongkelan

No Wesel	Sudut	Arah Wesel		Type Rel
		Kanan	Kiri	
1	1: 12	Kn		115 RE
2	1: 12		Kr	115RE

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan kondisi saat ini, Analisis pemilihan trase, perancangan geometrik jalan rel dan perancangan struktur rel pada jalur kereta api Yogyakarta-Bantul. Maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Untuk reaktivasi jalur kereta api Yogyakarta-Bantul menggunakan jalur eksisting yang didapat dari metode *Mutli riteria Analysis* dengan panjang 15,7 km kecepatan rencana yang digunakan 40km/jam, R rencana 200m (tergantung kondisi pada lapangan) menggunakan desain SCS(*Spiral-Circle-Spiral*) Lalu untuk perancangan vertical dengan panjang tergantung dari perhitungan di TCRP lengkung minimum 30 m berdasarkan TCRP Report 155.
2. Dari hasil perancangan horizontal dengan jari-jari minimum LRT 25 m berdasarkan TCRP dan R rencana terkecil didapat sekitar 200m
3. Untuk jumlah jari-jari tikungan yang dihasilkan dari reaktivasi perancangan geometri yang didapat sekitar 21 tikungan.
4. Konstruksi Jalan Rel Yogyakarta-Bantul dimana
 - Vrencana = 40 km/jam
 - Lebar Sepur = 1435 mm
 - Jenis Rel = Tipe 115 RE
 - Kereta = Produk PT. INKA yang bekerja sama dengan PT. Adhi Karya
 - Beban Gandar = 12 ton
 - Bantalan = Wika Beton
 - Tebal Balas = 255 mm (TCRP Report 155)
 - Tebal SubBalas = 200 mm (TCRP Report 155)

No Wesel = W12 (1:12)
 Sambungan rel = Las *Flash Butt welding*
 Hasil Emplasment baru dengan hasil:
 Jenis Kereta Api = Light Rail Transit
 Jenis peron = Peron Tinggi

5.2. Saran

Saran pada perencanaan alternative geometric jalan rel kereta api Yogyakarta – Bantul sebagai berikut:

1. Kondisi lapangan yang sewaktu-waktu bisa berubah maka akan lebih baik jika kondisi lapangan ditinjau kembali jika reaktivasi jalur kereta api Yogyakarta-Bantul akan dilaksanakan. Agar perencanaan kedepanya sesuai dengan kondisi yang ada.
2. Pemilihan trase alternatif trase seiring berjalannya waktu kondisi lapangan dapat berubah sewaktu – waktu dan perlu ditinjau kembali dengan kriteria lainnya.
3. Perhitungan alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal menggunakan acuan dari TCRP Report 155 dan masih perlu ditinjau dan di cek kembali.
4. Untuk Struktur Jalan rel di rencanakan seaman mungkin menggunakan TCRP Report 155 dan PM 60 tahun 2012

DAFTAR PUSTAKA

- Architec2812, 2017. ***Peta Jalur Kereta Api Pulau Jawa.***
<<https://www.arcgis.com/home/item.html?id=d21ed5705f4a759e2a64a96594c68b>> (Tanggal akses: 26 November 2018).
- Kusnanto, 2014. ***Jalur Sepur Palbapang-Yogyakarta Akan Dihidupkan Kembali?***
<<https://kusnantokarasan.com/tag/sejarah-rel-kereta-api-di-bantul/>>
- Listiyaningsih, 2017. ***Study Literature***
<<https://metodepenelitianana.wordpress.com/literature-review-2/>>
- Menteri Perhubungan Republik Indonesia (2012). ***Peraturan Menteri Nomor 60 tentang persyaratan teknis jalur kereta api.*** Jakarta: dephub.go.id
- Modul Geometrik. ***Rekayasa Jalan Raya dan Rel.*** Surabaya: Jurusan Teknik Sipil ITS
- Rochmatin, Lailatul. 2018. ***Bantul Serious Revitalisasi Jalur Kereta Api,***
<<http://jogjapolitan.harianjogja.com/read/2018/04/11/511/909755/bantul-serius-revitalisasi-jalur-kereta>>
- Pebiandi, V. 2011. ***Perencanaan Geometri Jalan Rel Kereta Api Trase Kota Pinang - Menggala STA 104+000 – STA 147+200 Pada Ruas Rantau Prapat – Duri II Provinsi Riau.*** Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 43 tahun 2011 ***Tentang Rencana Induk Perkeretaapian Nasional (RIPNAS).*** Jakarta: Republik Indonesia

PJKA (1986). *Peraturan Dinas Nomor 10 tentang Perencanaan Konstruksi Jalan Rel* Bandung.

Sujoso, P. 2013. *Lebar Rel Kereta Api*

[<https://hendriyana90.wordpress.com/lebar-rel-kereta-api/>](https://hendriyana90.wordpress.com/lebar-rel-kereta-api/)

Sus, 2017. *Terkait Penghidupan Kembali Jalur Kereta Api Bantul, Ini Kata Dinpar*

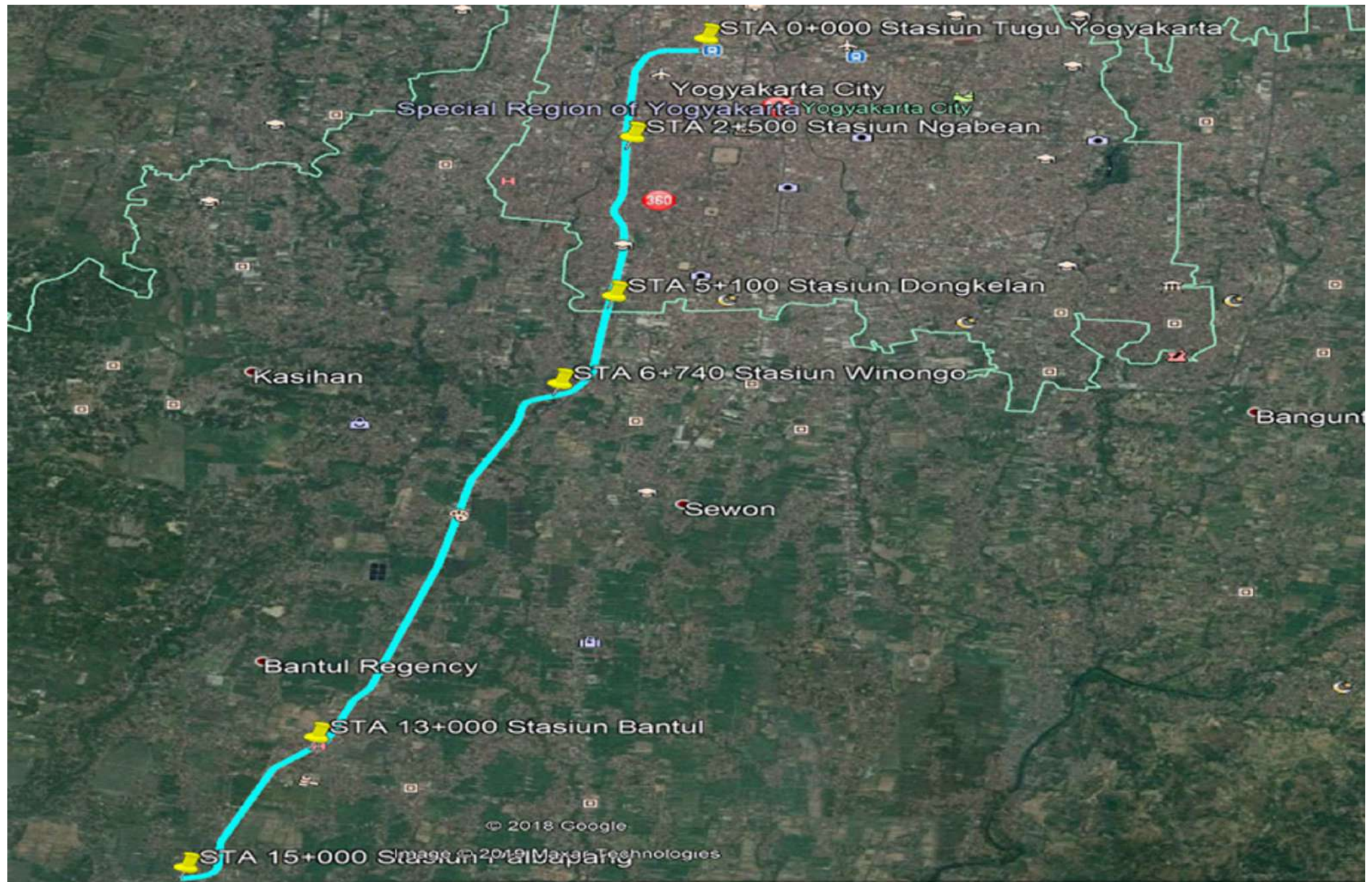
[<http://jogja.tribunnews.com/2017/11/22/terkait-penghidupan-kembali-jalur-rel-kereta-api-bantul-ini-kata-dinpar?page=2>](http://jogja.tribunnews.com/2017/11/22/terkait-penghidupan-kembali-jalur-rel-kereta-api-bantul-ini-kata-dinpar?page=2)


TCRP Report 155 Track Design Hadbook Light Rail

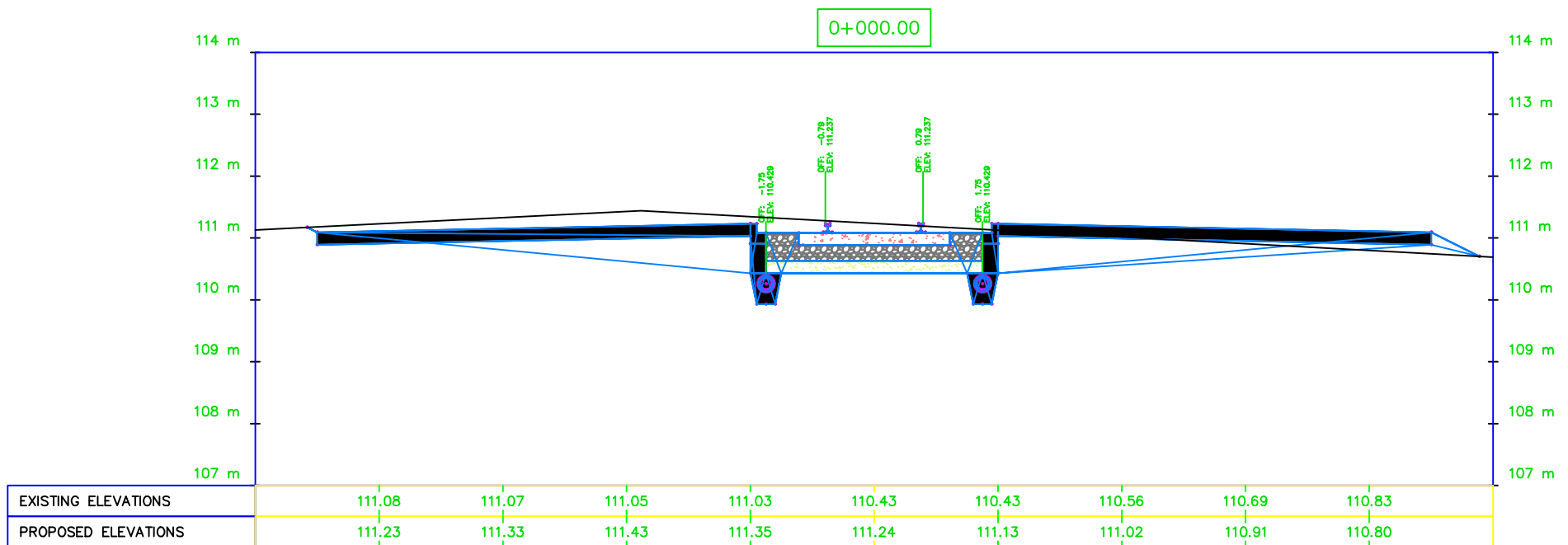
TCRP Report 57 Track Design Hadbook Light Rail

UU, 2007. *Perkeretaapian* (UU. No. 23 Tahun 2007).

Utomo, S. H. T. 2009. *Jalan Rel*. Yogyakarta: Beta Offset.



 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	JUDUL TUGAS AKHIR PERANCANGAN GEOMETRIK JALAN REL UNTUK REAKTIVASI JALUR KERETA API YOGYAKARTA MAGELANG	DOSEN PEMBIMBING Ir. Wahyu Herijanto, MT. NIP196209061989031012 Budi Rahardjo, ST., MT. NIP197001152003121001	NAMA MAHASISWA <u>Arlagant Anakindsi</u> 03111540000109	SKALA	JUDUL GAMBAR <u>Trase Eksisting</u>	KETERANGAN	KODE GBR	NO. GBR JUMLAH GBR
---	--	---	---	-------	--	------------	----------	---------------------------



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS
TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN
KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ALTERNATIF
GEOMETRIK JALAN REL UNTUK
REAKTIVASI JALUR KERETA API
YOGYAKARTA - BANTUL

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
NIP196209061989031012
Budi Rahardjo, ST., MT.
NIP197001152003121001

NAMA MAHASISWA

ARLAGANT ANAKINDSI
03111540000109

SKALA

Skala 1: 200

JUDUL GAMBAR

Cross Section

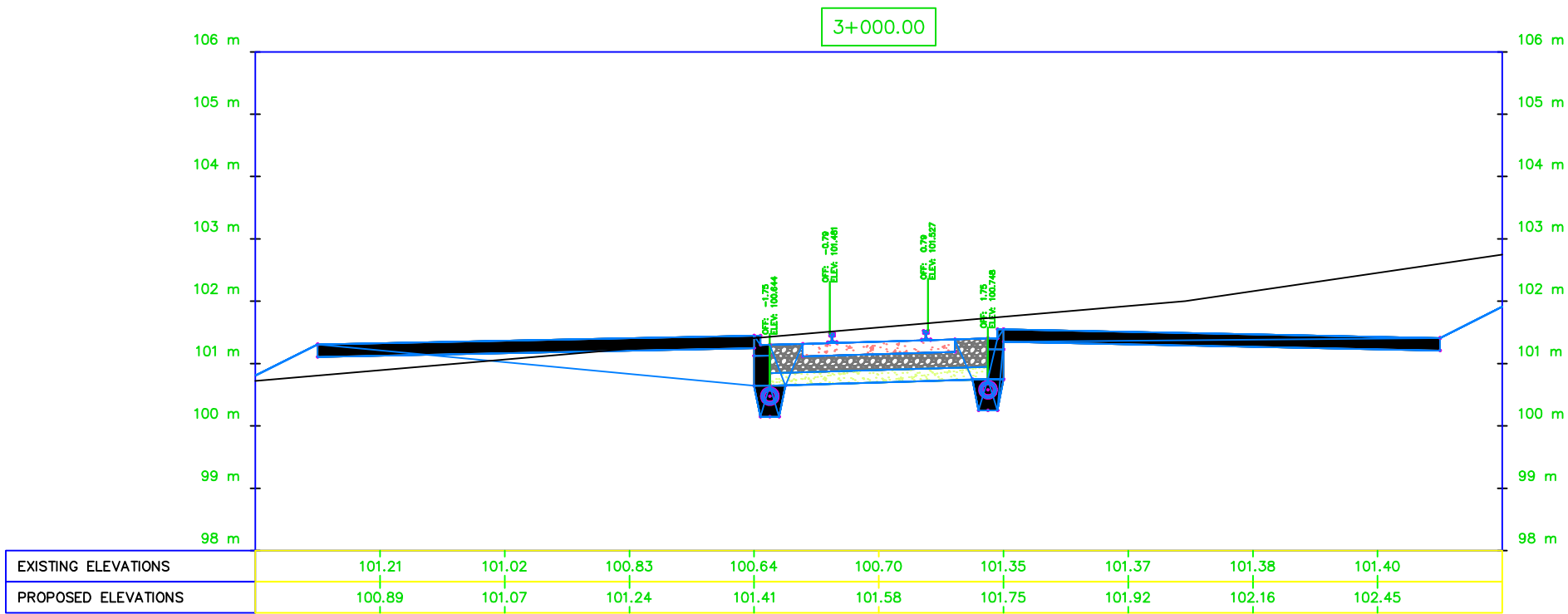
KETERANGAN

KODE GBR

CR

NO. GBR

JUMLAH GBR



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS
TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN
KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR
PERANCANGAN ALTERNATIF
GEOMETRIK JALAN REL UNTUK
REAKTIVASI JALUR KERETA API
YOGYAKARTA - BANTUL

