



TUGAS AKHIR – RC18-4803

**PERANCANGAN GEOMETRI JALAN REL UNTUK
REAKTIVASI JALUR KERETA API PURWOKERTO
- PURBALINGGA**

DHAIFAN ARDIANSYAH
NRP. 03111540000117

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 GEOMETRI JALAN REL UNTUK
REAKTIVASI JALUR KERETA API PURWOKERTO
- PURBALINGGA**

DHAIFAN ARDIANSYAH
NRP. 03111540000117

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

**GEOMETRY DESIGN OF RAILWAY ROAD FOR
REACTIVATION OF PURWOKERTO -
PURBALINGGA RAILWAY**

DHAIFAN ARDIANSYAH
NRP. 03111540000117

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 GEOMETRI JALAN REL UNTUK
REAKTIVASI JALUR KERETA API PURWOKERTO
- PURBALINGGA**

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 Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
DHAIFAN ARDIANSYAH
NRP. 0311154000117

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Ir. Wahyu Herijanto, M.

Budi Rahardjo, ST. MT.



SURABAYA
Januari 2020

PERANCANGAN GEOMETRI JALAN REL UNTUK REAKTIVASI JALUR KERETA API PURWOKERTO - PURBALINGGA

Nama Mahasiswa : Dhaifan Ardiansyah
NRP : 03111540000117
Departemen : Teknik Sipil FTSPK – ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

ABSTRAK

Jalur kereta api Purwokerto – Purbalingga saat ini jalur yang sudah ada tidak beroperasi. Jalur kereta api Purwokerto – Purbalingga adalah bagian dari segmen jalur kereta api Purwokerto – Purbalingga – Banjarnegara – Wonosobo yang mulai dioperasikan 1 Juli 1900 oleh pemerintah Hindia – Belanda pada tahun 1894. Sarana pengembangan jaringan jalur kereta api Purwokerto – Purbalingga adalah membantu melancarkan aliran logistik yang selama ini hanya bertumpu pada jalan raya, sedangkan kondisi saat ini jumlah ruas jalan raya sudah dipadati oleh truk barang dan kendaraan lain untuk mobilitas. Selain tujuan tersebut, tujuan yang akan dicapai dalam pembangunan jalan rel Purwokerto – Purbalingga antara lain dari segi aspek ekonomi mendukung pertumbuhan ekonomi sehingga diharapkan dapat mengurangi konstruksi jalan raya serta menjadi solusi alternatif transportasi massal untuk mengurangi kepadatan kendaraan terhadap jalan raya.

Metode yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan adalah mengumpulkan data primer yaitu kondisi rel eksisting, stasiun yang dilalui, dan tata guna lahan. Data sekunder yaitu peta topografi, moda transportasi, brosur bantalan. Merencanakan konstruksi jalan rel dan merancang geometrik dari trase eksisting menggunakan PM No. 60 2012 dan TCRP 155 tersebut.

Hasil dari Tugas Akhir ini adalah rencana jalur kereta api Purwokerto – Purbalingga. Jalur kereta api menggunakan moda

Light Rail. Desain jenis rel 115 RE dengan lebar sepur 1435 mm, kecepatan kereta 40 km/jam, jenis penambat pandrol elastis ganda, panjang trase yang dirancang adalah sepanjang 21,36 km menggunakan bantalan beton dengan jarak 60 cm.

Kata kunci: Kereta Api, Jalan Rel, Kontruksi Jalan Rel, Purwokerto, Purbalingga

GEOMETRY DESIGN OF RAILWAY ROAD FOR REACTIVATION OF PURWOKERTO - PURBALINGGA RAILWAY

Nama Mahasiswa : Dhaifan Ardiansyah
NRP : 03111540000117
Departemen : Teknik Sipil FTSLK – ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

ABSTRACT

The Purwokerto - Purbalingga railroad line currently does not operate. The Purwokerto - Purbalingga railway line is part of the Purwokerto - Purbalingga - Banjarnegara - Wonosobo railroad segment which began operating July 1, 1900 by the Indies - Dutch government in 1894. The facilities for developing the Purwokerto - Purbalingga railroad network were to help smooth the logistics flow of the logistics system on July 1, 1900 by the Indies - Dutch government in 1894. which so far has only relied on highways, while the current condition is that the number of toll roads has been crowded with freight trucks and other vehicles for mobility. In addition to these objectives, the objectives to be achieved in the construction of the Purwokerto - Purbalingga railroad include economic aspects supporting economic growth so that it is expected to reduce road construction and become an alternative mass transportation solution to reduce the density of vehicles on the highway.

The method used in solving problems is collecting primary data, namely the condition of existing rails, the stations traversed, and land use. Secondary data are topographic maps, modes of transportation, brochures bearing. Plan railroad construction and design the geometric of the existing track using PM No. 60 2012 and the TCRP 155.

The result of this Final Project is the Purwokerto - Purbalingga railroad plan. Railroad uses the Light Rail mode. 115 RE rail type design with 1435 mm track width, 40 km / h train speed, double elastic track fastening type, the length of the designed trace is 21.36 km long using concrete bearings with a distance of 60 cm.

Keywords: railways, rail Road, Rail road construction, Purwokerto, Purbalingga

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan proposal tugas akhir dengan judul “Perancangan Geometri Jalan Rel Untuk Reaktivasi Jalur Kereta Api Purwokerto – Purbalingga” tepat pada waktunya. Tugas Akhir adalah salah satu mata kuliah yang wajib ditempuh oleh semua mahasiswa Program Studi S1 Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya yang telah memenuhi syarat-syarat untuk mengikuti tugas akhir.

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. Tuhan yang Maha Esa yang telah memudahkan hamba-Nya dalam menyelesaikan proposal tugas akhir ini.
2. Orang tua yang tidak berhentinya selalu mendukung dan mendoakan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Bapak Umboro Lasminto, ST.M.Sc Selaku dosen wali
4. Bapak Ir. Wahyu Herijanto, MT. Selaku dosen konsultasi yang sentiasa membimbing penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir dengan sabar dan rendah hati.
5. Bapak Budi Rahardjo, ST.MT. Selaku dosen konsultasi, yang sentiasa membimbing penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir dengan sabar dan rendah hati.
6. Ibu Ir. Ervina Ahyudanari, ME, Ph.D. Selaku dosen mata kuliah Teknik Penulisan Ilmiah
7. Dimas Probo, Oki, Raqil, Wajdino, Arlagant dan teman-teman S-58 yang telah berjuang bersama-sama menyelesaikan studi di Departemen Teknik Sipil ITS.

Dalam penulis proposal tugas akhir ini penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan. Maka dari itu penulis mengharapkan

kritik dan saran demi kebaikan laporan ini di masa yang akan datang.

Akhir kata penulis mengharapkan, semoga Proposal Tugas Akhir ini dapat memenuhi harapan dan bermanfaat bagi kita semua.

Surabaya, Januari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

PERANCANGAN GEOMETRI JALAN REL UNTUK REAKTIVASI JALUR KERETA API PURWOKERTO - PURBALINGGA.....	i
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I.....	1
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.....	7
TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Konsep Reaktivasi.....	7
2.2. Studi Terdahulu	7
BAB III	13
METODOLOGI.....	13
3.1. Umum	13
3.2. Diagram Alir	13

3.2.1	Identifikasi Masalah	15
3.2.2	Studi Pustaka	15
3.3	Tahap Pengumpulan Data	16
3.4	Tahap Pengolahan Data	16
3.4.3	Konsep Reaktivasi dan Evaluasi Kondisi Eksisting	16
3.4.4	Perancangan Geometri Jalan Rel	17
3.4.5	Alinyemen Horizontal	18
3.4.6	Kelandaian Medan	22
3.4.7	Kelandaian Medan Emplasemen.....	22
3.4.8	Alinyemen Vertikal.....	22
3.4.9	Peninggian Rel.....	25
3.5	Perancangan Struktur Jalan Rel.....	25
3.5.1	Kecepatan dan Beban Gandar	26
3.5.2	Pengalokasian Ruang Operasi	27
3.5.3	Komponen Struktur Rel.....	29
3.5.4	Penentuan Dimensi Rel	29
3.5.5	Sambungan Rel	32
3.5.6	Bantalan Rel	33
3.5.7	Syarat Bantalan Beton	34
3.5.8	Komponen Penambat Rel	36
3.5.9	Lapisan Balas dan Sub Balas	37
3.5.10	Wesel.....	40
3.5.11	Emplasemen Stasiun	41
3.6	Rancangan Gambaran.....	44