DOSEN PEMBIMBING
Ir. Wahyu Herijanto, MT.
NIP196209061989031012
Budi Rahardjo, ST., MT.
NIP197001152003121001

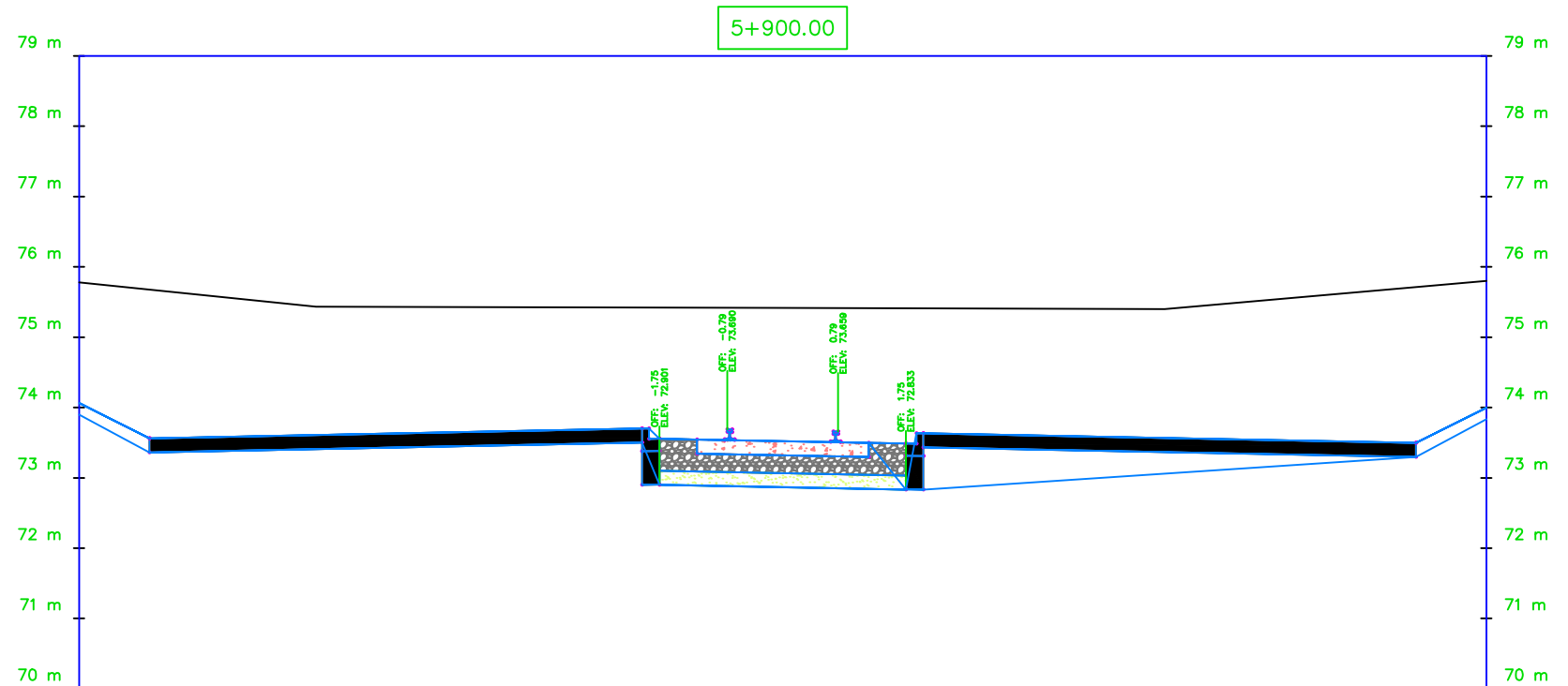
NAMA MAHASISWA
ARLAGANT ANAKINDSI
03111540000109

SKALA
Skala 1: 200

JUDUL GAMBAR
Cross Section

KETERANGAN

KODE GBR	NO. GBR
CR	JUMLAH GBR



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS
TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN
KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ALTERNATIF
GEOMETRIK JALAN REL UNTUK
REAKTIVASI JALUR KERETA API
YOGYAKARTA - BANTUL

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
NIP196209061989031012
Budi Rahardjo, ST., MT.
NIP197001152003121001

NAMA MAHASISWA

ARLAGANT ANAKINDSI
03111540000109

SKALA

Skala 1: 200

JUDUL GAMBAR

Cross Section

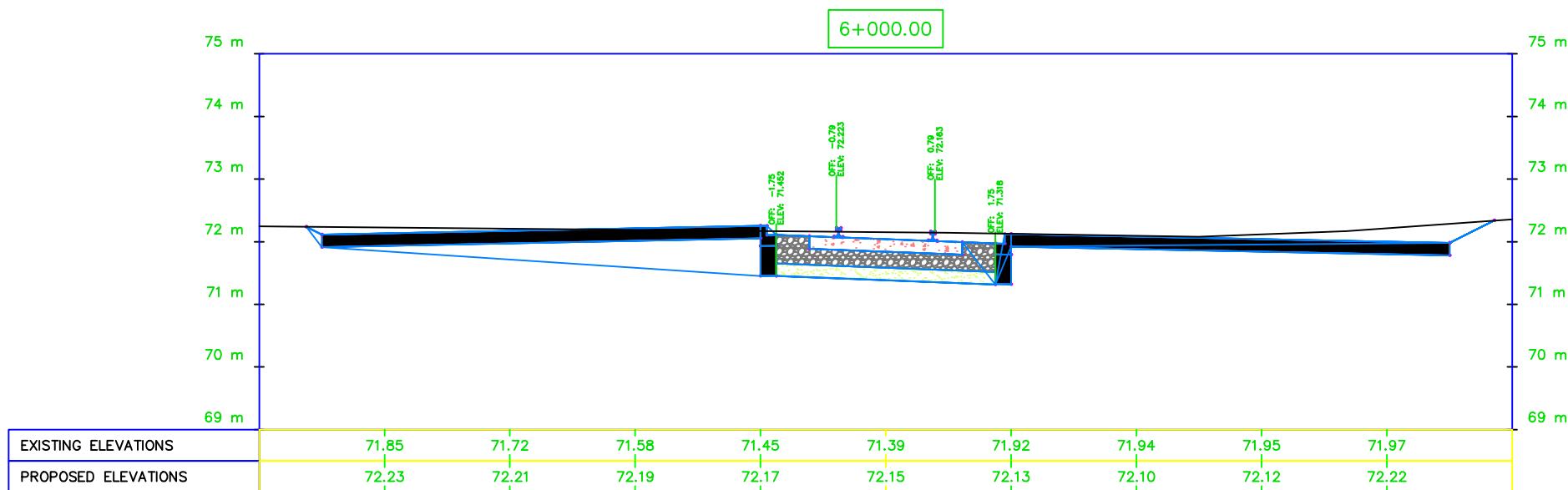
KETERANGAN

KODE GBR

CR

NO. GBR

JUMLAH GBR



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS
TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN
KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR
PERANCANGAN ALTERNATIF
GEOMETRIK JALAN REL UNTUK
REAKTIVASI JALUR KERETA API
YOGYAKARTA - BANTUL

DOSEN PEMBIMBING
Ir. Wahyu Herijanto, MT.
NIP196209061989031012
Budi Rahardjo, ST., MT.
NIP197001152003121001

NAMA MAHASISWA
ARLAGANT ANAKINDSI
03111540000109

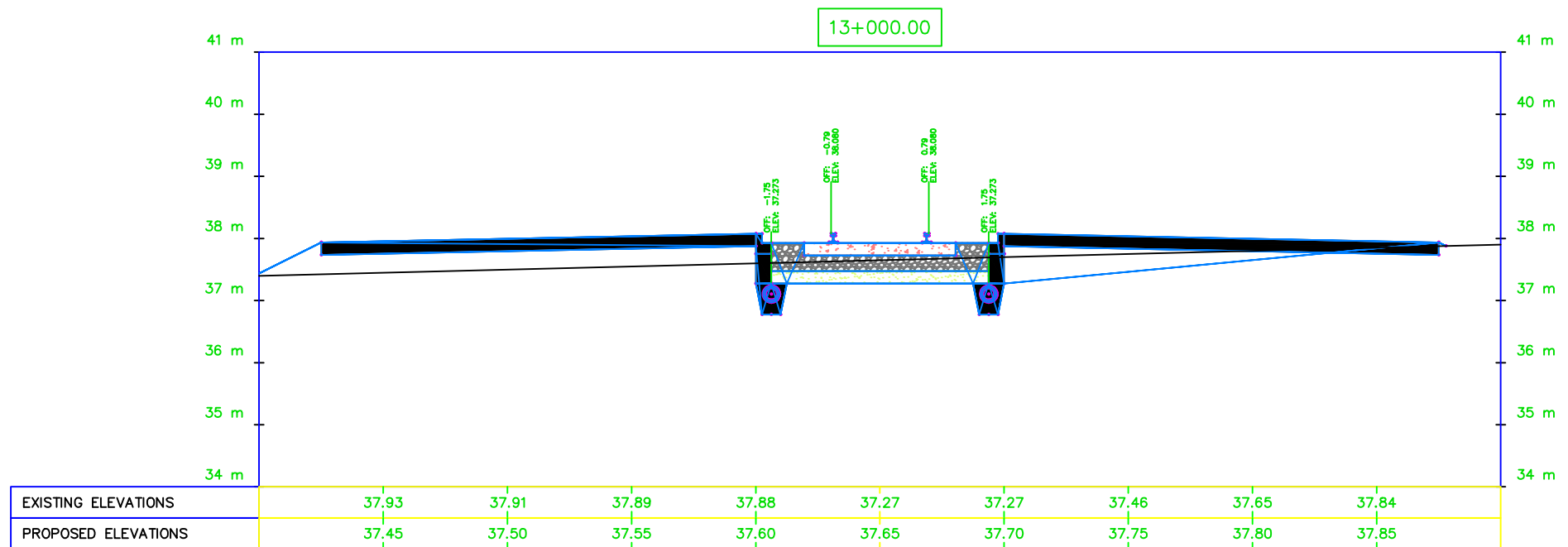
SKALA
Skala 1: 200

JUDUL GAMBAR
Cross Section

KETERANGAN

KODE GBR
CR

NO. GBR
JUMLAH GBR



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS
TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN
KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ALTERNATIF
GEOMETRIK JALAN REL UNTUK
REAKTIVASI JALUR KERETA API
YOGYAKARTA - BANTUL

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
NIP196209061989031012
Budi Rahardjo, ST., MT.
NIP197001152003121001

NAMA MAHASISWA

ARLAGANT ANAKINDSI
03111540000109

SKALA

Skala 1: 200

JUDUL GAMBAR

Cross Section

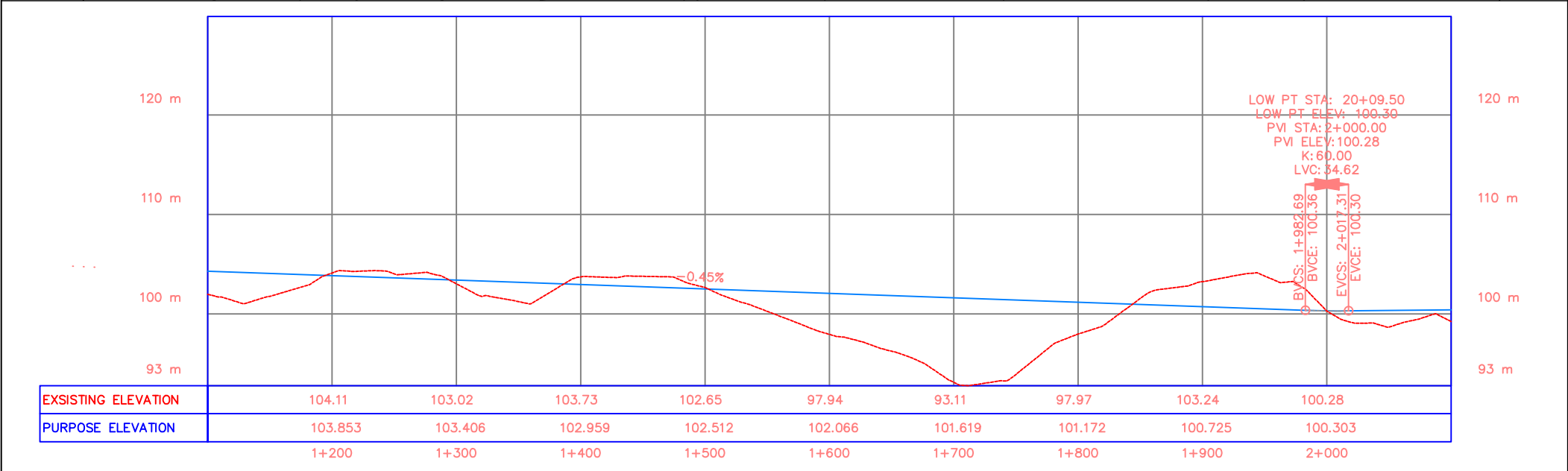
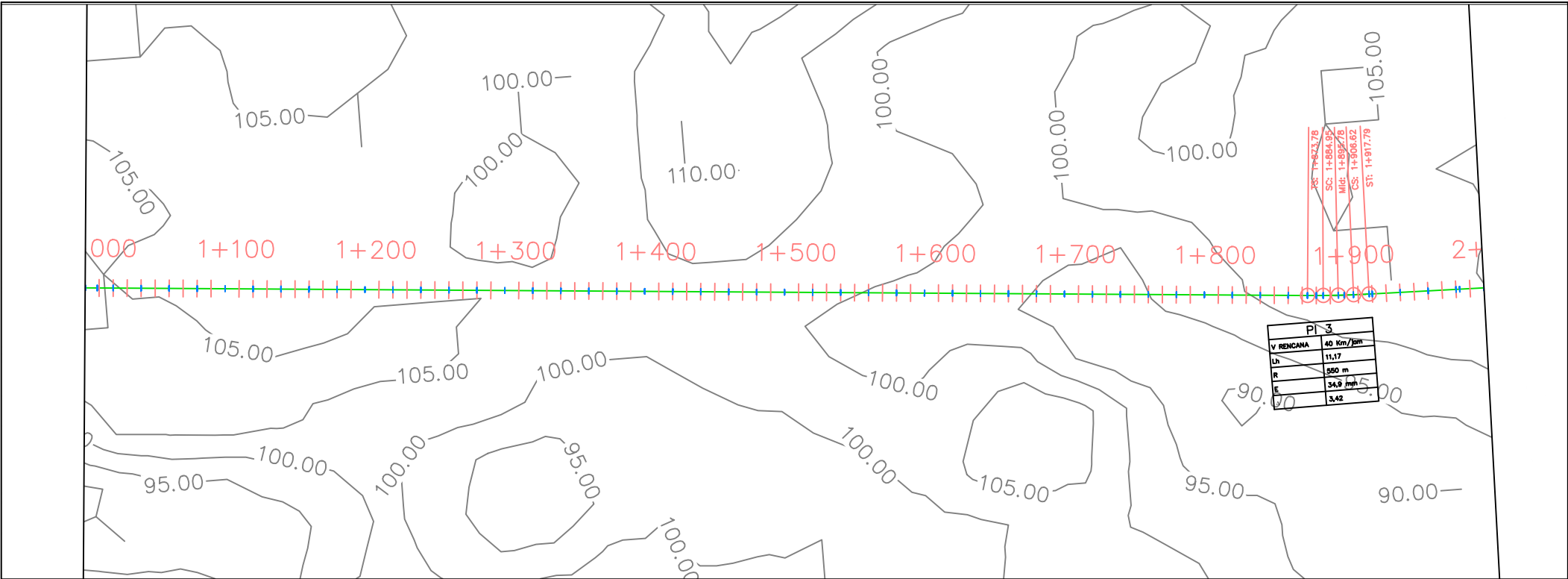
KETERANGAN

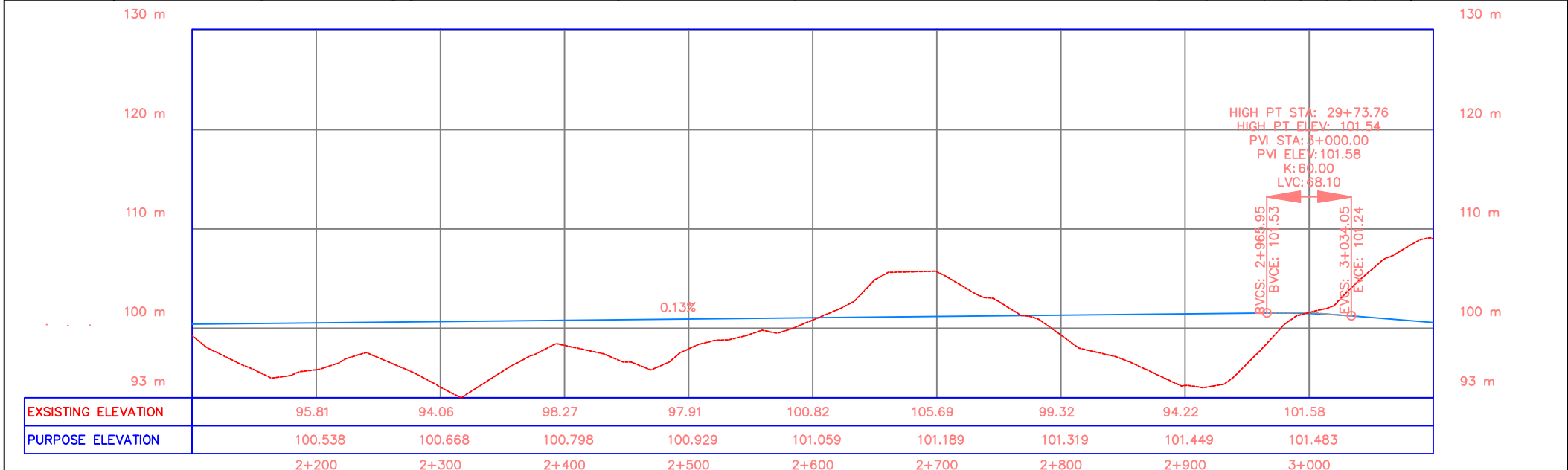
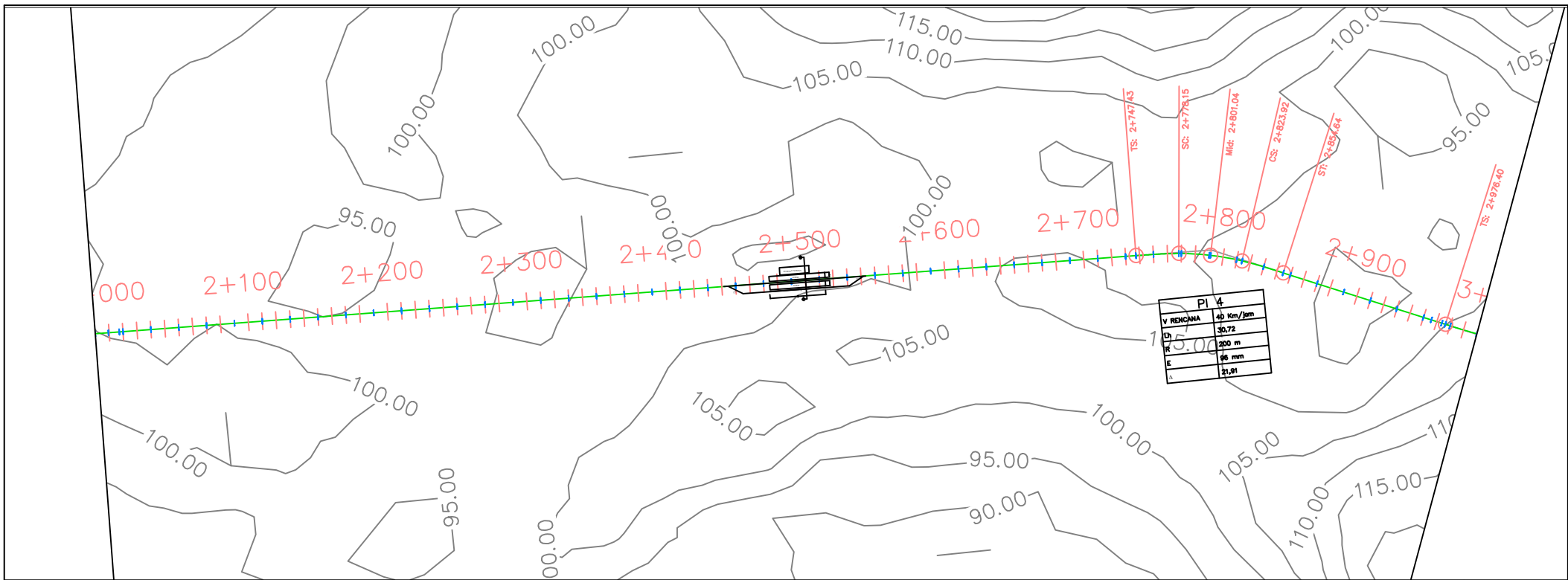
KODE GBR

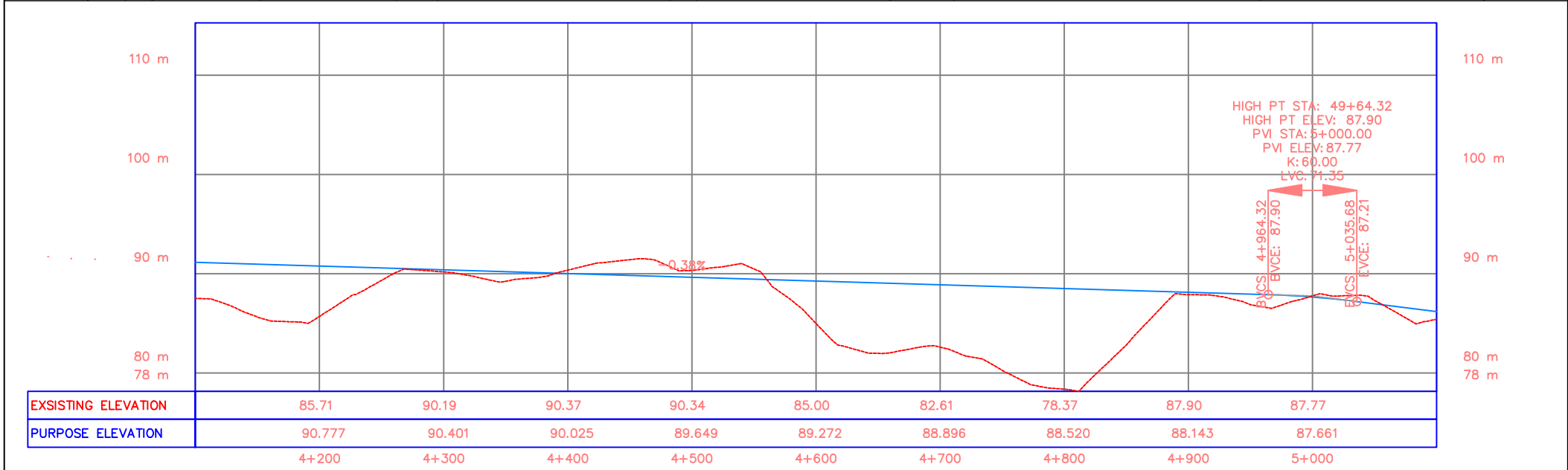
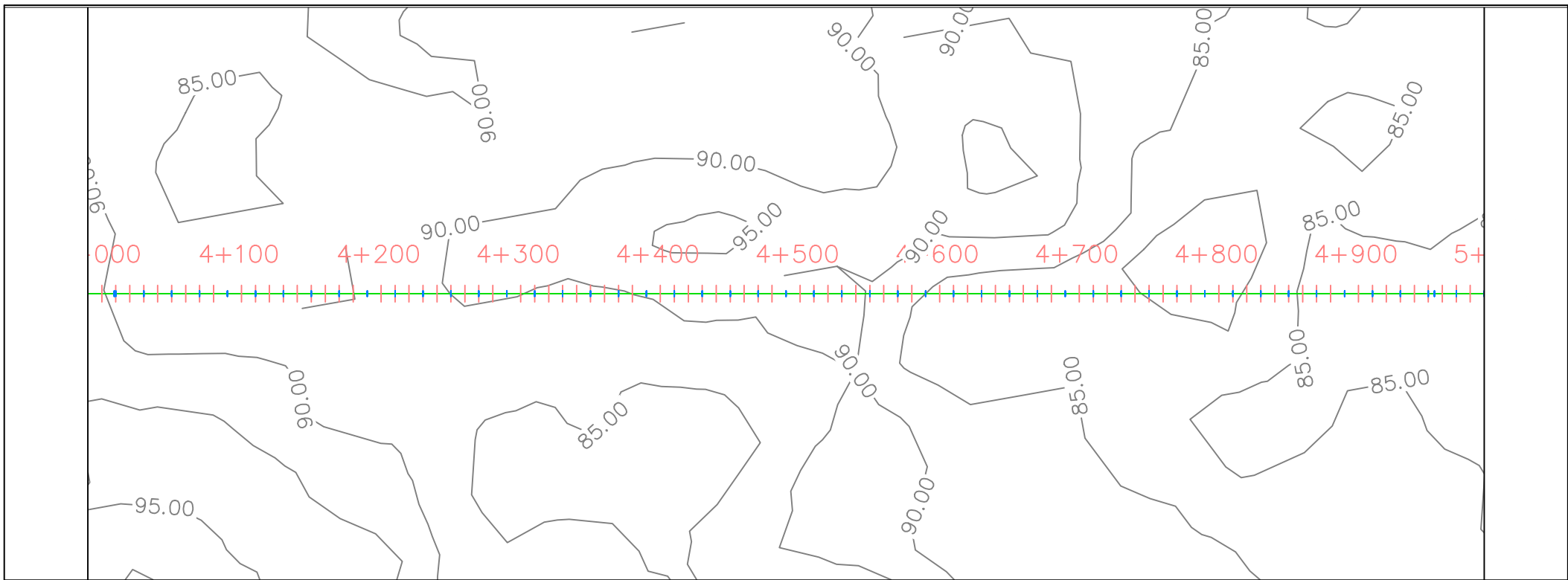
CR