3.7	Kesimpulan	44
BAB IV		45
PERENCANAAN GEOMETRIK JALAN REL		45
4.1	Evaluasi Trase Yang Sudah Tidak Aktif.....	45
4.2	Konsep Reaktivasi	65
4.3	Moda Yang Digunakan	66
4.4	Perencanaan Geometrik	67
4.4.1	Perhitungan Sudut Azimuth dan Sudut Tikungan...	68
4.4.2	Perhitungan Lengkung Horizontal	72
4.4.3	Alinyemen Vertikal	76
BAB V		79
PERENCANAAN KONSTRUKSI STRUKTUR JALAN REL DAN BANGUNAN STASIUN DAN HALTE		79
5.1	Kontruksi Struktur Jalan Rel	79
5.5.1	Kecepatan Rencana	79
5.5.2	Beban Gandar	79
5.5.3	Rencana Dimensi Profil Rel	79
5.5.4	Sambungan Rel	82
5.5.5	Penentuan Tipe Bantalan	82
5.5.6	Penambat Rel	87
5.5.7	Perencanaan Balas dan Sub Balas.....	87
5.5.8	Perencanaan Peron	91
5.5.9	Perencanaan Wesel.....	93
BAB VI		103

KESIMPULAN DAN SARAN	103
6.1 Kesimpulan	103
6.2 Saran	104
DAFTAR PUSTAKA	105
LAMPIRAN	108

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Peta Lokasi Rencana.....	6
Gambar 3. 1	Diagram Alir	13
Gambar 3. 2	Lebar Jalan Rel 1435 mm	18
Gambar 3. 3	Lengkung S Horizontal.....	19
Gambar 3. 4	Lengkung horizontal dengan lengkung peralihan (Spiral-Circle-Spiral)	20
Gambar 3. 5	Perencanaan Lengkung Vertikal	23
Gambar 3. 6	Lengkung Vertikal Cekung.....	24
Gambar 3. 7	Lengkung Vertikal Cembung	24
Gambar 3. 8	Bagian Mendatar Diantara Lengkung Vertikal	25
Gambar 3. 9	Ruang Bebas Lebar Rel 1435 mm Pada Jalur lurus untuk jalur tunggal	28
Gambar 3. 10	Dimensi Penampang Rel.....	30
Gambar 3. 11	Titik Sambungan Las Pada Jalan Rel	33
Gambar 3. 12	Bantalan Beton	34
Gambar 3. 13	Posisi Beban pada Bantalan (Q).....	35
Gambar 3. 14	Komponen Penambat Rel	36
Gambar 3. 15	Penambat rel Pandrol.....	37
Gambar 3. 16	Penampang Melintang Jalan Rel Bagian Lurus (Lebar Jalan Rel 1435 mm).....	39
Gambar 3. 17	Penampang Melintang Jalan Rel Pada Lengkungan (Lebar Jalan Rel 1435 mm).....	39
Gambar 3. 18	Detail Komponen Wesel.....	41
Gambar 3. 19	Emplasemen Stasiun Besar	42
Gambar 3. 20	Emplasemen Stasiun Sedang.....	43
Gambar 3. 21	Emplasemen Stasiun Kecil	44
Gambar 4. 1	Trase Jalan Rel Purwokerto – Purbalingga Yang Sudah Tidak Aktif.....	46
Gambar 4. 2	Kereta Light Rail Transit	66
Gambar 4. 3	Sampel Trase Pada Titik A, PI 1, PI 2.....	68
Gambar 4. 4	Sampel Aliyemen Vertikal di Autocad Civil 3d ...	76

Gambar 5. 1 Ukuran Penampang Rel 115 RE.....	81
Gambar 5. 2 Bantalan Beton	82
Gambar 5. 3 Dimensi Bantalan dan Posisi Beban.....	84
Gambar 5. 4 Komponen Penambat Rel	87
Gambar 5. 5 Penampang Melintang Jalan Rel Pada Bagian Lurus (Lebar Jalan Rel 1435 mm)	90
Gambar 5. 6 Penampang Melintang Jalan Rel Pada Bagian Lengkung (Lebar Jalan Rel 1435 mm)	90
Gambar 5. 7 Bentuk Penampang Kereta LRT	91
Gambar 5. 8 Dimensi Peron Stasiun Purwokerto Timur	93
Gambar 5. 9 Tipe Rel 115 RE	94
Gambar 5. 10 Panjang Jarum Wesel.....	95
Gambar 5. 11 Panjang Lidah Wesel	96
Gambar 5. 12 Panjang Jari-jari Wesel	97
Gambar 5. 13 Denah Stasiun Purwokerto.....	98
Gambar 5. 14 Denah Stasiun Purwokerto Timur	99
Gambar 5. 15 Denah Stasiun Sokaraja	100
Gambar 5. 16 Denah Stasiun Banjarsari.....	101
Gambar 5. 17 Denah Stasiun Purbalingga	102

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Maksimum dan minimum kelandaian	22
Tabel 3. 2 Jarak Ruang Bangun	29
Tabel 3. 3 Karakteristik Penampang Rel	30
Tabel 3. 4 Tegangan Ijin Rel dan Tegangan dasar Rel.....	32
Tabel 3. 5 Dimensi Penampang Rel Melintang	39
Tabel 3. 6 Standar Saringan.....	40
Tabel 3. 7 Nomor Wesel dan Kecepatan Ijin.....	41
Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Purwokerto - Purbalingga	47
Tabel 4. 2 Data Teknis Kereta Light Rail Transit.....	66
Tabel 4. 3 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Sudut Azimuth (α) dan Sudut Tikungan (Δ).....	71
Tabel 4. 4 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Alinyemen Horizontal	75
Tabel 4. 5 Rekapitulasi Hasil Perhitngan Alinyemen Vertikal..	78
Tabel 5. 1 PC Sleepers Dimension Specification.....	83
Tabel 5. 2 Perhitungan Fungsi Trigonometri Dari Momen di Bawah Rel dan Tengah Bantalan.....	85
Tabel 5. 3 Standar Saringan.....	89
Tabel 5. 4 Dimensi Penampang Rel Melintang	89
Tabel 5. 5 Dimensi Peron	93
Tabel 5. 6 Nomor wesel dan Kecepatan ijin	94
Tabel 5. 7 Data Wesel Stasiun Purwokerto	98
Tabel 5. 8 Data Wesel Stasiun Purwokerto Timur.....	99
Tabel 5. 9 Data Wesel Stasiun Sokaraja.....	100
Tabel 5. 10 Data Wesel Stasiun Purbalingga.....	101
Tabel 5. 11 Data Wesel Stasiun Purbalingga.....	102

“Halaman sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kereta api adalah bentuk transportasi rel yang terdiri dari serangkaian kendaraan yang ditarik sepanjang jalur kereta api untuk mengangkut kargo atau penumpang. Sedangkan menurut Peraturan Menteri Nomor 60 kereta api adalah sarana perkeretaapian dengan tenaga gerak, baik berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan sarana perkeretaapian lainnya yang akan ataupun sedang akan bergerak di jalan rel terkait dengan perjalanan kereta api. Sebagai negara berpenduduk yaitu 255,461,700 juta jiwa tahun 2015, kereta api bukan pilihan utama masyarakat. Jaringan rel Indonesia sendiri, masih tergolong sedikit dan tidak merata. Pada tahun 2015 total panjang rel di Indonesia hanya mencapai 8.375 km dengan 5.200 km masih beroperasi dan 3.157 km tidak beroperasi. (Badan Pusat Statistik, 2015)

Sesuai dengan arahan pengembangan perkeretaapian dalam Rencana Induk Perkeretaapian Nasional diharapkan sarana kereta api mengutamakan keamanan dan keselamatan (*security and safety first*), terintegrasi dengan moda lain, terjangkau oleh seluruh lapisan masyarakat serta tersebar di pulau-pulau besar seperti Jawa-Bali, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, dan Papua. Sasaran pengembangan jaringan dan layanan perkeretaapian yang ingin di capai pada tahun 2030 antara lain jaringan nasional mencapai 12.100 km tersebar di pulau Jawa – Bali, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan Papua. Termasuk jaringan kereta api kota/perkotaan sepanjang 3.800 km. (Rencana Induk Perkeretaapian Nasional, 2011)

Jalur kereta api Purwokerto – Purbalingga saat ini jalur yang sudah ada tidak beroperasi. Jalur kereta api Purwokerto – Purbalingga adalah bagian dari segmen jalur kereta api Purwokerto – Purbalingga – Banjarnegara – Wonosobo yang mulai di operasikan 1 Juli 1900 oleh pemerintah Hindia – Belanda pada tahun 1894, Serajoedal Stoomtram Maatschappij. Pada tahun 1978

operasional jalur kereta api Purwokerto – Purbalingga dihentikan karena dinilai kalah bersaing dengan moda transportasi lain. Jalur tersebut terakhir kali dilintasi kereta api pada pengujung 1986, yakni KA barang yang berhenti di Stasiun Mantrianom atau sekitar delapan kilometer sebelah barat pusat kota Banjarnegara. KA barang tersebut mengangkut peti kemas yang berisi komponen elektrik dari Prancis untuk keperluan proyek Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Panglima Besar Soedirman di Mrica, Banjarnegara.

Purwokerto adalah sebuah kota yang tak otonom karena masih menjadi bagian Kabupaten Banyumas sebagai pusat pemerintahan. Secara administratif, Purwokerto terbagi menjadi 4 kecamatan dengan 27 kelurahan. Sebenarnya ada wacana pembentukan Kota Purwokerto terlepas dari Kabupaten Banyumas terus bergulir. Jika dilihat dari sejarahnya, Purwokerto asalnya berstatus Kota Administratif (Kotif), di mana sebagian Kotif lain sudah menyanggah status Kota dengan otonomi tersendiri. Selama kurun waktu 2009-2016 pertumbuhan ekonomi Purwokerto tumbuh $\pm 6\%$, didorong oleh tiga sektor utama: industri pengolahan, perdagangan, dan pertanian. Industri pengolahan merupakan sektor penyumbang pertumbuhan terbesar dengan kontribusi 23% pada tahun 2016, dan pangsa penjualan utama adalah pangsa ekspor. Purwokerto merupakan pusat ekonomi di wilayah Eks Karesidenan Banyumas, ditunjukkan dengan partisipasi masyarakat dalam melakukan aktivitas ekonomi (industri dan perdagangan) sehingga kebutuhan akan perbankan realtif lebih tinggi dibandingkan kabupaten lainnya dilihat dari DPK, Kredit, dan Jumlah Rekening di wilayah Banyumas. Begitupun Purbalingga, Jumlah penduduk Kabupaten Purbalingga semakin meningkat dari tahun ke tahun. Peningkatan penduduk yang terjadi di Kabupaten Purbalingga cukup signifikan. Pada tahun 2008 terjadi peningkatan sebanyak 6.939 jiwa (0,84%) dari tahun sebelumnya. Tahun 2009 dan 2010 juga mengalami peningkatan,

yaitu sebesar 0,83% dan 0,91%. Sedangkan pada tahun 2011 mengalami peningkatan yang cukup besar yaitu sebanyak 11.428 jiwa atau sebesar 1.34% dari tahun sebelumnya.

Pertumbuhan penduduk yang tinggi sebenarnya membawa beberapa keuntungan, di antaranya adalah ketersediaan tenaga kerja yang melimpah. Namun, jika pertumbuhan penduduk yang tinggi tidak dibarengi oleh kebijakan pemerintah yang baik dalam menghadapi masalah ini, maka pertumbuhan penduduk yang tinggi hanya akan membawa dampak yang buruk bagi suatu Negara. Adapun dampak negatif yang ditimbulkan dari pertumbuhan penduduk yang tinggi salah satunya dari segi kemacetan lalu lintas Purwokerto – Purbalingga. Masalah kemacetan lalu lintas nampaknya sudah menjadi semacam ciri khusus kota-kota besar di Negara berkembang, termasuk Indonesia.

Maka solusi yang dapat dilakukan dalam menangani permasalahan tersebut adalah dengan membuat alternatif moda lain yang mampu difungsikan sebagai angkutan massal yaitu pengembangan jaringan jalan rel di Purwokerto – Purbalingga. Moda transportasi umum berbasis jalan rel merupakan salah satu moda transportasi yang efektif untuk mengangkut penumpang dan barang dalam skala besar. Selain itu moda ini memiliki jalur sendiri yang terpisah dari jalan raya.

Tujuan pembangunan yang akan mau dicapai pada aspek-aspek jaringan jalan rel, yaitu aspek ekonomi mendukung pembangunan di wilayah tersebut. Dari aspek sosial ialah terbukanya lapangan kerja bagi penduduk setempat baik pada saat pembangunan maupun pengoperasionalannya. Dan dari aspek transportasi ialah berkurangnya kerusakan konstruksi jalan raya dan pemakaian energi dalam jumlah yang besar dengan adanya perpindahan angkutan barang dari jalan raya ke jalan rel.

Pada tulisan ini, penulis akan merancang geometri jalan rel Purwokerto – Purbalingga sepanjang 20 km. Penulis berharap

tulisan ini dapat menjadi masukan dan pembanding bagi pemerintah.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut, yaitu :

1. Bagaimana bentuk dari trase jalan rel Purwokerto – Purbalingga sesuai topografi yang ada?
2. Bagaimana bentuk rancangan alinyemen geometrik jalan rel Purwokerto – Purbalingga menurut TCRP 155 dan Peraturan Menteri No. 60 tahun 2012?
3. Bagaimana konstruksi jalan rel (tipe rel, bantalan, ballast dan subballas) sesuai jalur kereta api Purwokerto – Purbalingga menurut TCRP 155 dan Peraturan Menteri No. 60 tahun 2012?

1.3. Tujuan

Dengan rumusan masalah tersebut, maka tujuan yang diharapkan tercapai adalah sebagai berikut, yaitu :

1. Merencanakan bentuk trase jalan rel Purwokerto – Purbalingga yang tepat untuk kondisi topografi yang ada.
2. Merancang alinyemen geometrik jalan rel sesuai persyaratan yang ada.
3. Merancang konstruksi jalan rel (tipe rel, bantalan, ballast, dan subballast) yang sesuai pada jalur kereta api Purwokerto – Purbalingga .

1.4. Manfaat

Manfaat yang diperoleh dan penyusunan Tugas Akhir ini adalah :

1. Mahasiswa dapat menambah wawasan dan mampu menerapkan teori-teori perkuliahan yang didapat.

2. Dapat menjadi referensi alternatif perencanaan geometri jalan rel untuk reaktivasi jalur kereta api Purwokerto - Purbalingga.

1.5. Ruang Lingkup

Tugas Akhir ini membahas tentang perencanaan geometri jalan rel dan konstruksi rel kereta api pada jalur kereta api Purwokerto – Purbalingga. Tidak memperhitungkan dipo, rumah sinyal, drainase.

1.6. Lokasi

Lokasi yang ditinjau dalam pembuatan Tugas Akhir ini adalah kondisi eksisting jalur kerete api sepanjang Purwokerto, Purwokerto Timur, Sokaraja, Banjarsari dan Purbalingga yang ada di Jawa Tengah, seperti yang terlihat pada **Gambar 1.1** :



Gambar 1. 1 Peta Lokasi Rencana.
 Sumber : <https://www.arcgis.com>

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini akan membahas dasar teori yang digunakan sebagai acuan dalam perancangan geometri dan struktur jalan rel dari Purwokerto - Purbalingga. Perencanaan geometri jalan rel pada tugas akhir ini berpedoman pada Rencana Induk Perkeretaapian Nasional 2030 (RIPNAS 2030), metode yang digunakan dalam tugas akhir ini mengacu kepada Peraturan Menteri Perhubungan RI Nomor 60 tahun 2012 dan TCRP 155.

2.1. Konsep Reaktivasi

Menentukan konsep reaktivasi dari sebuah non-aktif perlu dipertimbangkan banyak kriteria, syarat dan kondisi trase eksisting di lapangan. Hal tersebut dilakukan setelah mendapat data-data pendukung telah diketahui. Kemudian dilakukan mengevaluasi jalur yang ditinjau dengan bertujuan untuk mengetahui pada kawasan mana reaktivasi bisa dilakukan. Berdasarkan hasil evaluasi tersebut akan didapatkan jenis kereta yang akan direncanakan melewati jalur Purwokerto – Purbalingga.

2.2. Studi Terdahulu

Prasetyo (2010) *Perencanaan Revitalisasi Jalan Rel Trayek Stasiun Madiun – Stasiun Ponorogo Menggunakan Sistem Railbus Sebagai Solusi Alternatif Pemilihan Moda Transportasi Massal*. Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Dosen pembimbing Ir. Wahyu Herijanto., MT dan Budi Rahardjo., ST.,MT

Penulis melakukan perencanaan revilitasasi jalan rel Stasiun Madiun – Stasiun Ponorogo menggunakan sistem railbus sebagai solusi alternatif pemilihan moda transportasi massal. Revilitasasi jalan rel trayek Madiun-Ponorogo yang melalui jalan raya di Kota Madiun sangat sesuai dengan moda *railbus*. Perencanaan dilakukan dengan menggunakan gabungan dari peta

rupa bumi sebagai data, survey lokasi dilakukan untuk mengetahui kondisi trase eksisting saat ini.

Metode perencanaan revitalisasi jalan rel trayek stasiun Madiun-Ponorogo adalah dengan mengidentifikasi masalah yang ada pada saat ini. Kemudian dilakukan pengumpulan data seperti peta topografi dari Badan Informasi Geospasial, data spesifikasi railbus dan studi literatur untuk menunjang tugas akhir. Setelah data-data yang dibutuhkan lengkap dilakukan pengolahan data seperti pemilihan trase eksisting dan penentuan jelas jalan dan lokasi letak halte. Setelah pemilihan trase, penentuan jalan dan lokasi letak halte dilakukan perencanaan geometri berupa Alinyemen Horizontal, Alinyemen Vertikal dan perencanaan konstruksi jalan rel. Perencanaan konstruksi meliputi penambat rel, sambungan rel, dan bantalan rel

Dari hasil perencanaan didapatkan trase yang digunakan trase eksisting dengan hasil analisa dan perhitungan lengkung horizontal didapatkan R minimum 350 m dan R maksimum 500 m, serta lengkung vertikal didapatkan 35 lengkung yang mempunyai panjang bervariasi dari panjang lengkung terkecil 7,5 m hingga panjang lengkung terpanjang 750 m. Hasil analisa dan perhitungan struktur jalan untuk railbus yang digunakan adalah menggunakan type R42 dan *groove rail*. Lebar sepur 1067 mm dengan beban gandar sebesar 9 ton, panjang bantal beton 200 cm, tinggi bantal beton 21 cm, dan jarak antara bantal beton 60 cm. Untuk tebal balas dibawah bantalan 25 cm, tebal balas atas 55 cm dan serta tebal sub balas 20 cm. Untuk perencanaan halte beberapa tempat rute yang di lewati *railbus* ditentukan berdasarkan perkecamatan dan adanya pusat kegiatan pusat halte tersebut.