NO. GBR

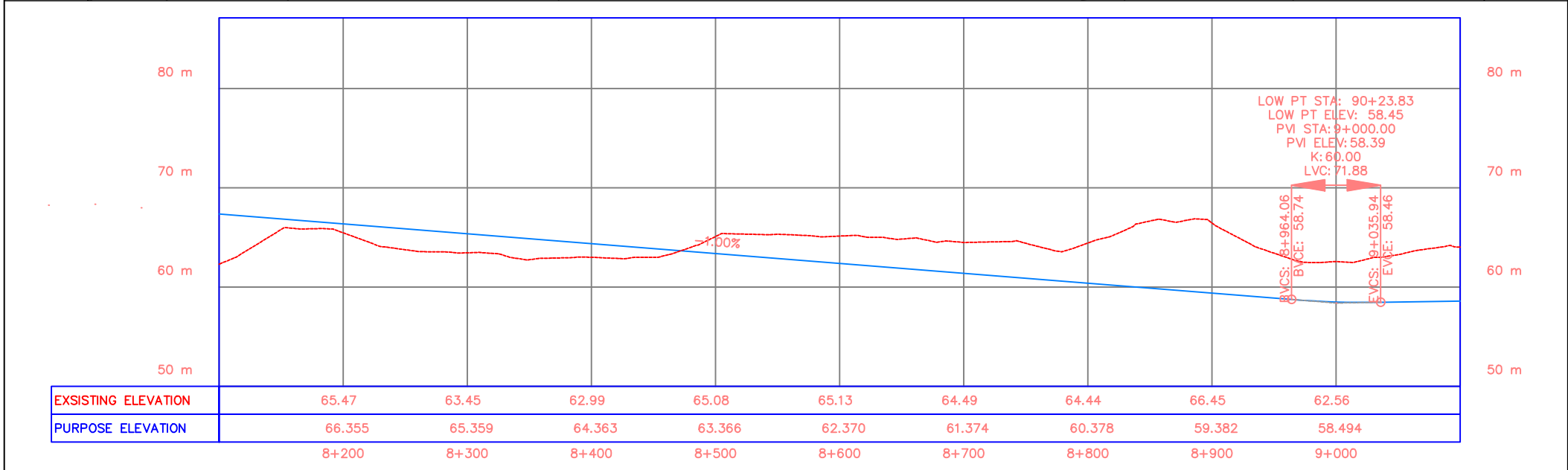
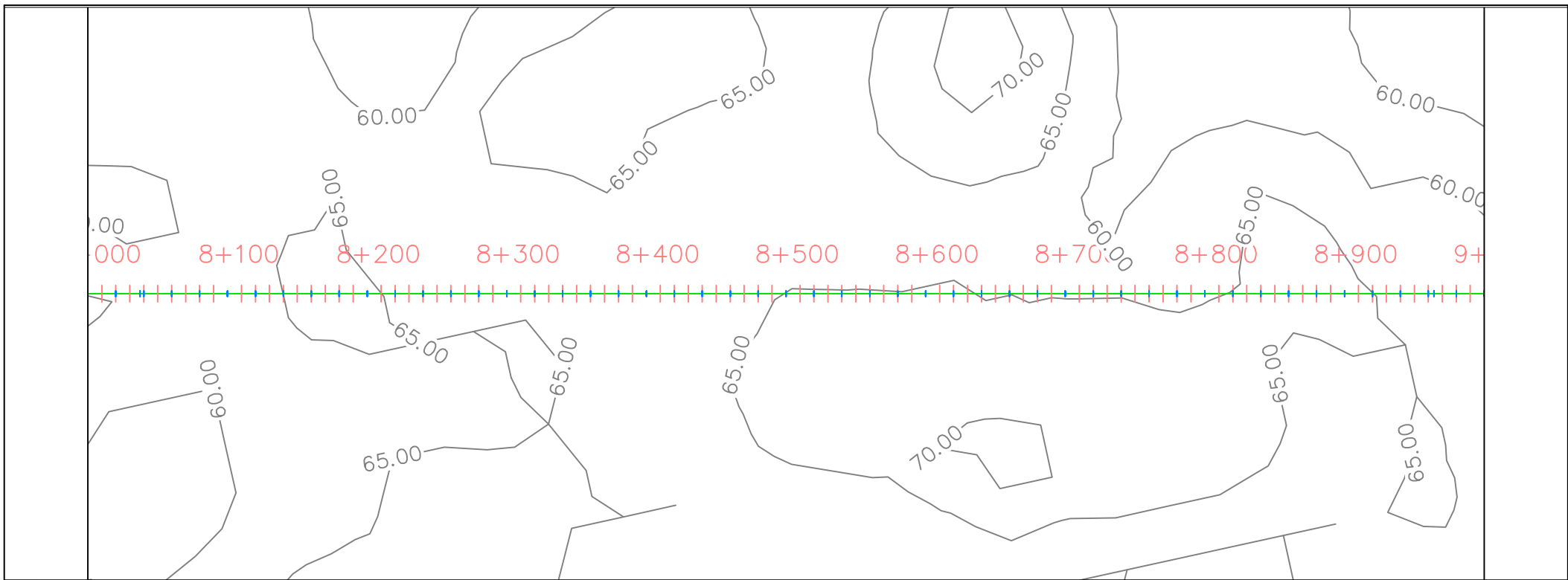
JUMLAH GBR

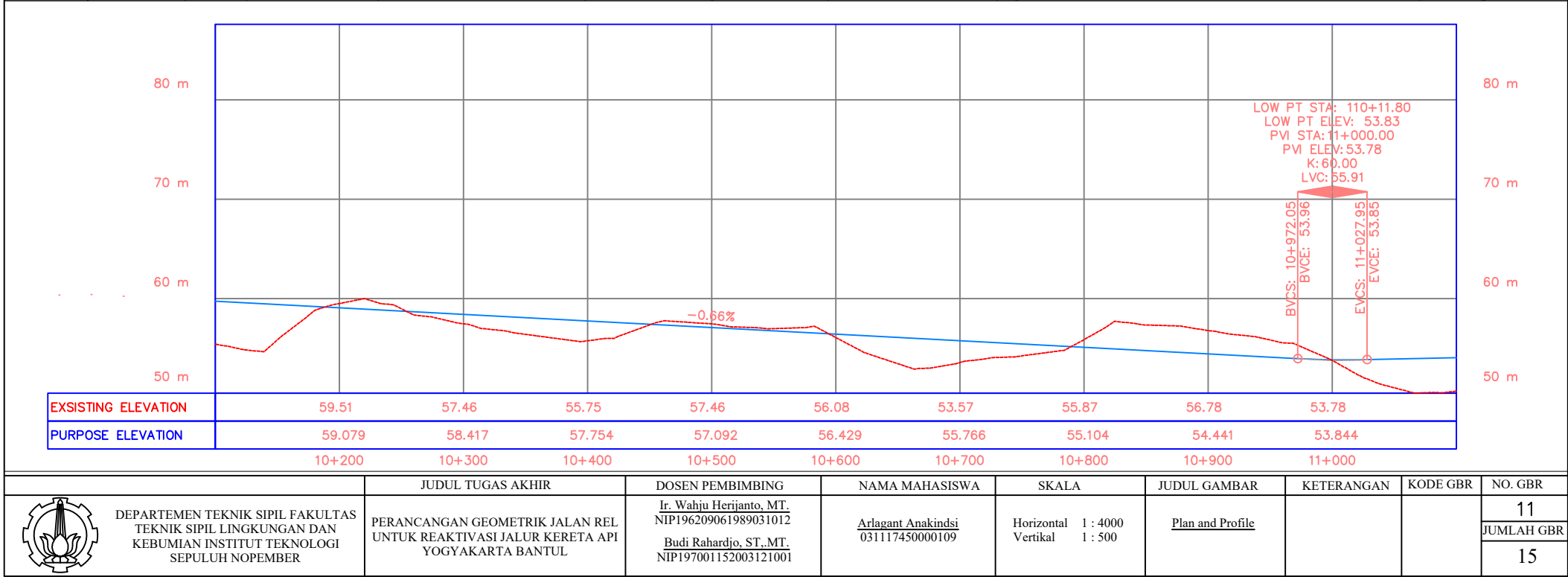
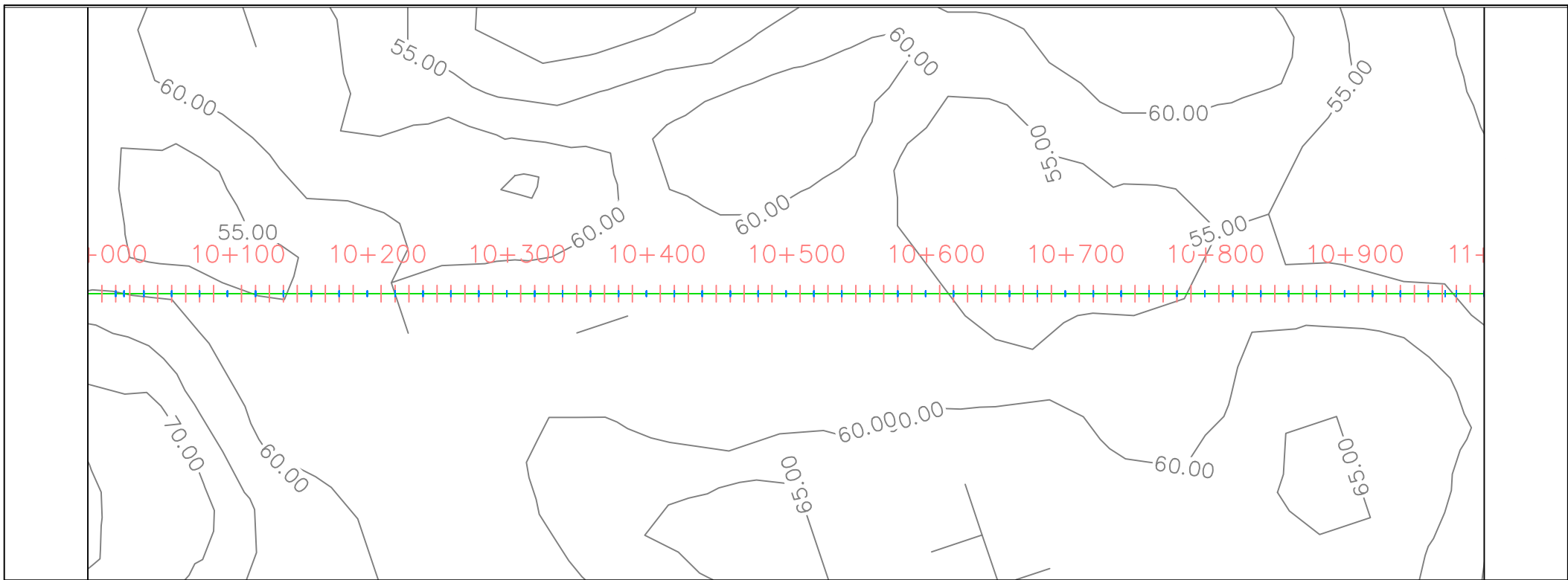






JUDUL TUGAS AKHIR		DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	SKALA	JUDUL GAMBAR	KETERANGAN	KODE GBR	NO. GBR
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER		PERANCANGAN GEOMETRIK JALAN REL UNTUK REAKTIVASI JALUR KERETA API YOGYAKARTA BANTUL	Ir. Wahyu Herijanto, MT. NIP196209061989031012 Budi Rahardjo, ST., MT. NIP197001152003121001	Arlagant Anakindsi 031117450000109	Horizontal 1 : 4000 Vertikal 1 : 500	Plan and Profile		5
								JUMLAH GBR
								15





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS
TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR
PERANCANGAN GEOMETRIK JALAN REL
UNTUK REAKTIVASI JALUR KERETA API
YOGYAKARTA BANTUL

DOSEN PEMBIMBING
Ir. Wahyu Herijanto, MT.
NIP196209061989031012
Budi Rahardjo, ST., MT.
NIP197001152003121001

NAMA MAHASISWA
Arlagant Anakindi
031117450000109

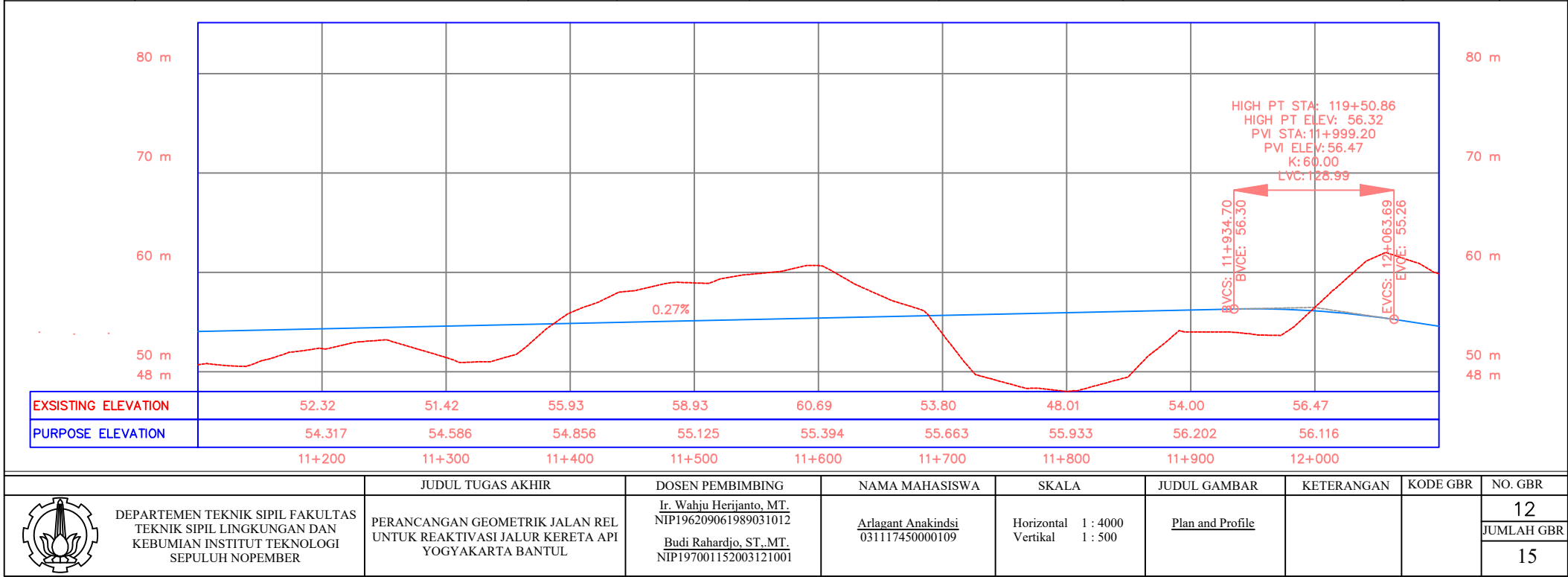
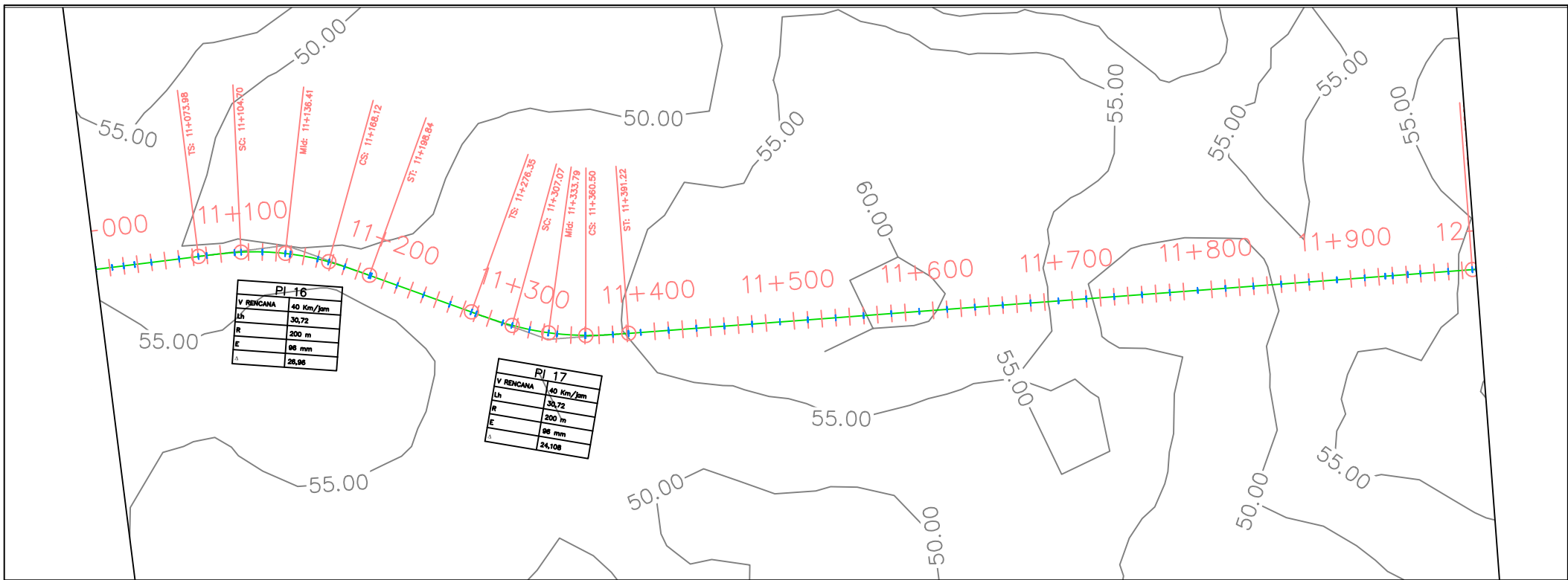
SKALA
Horizontal 1 : 4000
Vertikal 1 : 500