Muttaqin (2018) *Perancangan Geometri Jalan Rel Kamal – Pelabuhan Tanjung Bulupandan di Madura*. Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Dosen pembimbing Ir. Wahyu Herijanto., MT dan Budi Rahardjo., ST.,MT

Penulis melakukan perancangan geometri jalan rel Kamal - Pelabuhan Tanjung Bulupandan di Madura menggunakan Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Bangkalan tahun 2009-2029 terdapat rencana maupun nasional baik penumpang maupun barang bagi wilayah industri terutama pelabuhan serta melayani terminal penumpang laut.

Tujuan dari perancangan geometri jalan rel Kamal - Pelabuhan Tanjung Bulupandan adalah untuk menunjang pembangunan infrastruktur Kabupaten Bangkalan, Madura. Dimana distribusi barang disana dibutuhkan untuk menunjang pelabuhan peti kemas Tanjung Bulupandan dan zona industri disekitar peti kemas.

Metode perancangan geometri jalan rel Kamal-Pelabuhan Tanjung Bulupandan adalah dengan mengidentifikasi masalah yang ada pada saat ini. Kemudian dilakukan pengumpulan data seperti peta topografi dari Badan Informasi Geospasial dan brosur bantalan untuk mengetahui jenis bantalan yang digunakan serta kekuatannya. Setelah data – data yang dibutuhkan sudah lengkap dilakukan pengolahan data. Dilakukan perencanaan beberapa bentuk alternative rute untuk jalan rel. Kemudian dilakukan pemilihan trase dengan memberikan skor pada masing – masing kriteria. Setelah trase didapatkan maka dilakukan perencanaan geometrik berupa Alinyemen Vertikal, Alinyemen Horizontal dan Perencanaan Konstruksi Jalan Rel. Perencanaan konstruksi meliputi penentuan jenis rel, perencanaan bantalan, perencanaan balas, perencanaan sub balas dan perencanaan wesel.

Dari hasil perancangan alternatif trase dipilih rute alternatif trase 3 sebagai perencanaan dengan total panjang 37,1 km. Berdasarkan perencanaan lengkung vertical dengan kelandaian maksimum yang digunakan 0% - 4% dan radius lengkung 8000 m. Untuk lengkung horizontal dengan rencana 120 km/jam, jari jari minimum 780 m, dan didesain menggunakan lengkung SpiralCricle-Spiral, didapatkan jumlah tikungan

sebanyak 10 tikungan. Konstruksi jalan rel yang digunakan menggunakan jenis rel UIC tipe R.54 dengan bantalan beton yang dipasang dengan jarak 60 cm serta disambung dengan las termit. Untuk wesel yang digunakan yaitu nomor wesel W 14 dengan kecepatan ijin 50km/jam dengan sudut simpang 1:14 Untuk balas didapatkan tebal balas atas (d1) 30 cm dan tebal balas bawah (d2) 50 cm. sedangkan untuk 80 panjang peron, direncanakan peron tinggi dengan panjang 100 m dengan lebar 4 m. Rencana anggaran biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan jalur kereta api Kamal-Pelabuhan Tanjung Bulupandan yaitu Rp. 785.448.669.000,00.

Pebiandi, Vischo (2006) *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. Dosen pembimbing Ir. Wahyu Herijanto., MT dan Budi Rahardjo., ST.,MT

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 perencanaan geometri kereta api yang baru berupa alinyemen horizontal dan vertikal. Setelah melakukan perencanaan 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.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

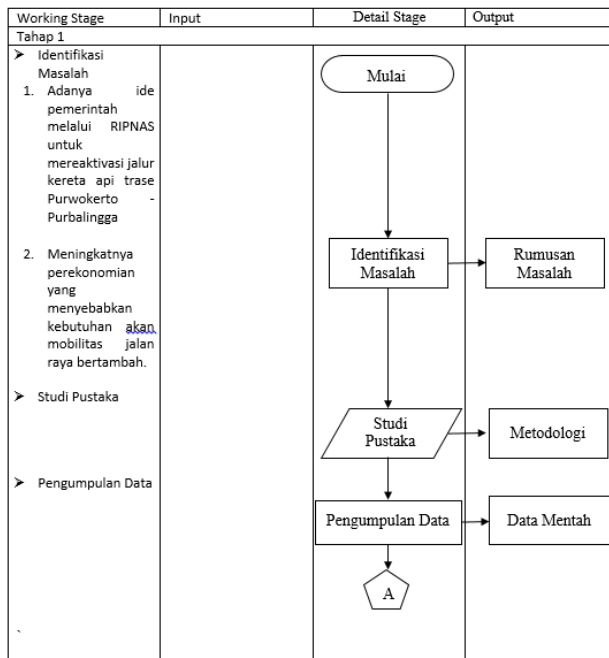
BAB III METODOLOGI

3.1. Umum

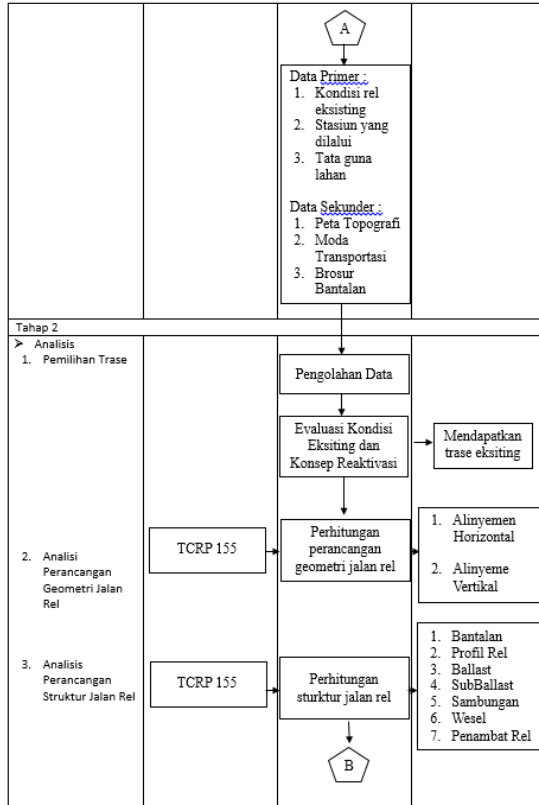
Metodologi dalam proses pengerjaan Tugas Akhir merupakan langkah – langkah yang harus dilakukan guna mencapai tujuan yang direncanakan. Dalam pembuatan Tugas Akhir ini, adapun tahapan-tahapan yang perlu dilakukan, seperti dibawah ini:

3.2. Diagram Alir

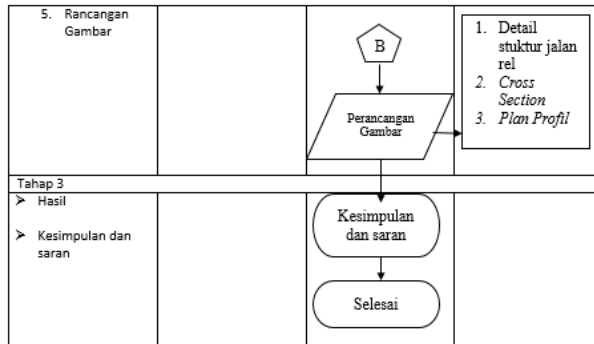
Diagram alir ini akan menjelaskan tata urutan perencanaan dari awal sampai akhir proses pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3. 1 Diagram Alir



Gambar 3. 1 Diagram Alir (lanjutan)



Gambar 3. 1 Diagram Alir (lanjutan)

3.2.1 Identifikasi Masalah

Pada tahap indentifikasi masalah ini dilakukan perumusan masalah yang ada pada kondisi saat ini seperti perancangan trase jalan rel Purwokerto – Purbalingga yang sesuai kondisi topografi dan konstruksi jalan rel yang dibutuhkan dalam perancangan jalan rel Purwokerto – Purbalingga ini.

3.2.2 Studi Pustaka

- 1) Peraturan Menteri Perhubungan PM No. 60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api.
- 2) Prasetyo (2010) *Perencanaan Revitalisasi Jalan Rel Trayek Stasiun Madiun – Stasiun Ponorogo Menggunakan Sistem Railbus Sebagai Solusi Alternatif Pemilihan Moda Transportasi Massal*. Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- 3) Muttaqin (2018) *Perancangan Geometri Jalan Rel Kamal – Pelabuhan Tanjung Bulupandan di Madura*. Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- 4) Pebiandi, Vischo (2006) *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.