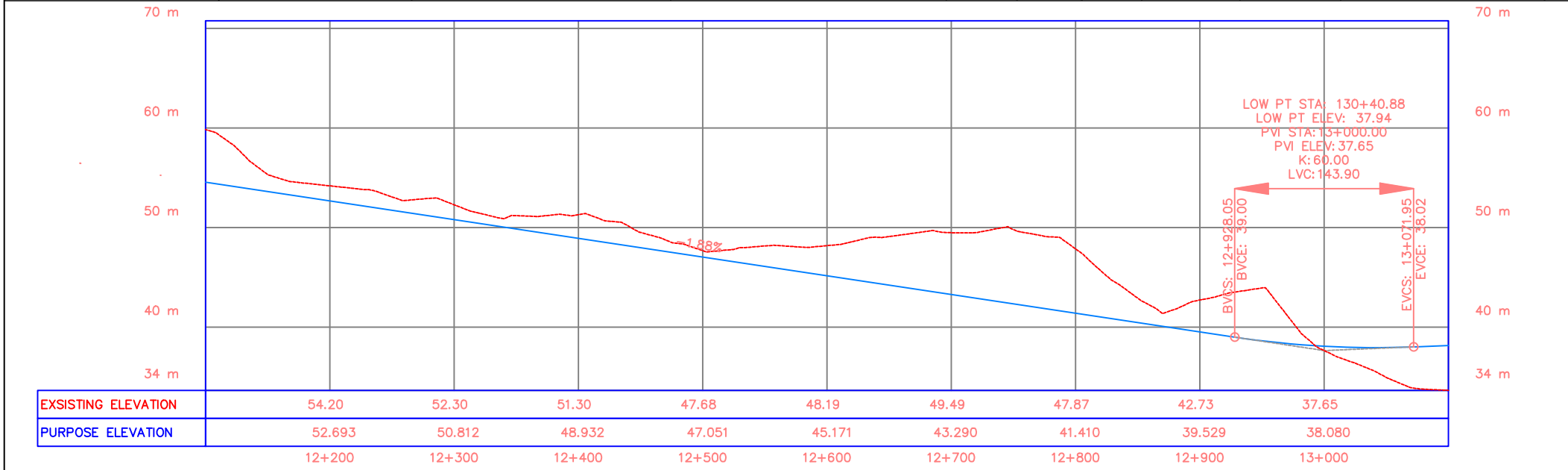
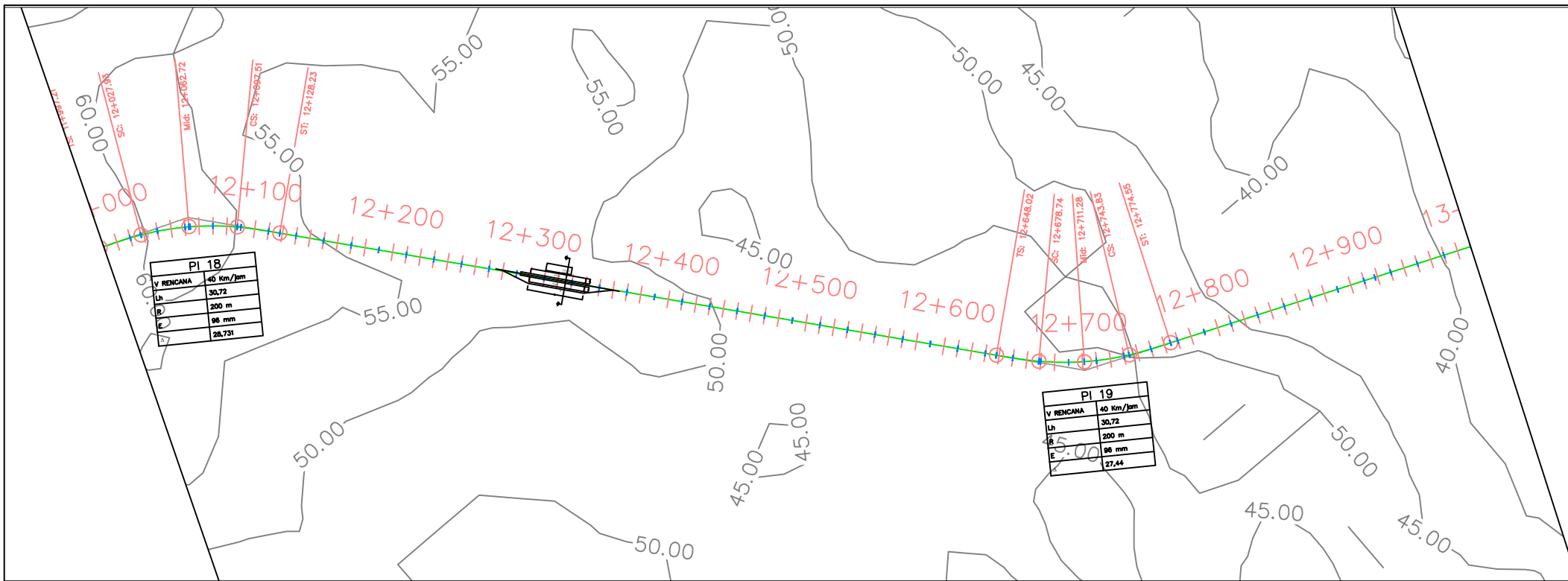
JUDUL GAMBAR
Plan and Profile

KETERANGAN

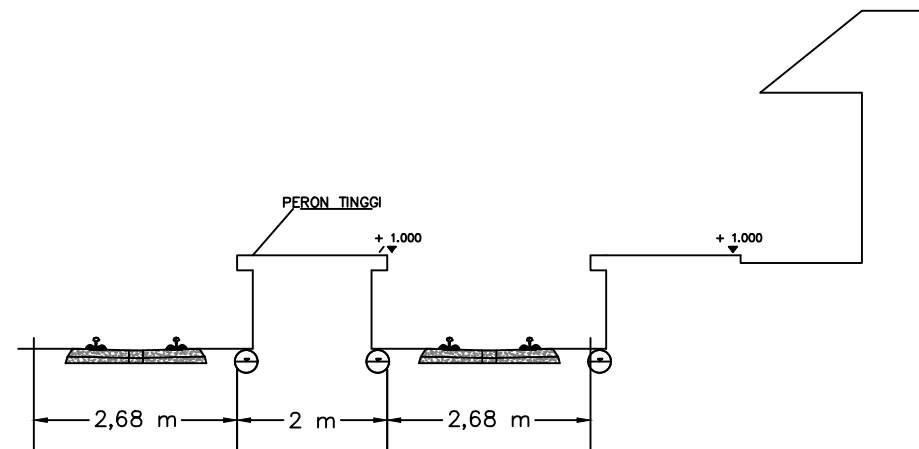
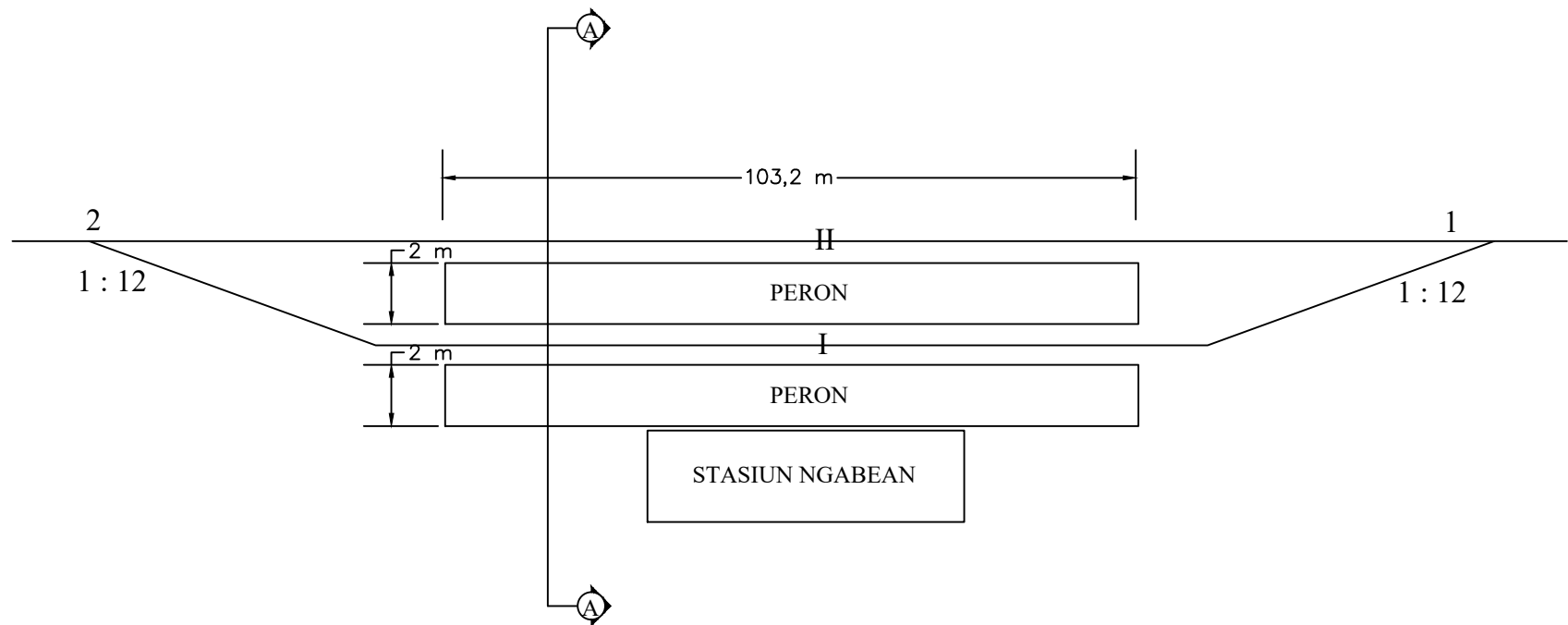
KODE GBR

NO. GBR
11
JUMLAH GBR
15





JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	SKALA	JUDUL GAMBAR	KETERANGAN	KODE GBR	NO. GBR
PERANCANGAN GEOMETRIK JALAN REL UNTUK REAKTIVASI JALUR KERETA API YOGYAKARTA BANTUL	Ir. Wahyu Herijanto, MT. NIP196209061989031012 Budi Rahardjo, ST., MT. NIP197001152003121001	Arlagant Anakindsi 031117450000109	Horizontal 1 : 4000 Vertikal 1 : 500	Plan and Profile			13
							JUMLAH GBR
							15



POTONGAN A-A (MELINTANG LAYOUT EMPLASEMEN)
SKALA 1 : 100



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS
TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN
KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR
PERANCANGAN JALAN REL DAN
GEOMETRI TRASE DARI PONOROGO -
SLAHUNG UNTUK REAKTIVASI

DOSEN PEMBIMBING
Ir. Wahyu Herijanto, MT.
NIP196209061989031012
Budi Rahardjo, ST., MT.
NIP197001152003121001

NAMA MAHASISWA
ARLAGANT ANAKINDSI
03111540000109

SKALA

JUDUL GAMBAR
Layout dan Potongan
Emplasemen

KETERANGAN
potongan

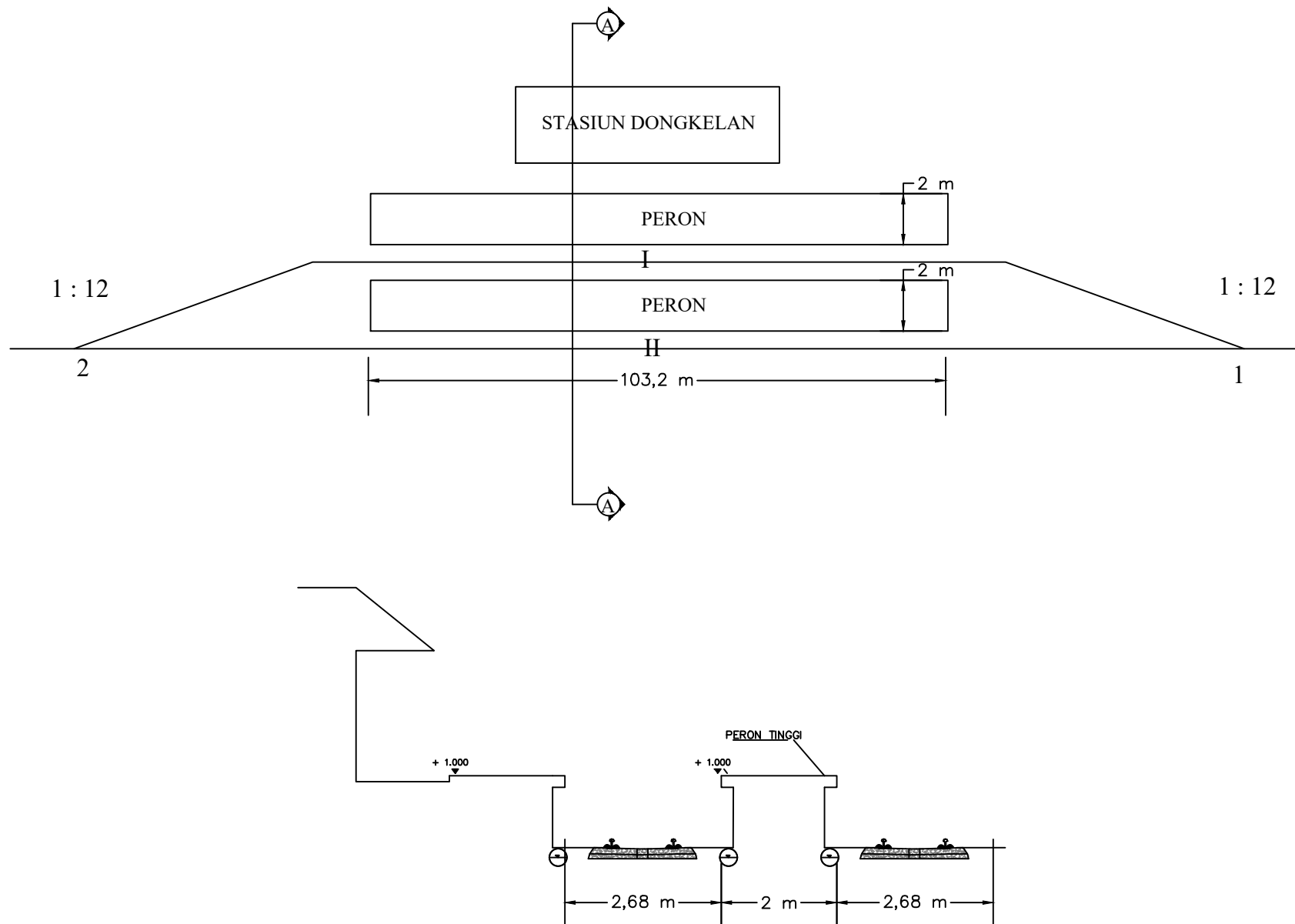
KODE GBR

NO. GBR

2

JUMLAH GBR

6



POTONGAN A-A (MELINTANG LAYOUT EMPLASEMEN)
SKALA 1 : 100



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS
TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN
KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR
PERANCANGAN JALAN REL DAN
GEOMETRI TRASE DARI PONOROGO -
SLAHUNG UNTUK REAKTIVASI

DOSEN PEMBIMBING
Ir. Wahyu Herijanto, MT.
NIP196209061989031012
Budi Rahardjo, ST., MT.
NIP197001152003121001

NAMA MAHASISWA
ARLAGANT ANAKINDSI
03111540000109

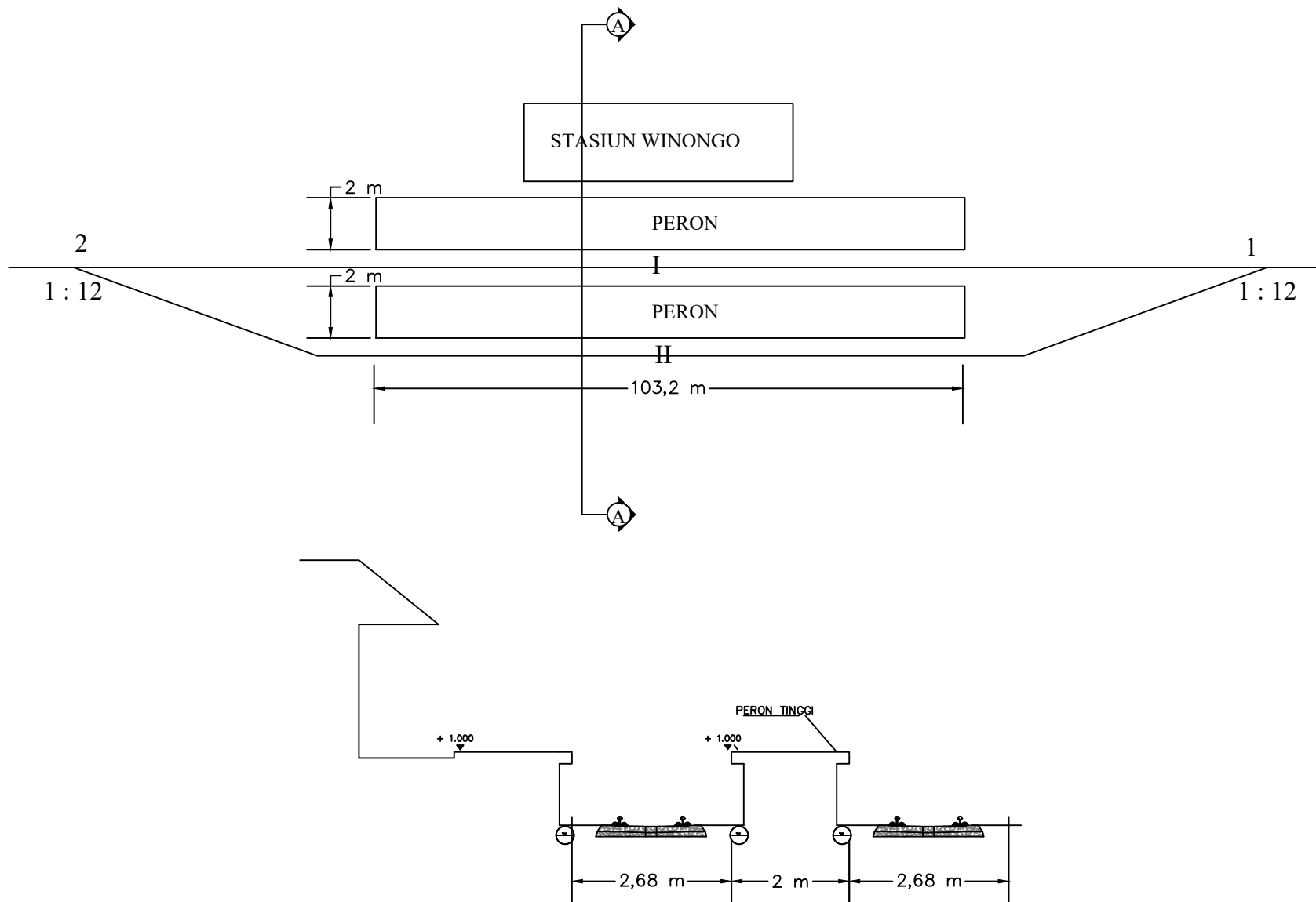
SKALA

JUDUL GAMBAR
Layout dan Potongan
Emplasemen

KETERANGAN

KODE GBR
potongan

NO. GBR
3
JUMLAH GBR
6



POTONGAN A-A (MELINTANG LAYOUT EMPLASEMEN)
SKALA 1 : 100



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS
TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN
KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR
PERANCANGAN JALAN REL DAN
GEOMETRI TRASE DARI PONOROGO -
SLAHUNG UNTUK REAKTIVASI

DOSEN PEMBIMBING
Ir. Wahyu Herijanto, MT.
NIP196209061989031012
Budi Rahardjo, ST., MT.
NIP197001152003121001

NAMA MAHASISWA
ARLAGANT ANAKINDSI
03111540000109

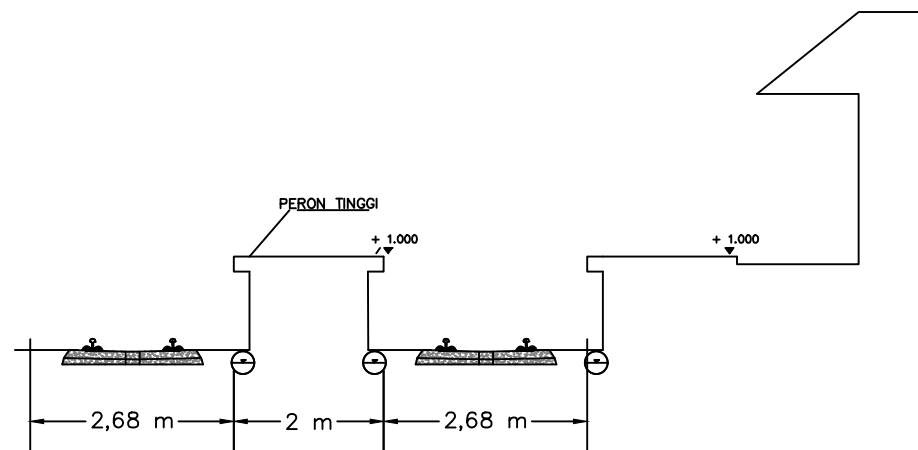
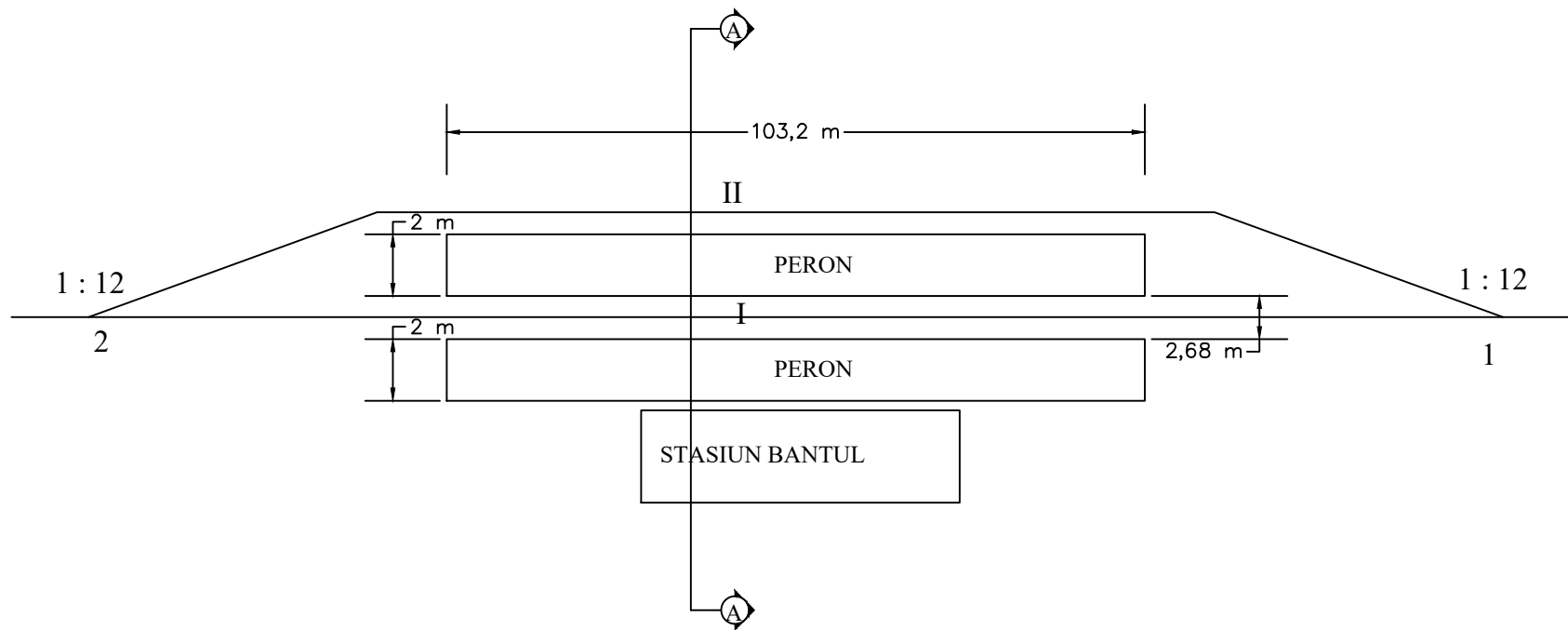
SKALA

JUDUL GAMBAR
Layout dan Potongan
Emplasemen

KETERANGAN

KODE GBR
potongan

NO. GBR
4
JUMLAH GBR
6



POTONGAN A-A (MELINTANG LAYOUT EMPLASEMEN)
SKALA 1 : 100



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS
TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN
KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR
PERANCANGAN JALAN REL DAN
GEOMETRI TRASE DARI PONOROGO -
SLAHUNG UNTUK REAKTIVASI

DOSEN PEMBIMBING
Ir. Wahyu Herijanto, MT.
NIP196209061989031012
Budi Rahardjo, ST., MT.
NIP197001152003121001

NAMA MAHASISWA
ARLAGANT ANAKINDSI
03111540000109

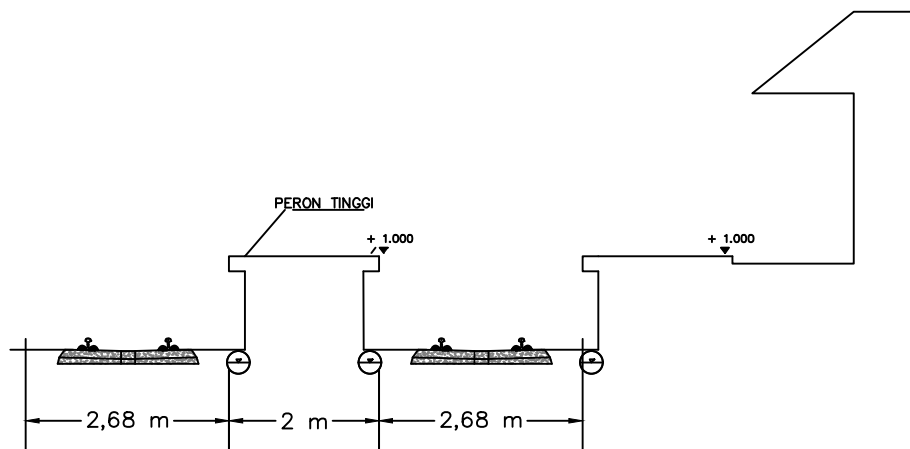
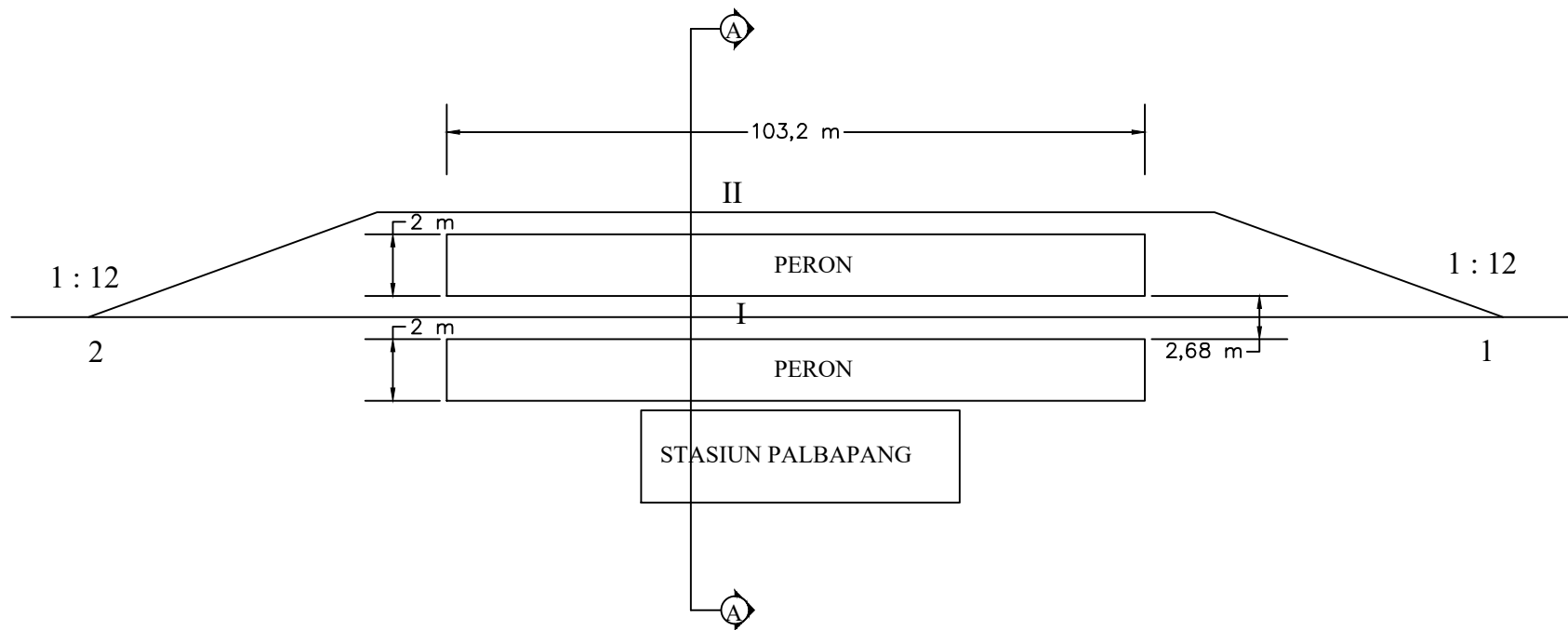
SKALA