- 5) Sakti (2018) *Perancangan Alternatif Geometrik Jalan Rel Untuk Reaktivasi Jalur Kereta Api Yogyakarta – Magelang*.
- 6) TCRP 155.
- 7) Pedoman yang terkait.

3.3 Tahap Pengumpulan Data

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

1. Data Primer
 - Kondisi rel eksisting
 - Stasiun yang dilalui
 - Tata guna lahan
2. Data Sekunder
 - Untuk mengetahui tata guna dan kontur lapangan yang ditinjau dari Badan Informasi Geospasial..
 - Data kereta api penumpang milik oleh PT. INKA.
 - Brosur bantalan, untuk mengetahui jenis bantalan yang digunakan serta kekuatan materialnya dari PT.WIKA.

3.4 Tahap Pengolahan Data

Setelah semua data yang sudah dikumpulkan lalu dilakukan pengolahan data. Perhitungan teknis dilakukan untuk menghasilkan input bagi proses perencanaan selanjutnya, Pengolahan data yang dilakukan mencakup pemilihan trase, perhitungan geometrik jalan rel dan perencanaan konstruksi jalan rel. Dengan mengacu pada teknis pelaksanaan perencanaan dari Purwokerto – Purbalingga.

3.4.3 Konsep Reaktivasi dan Evaluasi Kondisi Eksisting

Setelah mengetahui daerah tersebut dan melakukan evaluasi. Kemudian dapat menentukan konsep reaktivasi pada

trase tersebut. Menentukan konsep reaktivasi akan mendapatkan jenis kereta api yang akan direncanakan seperti (*Light Rail / Heavy Rail*).

Dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini untuk menentukan konsep reaktivasi jalur kereta api perlu diperhatikan beberapa kriteria antara lain:

- a. Kondisi lingkungan disekitar trase eksisting.
- b. Batas-batas tanah milik PT. KAI.
- c. Kecepatan rencana.

Selain dari kriteria diatas, untuk memilih jenis kereta juga harus mempertimbangkan medan yang akan dilalui. Sehingga apakah diperlukan jenis kereta *Light Rail* atau *Heavy Rail*.

3.4.4 Perancangan Geometri Jalan Rel

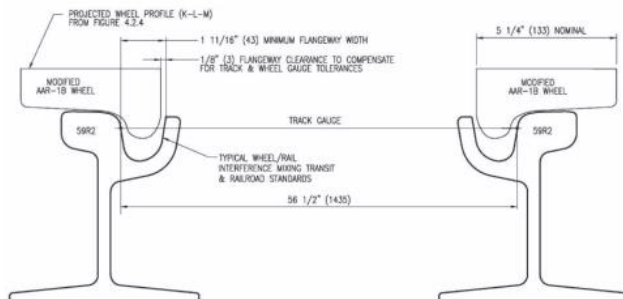
Perancangan geometrik jalan rel harus dibuat sesuai dengan kecepatan yang akan dirancangan dan ukuran kereta yang akan melewati di atasnya dengan memperhatikan kesesuaian dengan lingkungan di sekitar trase rel eksisting.

Pada tugas akhir ini akan dilakukan perencanaan sesuai dengan persyaratan dalam TCRP Report 155 dan PM No.60 Tahun 2012 serta menggunakan referensi pendukung seperti : Jalan Rel (Utomo, 2009), Modul Geometrik : Rekayasa Jalan Raya dan Rel (ITS).

Secara umum perhitungan geometrik dari referensi – referensi tersebut sama. Namun syarat-syarat kriteria dalam perencanaan yang berbeda.

3.5.4.1 Lebar Jalan Rel

Lebar jalan rel adalah jarak minimum kedua sisi kepala rel yang di ukur pada 0-15 mm dibawah permukaan teratas rel (kepala rel). Seperti yang terlihat pada **Gambar 3.2** :



Gambar 3. 2 Lebar Jalan Rel 1435 mm

Sumber : TCRP Report 155 Track Design LRT

3.4.5 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. Ketiga lengkung tersebut akan dijelaskan sebagai berikut :

3.4.5.1 Lengkung Lingkaran

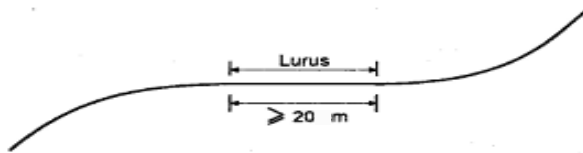
Apabila dua bagian lintas lurus yang perpanjangannya bertemu membentuk sudut, maka dua bagian tersebut harus dihubungkan oleh suatu lengkung horizontal.

Untuk menentukan besarnya kecepatan rencana, besarnya jari-jari minimum dengan lengkung peralihan (*S-C-S*) atau tanpa

lengkung peralihan (*SS dan Full Circle*) yang diijinkan. Jari – jari kurva minimum ditentukan oleh jenis karakteristik fisik kendaraan.

3.4.5.2 Lengkung S

Pada dua lengkung dari suatu lintas yang berbeda arah lengkungnya terletak bersambungan, akan membentuk suatu lengkung membalik (*reverse curve*) dengan bentuk huruf S, sehingga dikenal sebagai “lengkung S”. Antara kedua lengkung yang berbeda arah sehingga membentuk huruf S ini harus diberi bagian lurus minimum 20 meter diluar lengkung transisi, seperti yang terlihat pada **Gambar 3.3** dibawah ini :



Gambar 3.3 Lengkung S Horizontal
Sumber : Utomo, 2009

3.4.5.3 Lengkung Peralihan (Transisi)

Untuk mengurangi pengaruh perubahan gaya sentrifugal sehingga penumpang kereta api tidak terganggu kenyamanannya, dapat digunakan lengkung transisi (*transition curve*). Lengkung transisi 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 (3.1) :

$$L_s = 0,008x E x V..... (3.1)$$

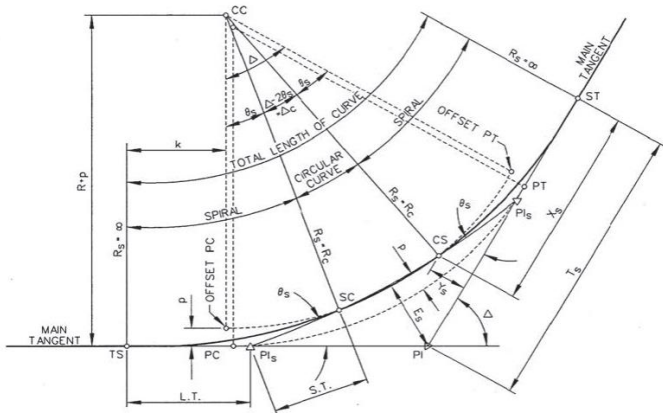
Dimana :

- Lh = panjang minimal lengkung peralihan (m).
E = pertinggian relatif antara dua bagian yang dihubungkan (mm).

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

3.4.5.4 Menentukan Alinyemen Horizontal

Untuk merencanakan suatu alinyemen horizontal pada jalan rel dimana akan diperhitungkan bagian – bagian lengkung seperti yang terlihat pada **Gambar 3.4**.



Gambar 3. 4 Lengkung horizontal dengan lengkung peralihan (Spiral-Circle-Spiral)

Sumber : TCRP Report 155 Track Design Handbook.

Dari keterangan **Gambar 3.4** diatas, maka langkahlangkah untuk menghitung nilai alinyemen horizontal akan dijelaskan dengan rumus perencanaan sebagai berikut :

$$E = 12 \times \frac{V^2}{R} \dots\dots\dots(3.2)$$

$$L_s = 0,008 \times V \times E \dots\dots\dots(3.3)$$

$$\theta_s = \frac{1}{2} \times \frac{L_s}{R} \dots\dots\dots(3.4)$$

$$D_c = \frac{174637}{R} \dots\dots\dots(3.5)$$

$$L_c = \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{D_c} \times 100 \dots\dots\dots(3.6)$$

$$p = Ls \left(\frac{\theta s}{12} - \frac{\theta s^3}{336} + \frac{\theta s^5}{15840} \right) \dots \dots \dots (3.7)$$

$$k = Ls \left(\frac{1}{2} - \frac{\theta s^2}{60} + \frac{\theta s^4}{2160} - \frac{\theta s^6}{131040} \right) \dots \dots \dots (3.8)$$

$$Ts = (R + p) \times \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) + K \dots \dots \dots (3.9)$$

$$Es = (R + p) \left(\frac{1}{\cos\frac{\Delta}{2}} - 1 \right) + p \dots \dots \dots (3.10)$$

$$Xs = Ls \left(1 - \frac{\theta s^2}{10} + \frac{\theta s^4}{216} - \frac{\theta s^6}{9360} \right) \dots \dots \dots (3.11)$$

$$Ys = Ls \left(\frac{\theta s}{3} - \frac{\theta s^2}{42} + \frac{\theta s^5}{1320} - \frac{\theta s^7}{75600} \right) \dots \dots \dots (3.12)$$

Keterangan:

E = Peninggian rel (mm)

Ls = Panjang lengkung peralihan (m)

θs = 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)

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)

3.4.6 Kelandaian Medan

Kelandaian maksimum dan minimum untuk kereta api *Light Rail Transit* menurut TCRP 155 , yaitu pada **Tabel 3.1**:

Tabel 3. 1 Maksimum dan minimum kelandaian

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 Handbook

3.4.7 Kelandaian Medan Emplasemen

Menurut TCRP 155 hal 3-45, untuk kelandaian medan di stasiun maksimal 2%.

3.4.8 Alinyemen Vertikal

Alinemen vertikal yang merupakan proyeksi sumbu jalan rel pada bidang vertikal yang melalui sumbu jalan rel tersebut.

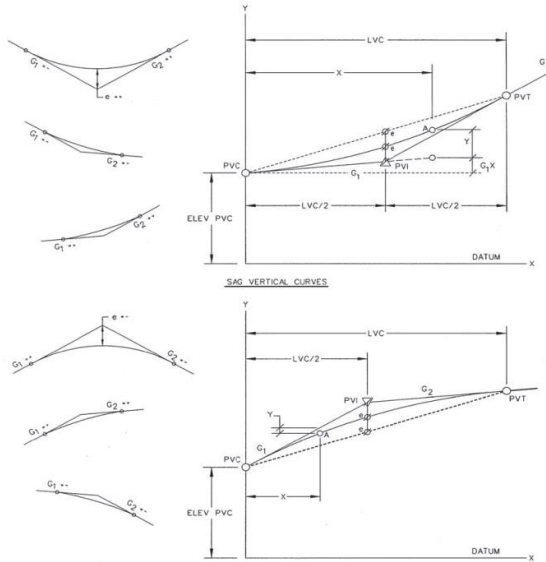
Tabel 3. 2 Jari-jari Minimum Alinyemen Vertikal

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

Sumber : Peraturan Menteri No 60 Tahun 2012

3.4.7.2 Menentukan Alinyemen Vertikal

Untuk menentukan Alinyemen Vertikal harus memperhitungkan bagian-bagian lengkung seperti pada **Gambar 3.5**.



Gambar 3.5 Perencanaan Lengkung Vertikal
 Sumber: TCRP Report 155 Track Design Handbook

Dari **Gambar 3.5** untuk menghitung lengkung vertikal akan dijelaskan dengan persamaan dibawah ini.

$$LVC \text{ (cembung)} = \frac{AV^2}{215} \dots\dots\dots(3.13)$$

$$LVC \text{ (cekung)} = \frac{AV^2}{387} \dots\dots\dots(3.14)$$

$$y = \frac{1}{2} x r x X \dots\dots\dots(3.15)$$

$$e = \frac{g_2^2 - g_1^2}{8} x LVC \dots\dots\dots(3.16)$$

$$r = \frac{g_2^2 - g_1^2}{LVC} \dots\dots\dots(3.17)$$

$$LVC = 0,01 \times Lvc \times (g_2 - g_1) \dots \dots \dots (3.18)$$

$$\text{Elevasi PVC} = PV1 - G1 \times \frac{1}{2} \times Lvc \dots \dots \dots (3.19)$$

$$\text{Elevasi PVT} = PV1 - G1 \times \frac{1}{2} \times Lvc \dots \dots \dots (3.20)$$

Keterangan :

LVC = Panjang lengkung

y = panjang titik A ke titik y

e = Panjang PV1 ke titik A

Rv = Jari – jari lengkung vertikal (m)

G1, G2 = Prosentase kemiringan (%)

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

a. Lengkung vertikal cekung (-)



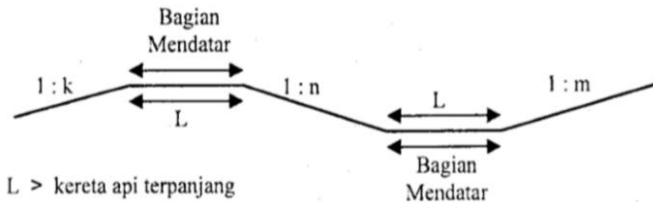
Gambar 3. 6 Lengkung Vertikal Cekung
Sumber: TCRP Report 155 Design Handbook

b. Lengkung vertikal cembung (+)



Gambar 3. 7 Lengkung Vertikal Cembung
Sumber: TCRP Report 155 Design Handbook

Apabila suatu tanjakan diikuti oleh turunan atau sebaliknya yaitu turunan diikuti tanjakan, maka di antara lengkung vertikal yang merupakan lengkung transisi harus dibuat “bagian mendatar” yang panjangnya tidak boleh kurang dari kereta api terpanjang yang melalui jalan rel tersebut.



Gambar 3. 8 Bagian Mendatar Diantara Lengkung Vertikal
Sumber : Utomo, 2009

3.4.9 Peninggian Rel

Pada bagian lengkungan, elevasi rel pada bagian luar dibuat lebih tinggi dari pada rel bagian dalam untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang dialami oleh rangkaian kereta. Peninggian rel dicapai dengan menempatkan rel dalam pada tinggi semestinya dan rel luar lebih tinggi. Rumusan peninggian rel yaitu :

$$\text{a) } E = 12 \times \frac{v^2}{R} \dots\dots\dots (3.21)$$

$$\text{b) } E = 115 \text{ mm} \dots\dots\dots (3.22)$$

Dimana :

E = Peninggian rel (mm)

V = kecepatan rencana (Km/jam)

R = Jari – jari rencana (m)

3.5 Perancangan Struktur Jalan Rel

Perancangan konstruksi jalur kereta api harus direncanakan sesuai persyaratan teknis sehingga dapat dipertanggung jawabkan secara teknis dan ekonomis. Secara teknis diartikan konstruksi jalur kereta api tersebut harus aman dilalui

oleh sarana perkeretaapian dengan tingkat kenyamanan tertentu selama umur konstruksinya.

Secara ekonomis diharapkan agar pembangunan dan pemeliharaan konstruksi tersebut dapat diselenggarakan dengan tingkat harga yang sekecil mungkin dengan output yang dihasilkan kualitas terbaik dan tetap menjamin keamanan dan kenyamanan. Perencanaan konstruksi jalur kereta api dipengaruhi oleh jumlah beban, kecepatan maksimum, beban gandar dan pola operasi. Atas dasar ini diadakan klasifikasi jalur kereta api sehingga perencanaan dapat dibuat secara tepat guna.

3.5.1 Kecepatan dan Beban Gandar

3.5.1.1 Kecepatan Rencana

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

- A. Untuk perancangan struktur jalan rel.

$$V \text{ rencana} = 1,25 \times V \text{ maks} \dots\dots\dots (3.23)$$

- B. Untuk perencanaan peninggian

$$V \text{ rencana} = c \times \frac{\sum Ni \times Vi}{\sum Ni} \dots\dots\dots (3.24)$$

Dimana :

$$C = 1,25$$

N_i = Jumlah Kereta api yang lewat

V_i = Kecepatan Operasi

- C. Untuk perencanaan jari-jari lengkung lingkaran dan lengkung peralihan

$$V \text{ rencana} = V \text{ maks} \dots\dots\dots(3.25)$$

3.5.1.2 Beban Gandar

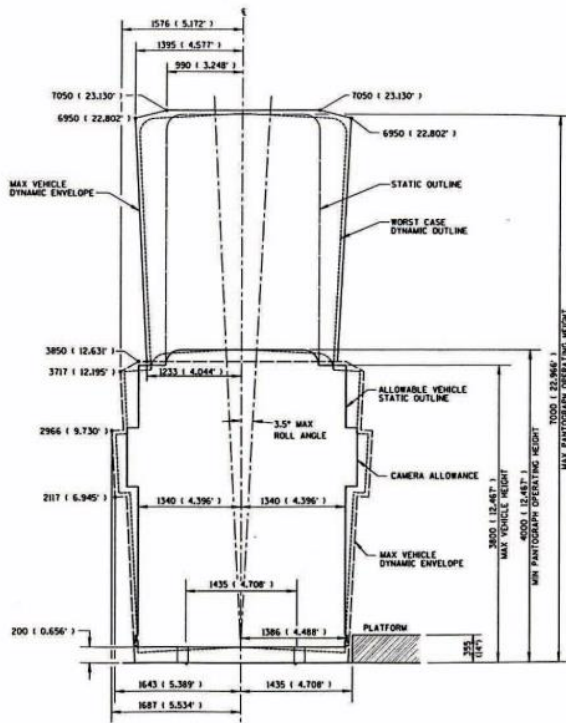
Beban gandar adalah beban yang diterima oleh jalan rel dari satu gandar. Beban gandar maksimum untuk jenis kereta api *Light Rail* dengan dimensi lebar sepur 1435 mm adalah 12 ton.

3.5.2 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.

3.5.2.1 Ruang Bebas

Ruang bebas ialah ruang diatas sepur yang senantiasa harus bebas dari segala rintangan dan benda penghalang; ruang ini disediakan bagi lalu lintas kereta api. Ukuran ruang bebas untuk jalur tunggal dan jalur ganda, baik pada bagian lintas yang lurus maupun yang melengkung, untuk lintas elektrifikasi dan non elektrifikasi, Ukuran ruang bebas untuk jalur tunggal saat kondisi lurus, dapat dilihat pada **Gambar 3.9**.