JUDUL GAMBAR
Layout dan Potongan
Emplasemen

KETERANGAN

KODE GBR
potongan

NO. GBR
5
JUMLAH GBR
6



POTONGAN A-A (MELINTANG LAYOUT EMPLASEMEN)
SKALA 1 : 100



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS
TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN
KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR
PERANCANGAN JALAN REL DAN
GEOMETRI TRASE DARI PONOROGO -
SLAHUNG UNTUK REAKTIVASI

DOSEN PEMBIMBING
Ir. Wahyu Herijanto, MT.
NIP196209061989031012
Budi Rahardjo, ST., MT.
NIP197001152003121001

NAMA MAHASISWA
ARLAGANT ANAKINDSI
03111540000109

SKALA

JUDUL GAMBAR
Layout dan Potongan
Emplasemen

KETERANGAN
potongan

KODE GBR

NO. GBR

6

JUMLAH GBR

6

RAILWAY CONCRETE PRODUCT

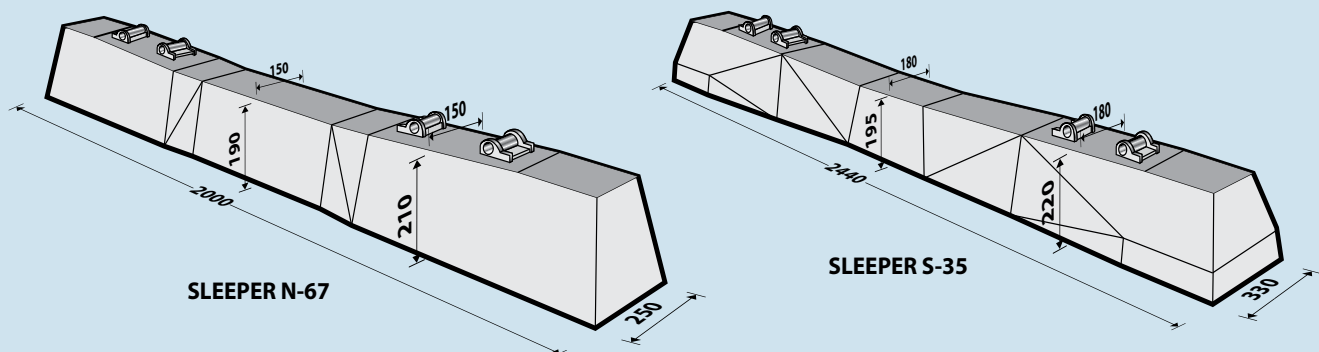
DESCRIPTION

Type of Railway Product : Prestressed Concrete Sleepers
Prestressed Concrete Turnout Sleepers
Prestressed Concrete Catenary Poles

DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	PD No.10 - Perumka AREMA Chapter 30 - 2009 GOST 10629 - 1988 TB/T 3080 - 2030 JIS A 5309 - 1981	Indonesian Railways Design Reference American Railway Engineering Manitenance of Ways Prestressed Concrete Sleepers for Railway Wide 1520 mm Technical Concrete Sleeper Railway Industry Standards Prestressed Concrete Spun Poles
Manufacturing	WB - PCP - PS - 10	Production Manufacturing Procedure

PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION | PC SLEEPERS



PC SLEEPERS DIMENSION

Type	Sleeper Length (mm)	Depth (mm)		Width at Rail Seat (mm)		Width at Center (mm)	
		at rail seat	at center	Upper	Bottom	Upper	Bottom
N-67	2000	210	190	150	250	150	226
S-35	2440	220	195	190	310	180	240
W-20	2700	195	145	224	300	182	250

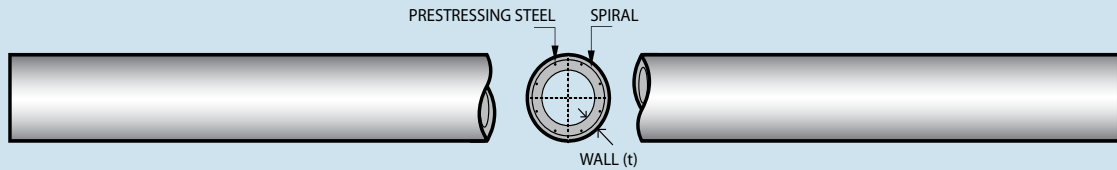
PC SLEEPERS SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c' = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm²)

Type * **	Track Gauge (mm)	Design Axle Load (ton)	Train Speed (km/h)	Sleeper Weight (kg)	Design Bending Moments (kg.m)				Design Reference ***
					Moments at Rail Seat		Moments at Centre		
					positive (+)	negative (-)	positive (+)	negative (-)	
N-67	1067	18	120	190	1500	750	660	930	PERUMKA PD - 10
S-35	1435	25	200	330	2300	1500	1300	2100	AREMA
W-20	1520	23	120	275	1300	-	-	980	GOST 10629 Grade-1

Note : *) Type of Rail is available for R-33, R-38, R-40, R-42, R-50, R-54 & R-60
 **) Type of fastening is available for Pindad E-Clip, Pandrol E-Clip, Vossloch Clip, DE-Clip or others adjustable to customer requirement
 ***) Standard design reference is adjustable to customer requirement

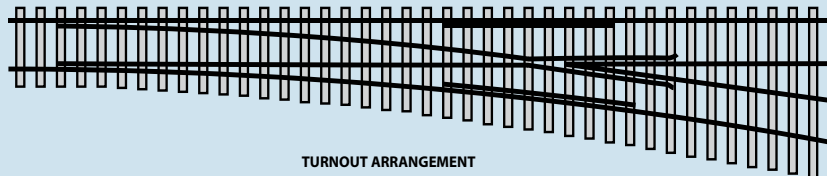
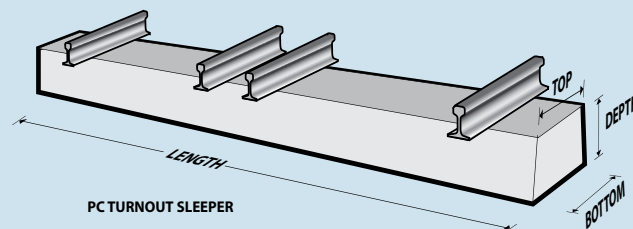
PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION | PC CATENARY POLES



PC CATENARY POLES SPECIFICATION *Concrete Compressive Strength $f_c' = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm^2)*

Type	Outside Diameter (mm)	Thickness Wall (mm)	Cross Section (cm^2)	Section Inertia (cm^4)	Unit Weight (kg/m)	Bending Moment		Length of Pole (m)
						Crack (ton.m)	Ultimate (ton.m)	
C-50	350	70	616	64,115	154	5.00	10.00	9 - 12
C-65	350	70	616	64,115	154	6.50	13.00	10 - 14
C-75	350	70	616	64,115	154	7.50	15.00	11 - 14
C-110	400	75	766	106,489	191	11.00	22.00	11 - 14
C-150	450	80	930	166,570	232	15.00	30.00	12 - 15

PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION | PC TURNOUT & SCISSORS SLEEPERS



SPECIFICATION *Concrete Compressive Strength $f_c' = 60 \text{ MPa}$ (Cube 700 kg/cm^2)*

Type	Sleeper Quantity (pcs/set)	Unit Weight (kg/m)	Dimension (mm)			
			Length	Depth	Bottom	Top
Turnout 1:10	55	154	Variable	220	300	260
Turnout 1:12	74					
Scissor 1:10	34					

Note :

1. Type, quantity and dimension of PC Turnout or Scissor Sleeper per arrangement is adjustable to customer requirement
2. Type of fastening is adjustable to customer requirement

PRODUCT APPLICATION



Railway Sleepers



Railway Catenary Poles



Railway Turnout



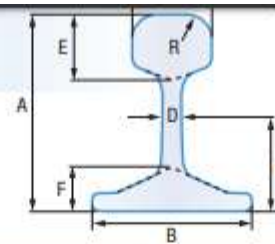
Railway Bridges



RAIL

Standard Dimensions and Weights

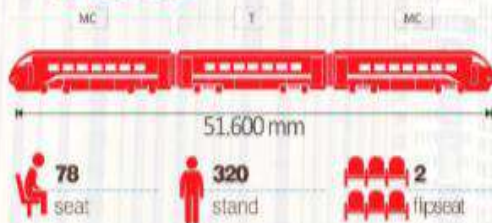
Specifications		Profile	Dimensions										
			A		B		C		D		E		F
			mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm
AREMA 2015 Chapter 4 RAIL	115lbs	115RE 115-10	(168.28)	6-5/8	(139.70)	5-1/2	(69.06)	2-23/32	(15.88)	5/8	(42.86)	1-11/16	(28.58)
	136lbs	136RE 136-10	(185.74)	7-5/16	(152.40)	6	(74.61)	2-15/16	(17.46)	11/16	(49.21)	1-15/16	(30.16)
		141lbs	141RE	(188.91)	7-7/16	(152.40)	6	(77.79)	3-1/16	(17.46)	11/16	(54.77)	2-5/32
EN13674-1:2011	54kg	54E1	159.00		140.00		70.00		16.00		49.40		30.20
	60kg	60E1 60E2	172.00		150.00		72.00		16.50		51.00		31.50
UIC860-0	54kg	UIC54	159.00		140.00		70.00		16.00		49.40		30.20
	60kg	UIC60	172.00		150.00		72.00		16.50		51.00		31.50
AS1085.1-2002	60kg	AS60	170.00		146.00		70.00		16.50		49.00		28.00
	68kg	AS68	185.70		152.40		74.60		17.50		49.20		30.20
JIS E 1101-2001	37kg	37A	122.24		122.24		62.71		13.49		36.12		21.43
JIS E 1120-2007	40kg	40N	140.00		122.00		64.00		14.00		41.00		25.50
	50kg	50N	153.00		127.00		65.00		15.00		49.00		30.00
	60kg	60	174.00		145.00		65.00		16.50		49.00		30.10



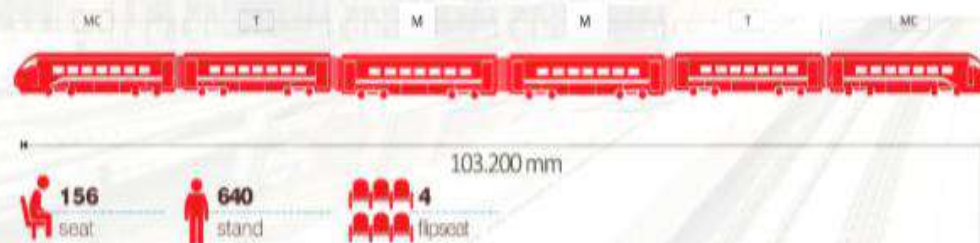
					Sectional Area		Weight		Moment of Inertia		Section Modulus			
											Head		Base	
	G		R		S		W		I _x		Z _x		Z _x	
in.	mm	in.	mm	in.	cm ²	in. ²	kg/m	lbs/yd	cm ⁴	in. ⁴	cm ³	in. ³	cm ³	in. ³
1-1/8	(82.55)	3-1/4	(203.2)	8	(72.37)	11.22	56.9	114.38	2726	65.5	295	18.0	359	21.9
			(254.0)	10										
1-3/16	(98.43)	3-7/8	(203.2)	8	(85.98)	13.33	67.36	135.88	3921	94.2	388	23.7	462	28.2
			(254.0)	10										
1-3/16	(98.43)	3-7/8	(203.2)	8	(89.01)	13.80	69.79	140.70	4181	100.4	414	25.2	475	29.0
	75.13		300		69.77		54.77		2338		279		311	
	80.92		300		76.70		60.21		3038		334		376	
	80.67		200		76.48		60.03		3022		331		375	
	76.20		300		69.34		54.43		2346		279		313	
	80.95		300		76.86		60.34		3055		336		377	
	80.00		190		77.25		60.6		2930		322		369	
	98.40		254		86.02		67.5		3940		392		464	
	53.78		304.8		47.30		37.20		952		149		163	
	70.00		300		52.00		40.90		1378		186		197	
	76.00		300		64.20		50.40		1960		242		274	
	77.50		600		77.50		60.80		3090		321		397	

TRAIN CAPACITY

400 INITIAL
PASSENGER CAPACITY

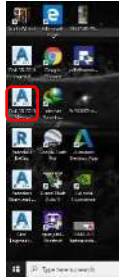


800 ULTIMATE
PASSENGER CAPACITY



Cara membuat Azimuth, Alinyement Horizontal, dan Alinyement Vertikal di Autocad Civil 3D

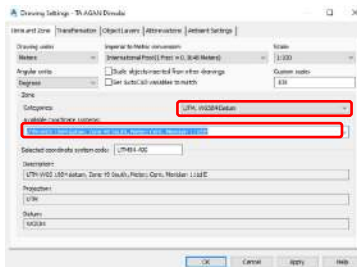
- ## 1. Masuk ke Autocad Civil 3D Metric



2. Setelah masuk Autocad Civil 3D klik Toolspace settings lalu klik kanan dibagian nama file Autocad Civil 3D lalu klik “Edit Drawing Setting” seperti gambar dibawah ini.