Gambar 3. 9 Ruang Bebas Lebar Rel 1435 mm Pada Jalur lurus untuk jalur tunggal

Sumber : TCRP Report 155 Track Design LRT

3.5.2.2 Ruang Bangun

Ruang bangun ialah ruang disisi sepur yang senantiasa harus bebas dari segala bangunan tetap, seperti 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 3.3**.

Tabel 3. 3 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 Nomor 60 Tahun 2012

3.5.3 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.

3.5.4 Penentuan Dimensi Rel

Rel pada jala rel mempunyai fungsi sebagai pijakan menggelingdingkan roda kereta api dan untuk meneruskan beban dari roda kereta api kepada bantalan. 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 tertentu menghasilkan $\sigma < \sigma$ ijin, maka dimensi rencana dianggap cukup.

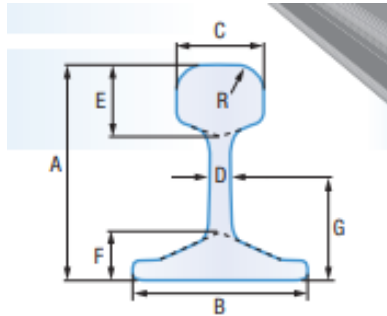
3.5.4.1 Karakteristik Penampang Rel

Karakteristik penampang rel harus memenuhi syarat dan ketentuan dimensi rel seperti yang tertera pada **Tabel 3.4** dan **Gambar 3.10** .

Tabel 3. 4 Karakteristik Penampang Rel

Size	Dimension (mm)									Weight (kg/m)	I _x (cm ⁴)	Material
	A	B	C	D	E	F	G	R	S			
115 RE	168.28	139.7	69.1	15.88	42.9	28.58	82.56	203.2	72.4	56.9	2726	900A/1100
136 RE	185.74	152.4	74.6	17.46	49.2	30.16	98.43	203.2	86	67.41	3821	900A/1100
141 RE	188.91	152.4	77.8	17.46	54.8	30.2	98.43	203.2	89	69.79	4181	900A/1100

Sumber : TCRP Report 155 Track Design Handbook



Gambar 3. 10 Dimensi Penampang Rel
 Sumber : TCRP Report 155 Track Design Handbook

3.5.4.2 Dasar Perhitungan Tipe Rel

Penentuan dimensi rel 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 tertentu menghasilkan $\sigma < \sigma$ ijin, maka dimensi rencana dianggap cukup. Alur perhitungan tegangan ijin yang terjadi pada rel akan dijelaskan dengan rumus sebagai berikut:

a) Beban dinamis roda (Pd)

$$P_s = \frac{\text{Beban Gandar}}{2} \dots \dots \dots (3.26)$$

$$P_d = P_s + 0,01 \times P_s \times \left(\frac{v}{1,609} - 5 \right) \dots \dots \dots (3.27)$$

Dimana:

P_d = Beban dinamis roda (kg)

P_s = Beban statis roda (kg)

V = Kecepatan rencana (km/jam)

b) Dumping faktor (λ)

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{K}{4 \times E \times I_x}} \dots\dots\dots (3.28)$$

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)

$$M_o = \left(\frac{Pd}{4 \times \lambda} \right) \dots\dots\dots (3.29)$$

$$M_a = 0,85 \times M_o \dots\dots\dots (3.30)$$

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)

$$\sigma = \frac{(M_a \times Y_b)}{I_x} \dots\dots\dots (3.31)$$

e) Tegangan yang terjadi pada dasar rel (S_{base})

$$S_{base} = \frac{M_a}{W_b} \dots\dots\dots (3.32)$$

Dimana:

σ = tegangan ijin rel (kg/cm²)

M_a = momen maksimum (kg.cm)

Y_b = Jarak tepi bawah rel ke garis netral (cm)

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

W_b = Tahanan momen dasar (cm³)

3.5.4.3 Tegangan Iji Rel Dan Tegangan Dasar Rel

Tegangan ijin rel dan tegangan dasar rel yang di ijinan sesuai dengan kelas jalan rel pada **Tabel 3.5**.

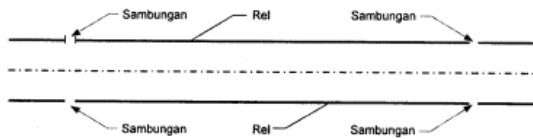
Tabel 3. 5 Tegangan Ijin Rel dan Tegangan dasar Rel

Kelas Jalan	Daya Angkut Lintas (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 : Rosyidi, 2015

3.5.5 Sambungan Rel

Sambungan rel ialah suatu konstruksi yang mengikat dua ujung rel sedemikian sehingga kereta api dapat berjalan diatasnya dengan aman dan nyaman. Sambungan rel merupakan titik yang tidak menguntungkan. Dari segi beban yang harus diterimanya, sambungan rel harus kuat menahan momen yang timbul, gaya yang bekerja, maupun sentuhan yang ditimbulkan oleh roda kereta api.



Gambar 3. 11 Titik Sambungan Las Pada Jalan Rel

Sumber : Utomo, 2009

Rel dari pabrik akan diproduksi 25 meter, selanjutnya akan dilas dengan “*Flash Butt Welding*” untuk mendapatkan rel – rel pendek, dan pada saat di lapangan dapat disambung lagi dengan las “*Flash Butt Welding*” sehingga akan menjadi rel panjang. Flash butt welding ialah memberikan muatan listrik dengan arus listrik yang besar ke dua ujung besi rel yang ingin dilas.

Keunggulan penggunaan las *flash butt welding* pada sambungan, yaitu :

1. Tidak memerlukan las thermitt.
2. Proses pengelasannya lebih cepat.
3. Proses pengerjaannya lebih murah

Kekurangan penggunaan las *flash butt welding* pada sambungan, yaitu :

1. Peralatan flash welding mahal.

3.5.6 Bantalan Rel

Bantalan adalah suatu komponen yang berfungsi untuk meneruskan beban kereta api dan berat konstruksi jalan rel ke balas, mempertahankan lebar jalan rel, dan stabilitas ke arah luar jalan rel. Jenis bantalan yang digunakan dalam konstruksi jalan rel dapat berupa beton, baja, dan kayu.

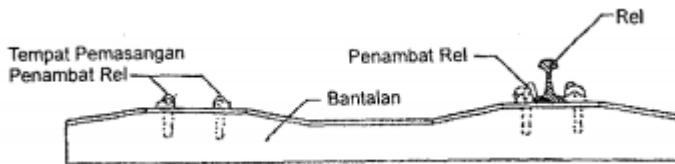
PT. Kereta Api (Indonesia) saat ini, telah menggunakan bantalan beton hampir di seluruh jaringan jalan rel di Indonesia. Beberapa pertimbangan yang terkait dengan penggunaan bantalan beton dibandingkan bantalan kayu dan besi adalah faktor ketahanan, faktor kekuatan, dan faktor ekonomi pemeliharaan.

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.

3.5.7 Syarat Bantalan Beton

Bantalan beton merupakan struktur prategang maka harus memenuhi syarat sebagai berikut (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) harus mampu memikul momen minimum sebesar +2300 kg.m pada bagian dudukan rel dan -2100 kg m pada bagian tengah bantalan.
- d) Dimensi bantalan beton:
 - Panjang = 2.440 mm
 - Lebar maksimum = 330 mm
 - Tinggi maksimum = 220 mm



Gambar 3. 12 Bantalan Beton

Sumber : Utomo, 2009

- Kontrol Kekuatan Bantalan Beton

A. Modulus Elastisitas berdasarkan nilai $f_{c'}$

$$E = 6400 \times \sqrt{f_{c'}} \dots\dots\dots(3.33)$$

Dimana:

E = Modulus elastisitas (kg/cm^2)

$f_{c'}$ = Mutu beton

B. Perhitungan λ beton di bawah rel dan tengah bantalan.

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{K}{4 \times E \times I_x}} \dots\dots\dots(3.33)$$

Dimana:

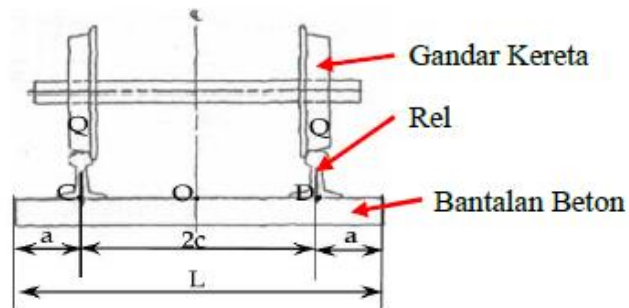
K = Modulus elastisitas rel ($180 \text{ kg}/\text{cm}^2$)

E = Modulus elastisitas (kg/cm^2)

I_x = Momen inersia bantalan beton (cm^4)

C. Perhitungan momen di titik C dan D akan ditampilkan pada

Gambar 3.13 :



Gambar 3.13 Posisi Beban pada Bantalan (Q)

Sumber: Transportation Research Board, 2012

$$Q = 60\% \times P_d \dots\dots\dots(3.34)$$

Dimana :