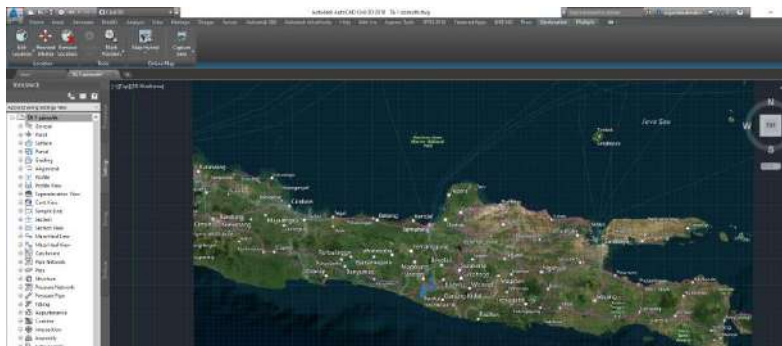


3. Setelah klik “Edit Drawing Settings” lalu akan muncul tampilan kategori koordinat Geolocation yang akan di cari, pilih “Categories UTM, WGS84 Datum” lalu Pilih “Available

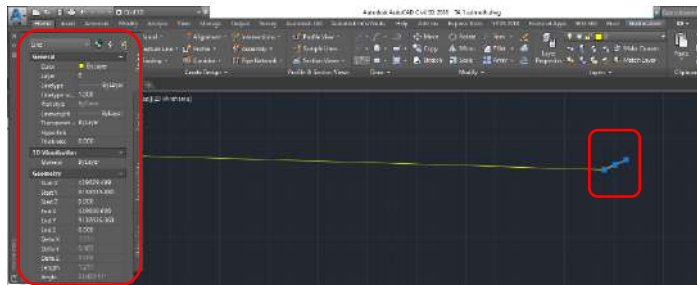


Coordinate system:UTM-WGS 1984 datum, Zone 49 South,
Meter; Cent, Meridian 11d E”

4. Kemudian pilih “Geolocation” di atas klik “Map Off” pilih “Map Hybrid” atau “Map Aerial” sama saja. Lalu akan muncul Map dari Satelit seperti gambar di bawah

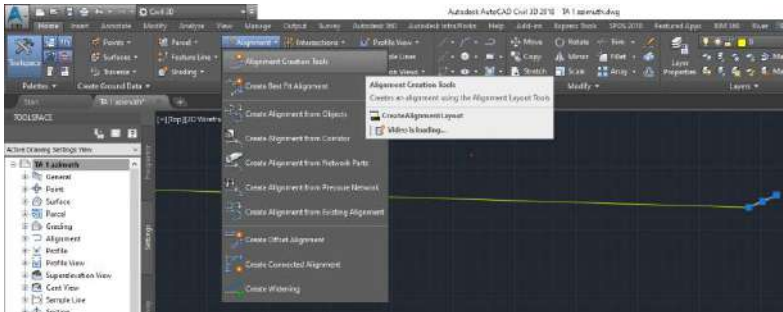


5. Lalu zoom di bagian wilayah yang akan kita kerjakan, membuat garis Azimuth sesuai dengan Trase yang diinginkan dan mencari titik Koordinat dengan cara klik bagian garis pilih “Properties” disitu kita dapat melihat titik koordinat dari garis Azimuth yang dibuat

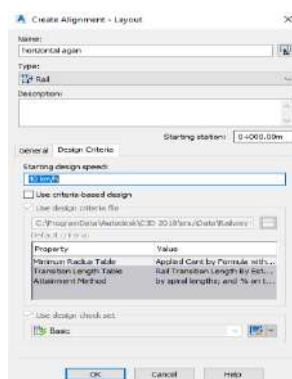
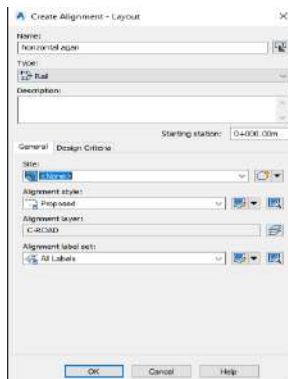


Cara Membuat Aligment Horizontal

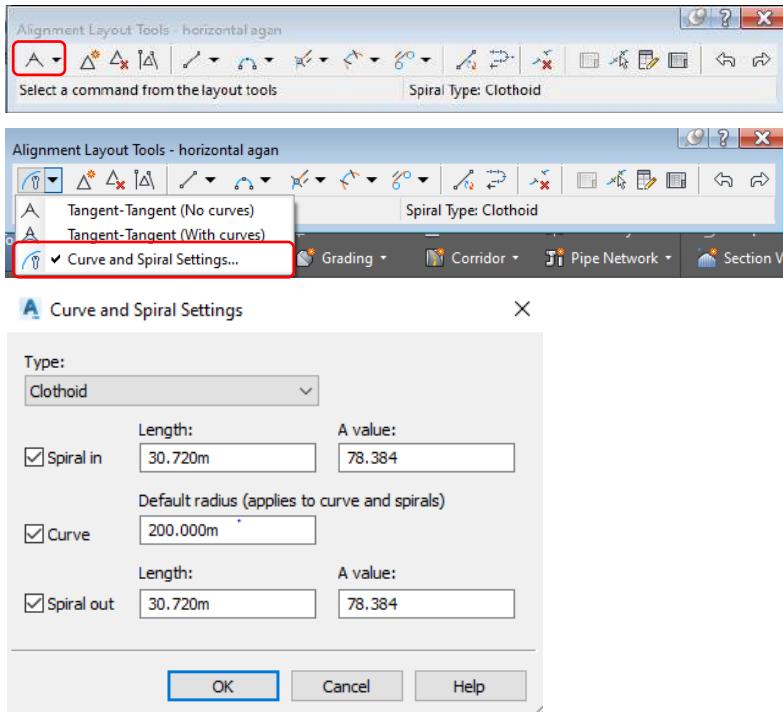
1. Setelah kita membuat garis Azimuth yang kita inginkan lalu kita membuat Aligment Horizontal membuat trase yang akan kita rencanakan dari lokasi yang kita pilih sebelumnya, dengan cara di bagian “Home” klik “Alignment Creation Tools”



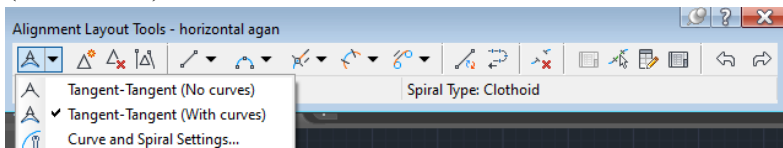
2. Setelah klik Aligment Creation Tools. Lalu akan muncul “Create Alignment – Layout”. Pilih tipe yang kita ingin buat contoh “Rail” lalu masuk ke Design Criteria atur kecepatan yang akan kita rencanakan klik ok bila sudah.



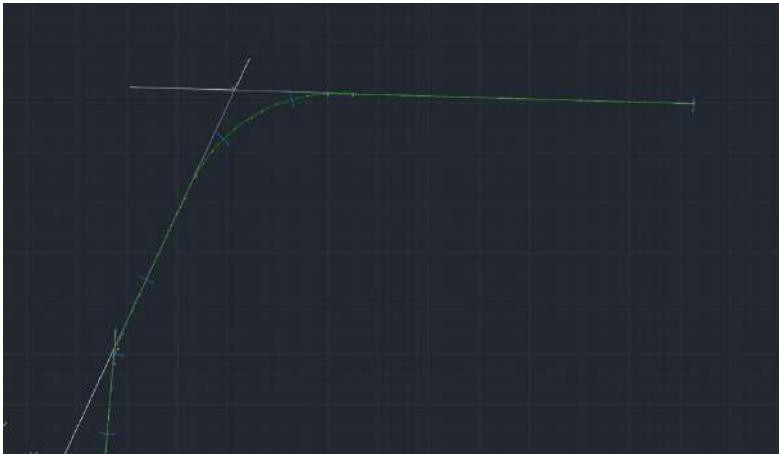
3. Lalu akan muncul pilihan menu seperti gambar dibawah, klik bar sebelah paling kiri pilih “Curve and Spiral setting” kita atur Spiral in, Curve, Spiral out sesuai perencanaan awal.



4. Setelah kita atur sesuai perencanaan kita klik “Tangent-Tangent (with curves)”



- Setelah itu klik dari garis awal hingga ke tikungan P1 hingga garis terakhir dan akan muncul garis horizontalnya seperti gambar di bawah.



- Lalu cek data dari garis horizontal yang tadi kita buat dan dapat diubah sesuai dengan perencanaan desain

Alignment Layout Tools - horizontal agan

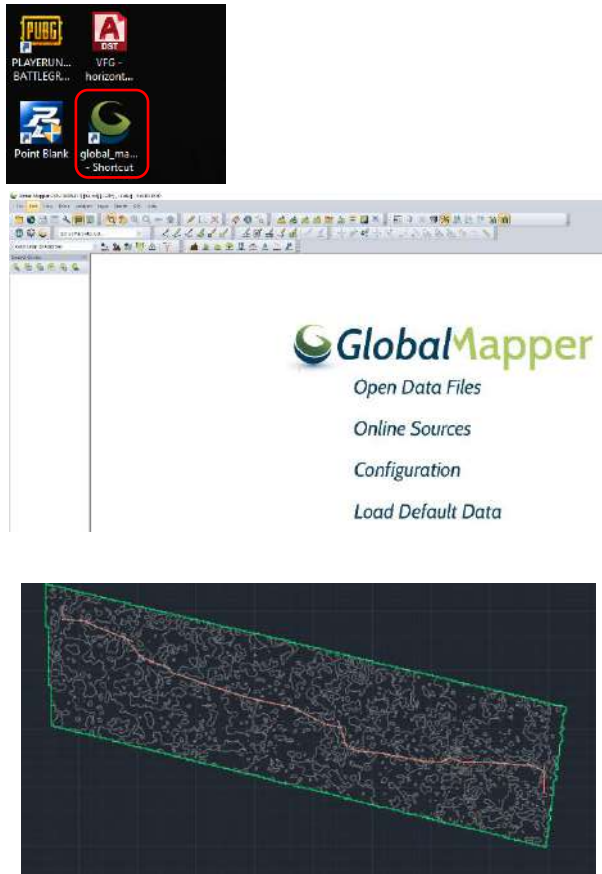
Select a command from the layout tools

Spiral Type: Clothoid

No.	Parameter	Length	Radius	A	Direction	Start Station	End Station	Delta angle	Chord length	A3/2 L&L2	Spiral_Station	Spiral_Station
1	Tangent	425.710m			163° 14' 22" W	0+000.000	0+425.710	0.000000	425.710m	0.000000	0+000.000	0+425.710
2	Spiral-Radius	30.720m	200.000m			0+425.710	0+456.430	0.000000	30.720m	0.000000	0+425.710	0+456.430
3	Spiral-Radius	30.720m	200.000m			0+456.430	0+487.150	0.000000	30.720m	0.000000	0+456.430	0+487.150
4	Tangent	250.750m			163° 14' 22" W	0+487.150	0+737.900	0.000000	250.750m	0.000000	0+487.150	0+737.900
5	Spiral-Radius	30.720m	200.000m			0+737.900	0+768.620	0.000000	30.720m	0.000000	0+737.900	0+768.620
6	Spiral-Radius	30.720m	200.000m			0+768.620	0+799.340	0.000000	30.720m	0.000000	0+768.620	0+799.340
7	Tangent	222.670m			163° 14' 22" W	0+799.340	0+1022.010	0.000000	222.670m	0.000000	0+799.340	0+1022.010
8	Spiral-Radius	30.720m	200.000m			0+1022.010	0+1052.730	0.000000	30.720m	0.000000	0+1022.010	0+1052.730
9	Spiral-Radius	30.720m	200.000m			0+1052.730	0+1083.450	0.000000	30.720m	0.000000	0+1052.730	0+1083.450
10	Tangent	174.750m			163° 14' 22" W	0+1083.450	0+1258.200	0.000000	174.750m	0.000000	0+1083.450	0+1258.200
11	Spiral-Radius	30.720m	200.000m			0+1258.200	0+1288.920	0.000000	30.720m	0.000000	0+1258.200	0+1288.920
12	Spiral-Radius	30.720m	200.000m			0+1288.920	0+1319.640	0.000000	30.720m	0.000000	0+1288.920	0+1319.640
13	Tangent	174.750m			163° 14' 22" W	0+1319.640	0+1494.390	0.000000	174.750m	0.000000	0+1319.640	0+1494.390
14	Spiral-Radius	30.720m	200.000m			0+1494.390	0+1525.110	0.000000	30.720m	0.000000	0+1494.390	0+1525.110
15	Spiral-Radius	30.720m	200.000m			0+1525.110	0+1555.830	0.000000	30.720m	0.000000	0+1525.110	0+1555.830
16	Tangent	174.750m			163° 14' 22" W	0+1555.830	0+1730.580	0.000000	174.750m	0.000000	0+1555.830	0+1730.580
17	Spiral-Radius	30.720m	200.000m			0+1730.580	0+1761.300	0.000000	30.720m	0.000000	0+1730.580	0+1761.300
18	Spiral-Radius	30.720m	200.000m			0+1761.300	0+1792.020	0.000000	30.720m	0.000000	0+1761.300	0+1792.020

Cara Membuat Aligment Vertikal

1. Sebelum membuat Alignement Vertikal kita harus memiliki elevasi dari lokasi yang kita rencanakan dengan menggunakan aplikasi “Global Mapper” untuk mendapatkan surface area.



2. Kemudian untuk menampilkan Aligment Vertikal klik “Profile” di “Home”. Lalu klik “Create Surface Profile”.

Create Profile from Surface

Alignment:

Station range

Alignment:

Start: End:

To sample:

Select surfaces:

☒ Grid from DEM file A2

☐ Sample offsets:

Profile list:

Name	Description	Type	Data Sou...	Offset	Update M... Layer	Style	Station	Elev
							Start	End
Grid from...			Grid from...	0.000m	Dynamic	Existing G...	0+000.00m	21+363.4... 25.95

3.



LRT JABODEBEK



Spesifikasi Teknis

Beban Gandar	: 12 ton
Material	: Alumunium alloy, untuk cover bagian depan/kabin menggunakan komposit
Lebar Gandar	: 1435 mm
Radius Minimum	: 85/50 m
Kelandaian Maksimum	: 24/40 %
Kecepatan Desaln	: 90 km/jam
Kecepatan Operasi Maksimum	: Max 80 km/jam
Berat Kosong Maksimum	: T = 32,3 ton M1, M2 = 32,3 ton Mc1, Mc2 = 33,5 ton
Tegangan Suplai Daya	: 750 VDC menggunakan Rel Ketiga (Third Rail)
Daya Motor Traksi	: 100 kW per motor traksi
Bogie Suspension	: Rubber Bonded (primer), Air spring (sekunder)
Diameter Roda (Baru/Aus)	: 780 / 700 mm
Percepatan	: 1 m/s ²
Perlambatan (Full service / Emergency)	: 1 m/s ² / 1,3 m/s ²

Akomodasi Penumpang

Full Load	: 1480
Normal Load	: 740



Spesifikasi

Biodata Penulis



Penulis memiliki nama Arlagant Anakindi, dilahirkan di Surabaya pada 22 Desember 1996, merupakan anak ke-2(kedua) dari 2 (dua) bersaudara. Penulis telah menempuh Pendidikan formal di SDN Ketabang 1 Suarabaya, SMPN 6 Surabaya dan SMA Trimurti Surabaya. Setelah lulus dari SMA Trimurti Surabaya tahun 2015, penulis mengikuti ujian masuk S1 Teknik Sipil ITS dan diterima pada tahun 2015. Di S1 Teknik Sipil FTSLK-ITS melalui

program SBMPTN dan terdaftar dengan NRP 03111540000109, di Teknik Sipil penulis mengambil studi Transportasi Rel. Penulis pernah aktif dalam beberapa kegiatan olahraga yang diselenggarakan oleh pihak kampus ITS. Untuk komunikasi dengan penulis dapat menghubungi 085921826603 atau lewat email argantanakindi@gmail.com