Q = Beban yang diterima bantalan (kg)

Momen di titik C/D =

$$\frac{Q}{4\lambda} \times \frac{1}{(\sin\lambda \times L) + (\sinh\lambda \times L)} \times \left[\begin{array}{l} (2 \times \cosh^2 \lambda a) \times (\cos 2\lambda c + \cosh \lambda L) - \\ (2 \times \cosh^2 \lambda a) \times (\cosh 2\lambda c + \cos \lambda L) - \\ (\sinh 2\lambda a) \times (\sin 2\lambda c + \sinh \lambda L) - \\ (\sin 2\lambda a) \times (\sinh 2\lambda c + \sinh \lambda L) \end{array} \right] \dots (3.35)$$

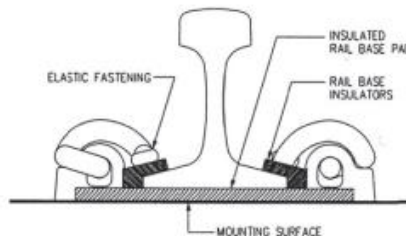
D. Perhitungan momen di titik O (tengah bantalan)

$$-\frac{Q}{2\lambda} \times \frac{1}{(\sin\lambda \times L) + (\sinh\lambda \times L)} \times \left[\begin{array}{l} (\sinh \lambda c) \times (\sin \lambda c + \sinh \lambda (L-c)) + \\ (\sin \lambda c) \times (\sinh \lambda c + \sinh \lambda (L-c)) + \\ (\cosh \lambda c) \times (\cos \lambda (L-c)) - \\ (\cos \lambda c) \times (\cosh \lambda (L-c)) \end{array} \right] \dots (3.36)$$

3.5.8 Komponen Penambat Rel

Penambat rel ialah suatu komponen yang menambatkan rel pada bantalan sedemikian 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 yang melewatinya, harus semakin lebih kokoh penambat relnya.

Komponen penambat rel yang harus dilengkapi dalam pemasangan alat penambat elastis tunggal pada bantalan beton terdiri dari : shoulder/insert, clip, insulator, dan rail pad. Detail penyusunan komponen alat penambat dapat dilihat pada **Gambar 3.14**.



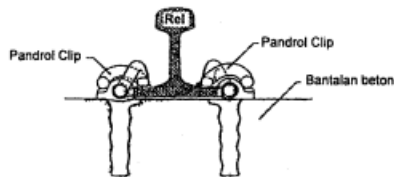
Gambar 3. 14 Komponen Penambat Rel
Sumber : TCRP Report 155 Track Design LRT

3.5.8.1 Tipe Penambat Rel Pandrol

Penambat rel tipe ini merupakan suatu batang baja dengan diameter 19 mm yang berbentuk spiral, yang salah satu sisinya menekan kaki rel dan sisi yang lain berlindung pada suatu penahan. Ini beberapa karakteristik penambat rel Pandrol ialah:

- a) Kuat jepit cukup tinggi, minimum 600 kgf
- b) Waktu dilewati rangkaian kereta api tidak menimbulkan suara berisik
- c) Mudah dikerjakan
- d) Penambat kuat, tidak mudah lepas
- e) Jumlah komponen sedikit, dan sederhana
- f) Bila digunakan alas karet (*Rubber Pad*) di bawah kaki rel, menjadi penambat elastis ganda.

Berikut adalah gambar tipe penambat rel pandrol.



Gambar 3. 15 Penambat rel Pandrol

Sumber : Utomo, 2009

3.5.9 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. Fungsi utama balas dan sub balas adalah sebagai berikut:

- Meneruskan dan menyebarkan beban bantalan ke tanah dasar
- Mengokohkan kedudukan bantalan

- Meluruskan air sehingga tidak terjadi penggenangan air di sekitar bantalan rel.

3.5.9.1 Bentuk dan Ukuran 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:

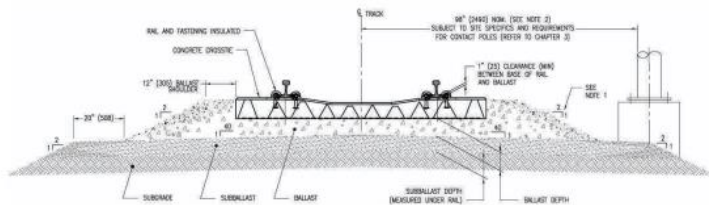
- a) Balas harus terdiri dari batu pecah (25 – 60) mm dan memiliki kapasitas ketahanan yang baik, ketahanan gesek yang tinggi dan mudah dipadatkan.
- b) Material balas harus bersudut banyak dan tajam.
- c) Porositas maksimum 3%.
- d) Kuat tekan rata-rata maksimum 1000 kg/cm².
- e) Specific gravity minimum 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 detail dimensi balas dan sub balas berdasarkan TCRP Report 155 dijelaskan pada **Tabel 3.6**, **Gambar 3.16**, dan **Gambar 3.17** di bawah ini.

Tabel 3. 6 Dimensi Penampang Rel Melintang

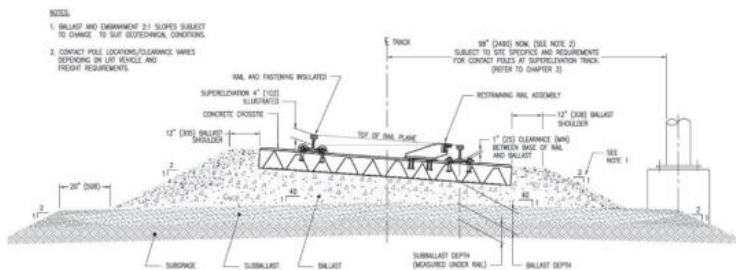
V maks km/jam	d1 cm	b cm	c cm	k1 cm	d2 cm	k2 cm
95	25,5	182,9	182,9	182,9	20	182,9

Sumber : TCRP Report 155 Track Design Handbook



Gambar 3. 16 Penampang Melintang Jalan Rel Bagian Lurus
(Lebar Jalan Rel 1435 mm)

Sumber : TCRP Report 155 Track Design Handbook



Gambar 3. 17 Penampang Melintang Jalan Rel Pada Lengkungan
(Lebar Jalan Rel 1435 mm)

Sumber : TCRP Report 155 Track Design Handbook

3.5.9.2 Bentuk dan Ukuran Sub Balas

Untuk lapisan balas bawah, materialnya terdiri dari kerikil halus, kerikil sedang atau pasir kasar yang berfungsi sebagai lapisan penyaring (filter) antara tanah dasar dan lapisan balas dan harus dapat mengalirkan air dengan baik. Tebal minimum lapisan

sub balas adalah 15 cm. Lapisan sub balas terdiri dari kerikil halus, kerikil sedang atau pasir kasar yang memenuhi syarat pada **Tabel 3.7**.

Tabel 3. 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

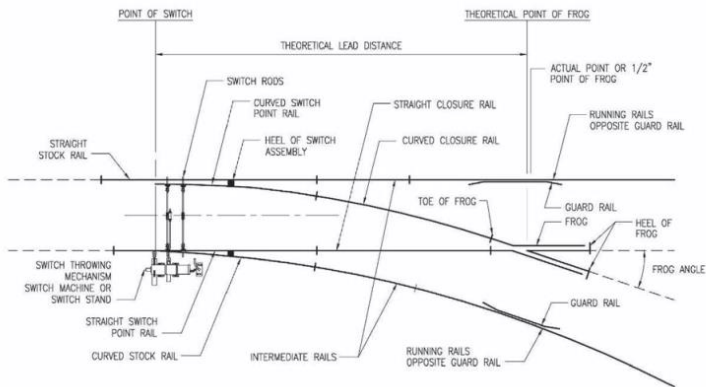
Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan RI 60 Tahun 2012

Untuk ketentuan sub balas harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

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

3.5.10 Wesel

Wesel merupakan konstruksi jalan rei yang paling rumit dengan beberapa persyaratan dan ketentuan pokok yang harus dipatuhi. Fungsi wesel adalah untuk mengalihkan kereta dari satu rel ke rel yang lain.



Gambar 3. 18 Detail Komponen Wesel

Sumber : TCRP Report 155 Track Design Handbook

Tabel 3. 8 Nomor Wesel dan Kecepatan Ijin

Tg	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 Konstruksi Jalan Rel

3.5.11 Emplasemen Stasiun

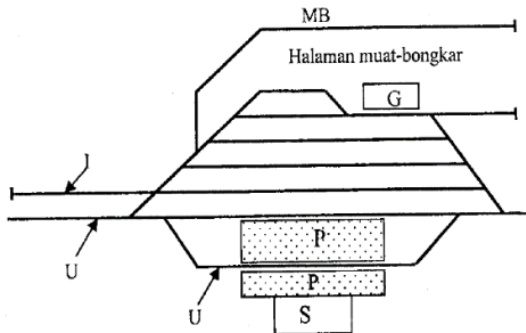
Dalam menjalankan kereta api memerlukan jalan rel dan kendaraan jalan rel. Selain itu juga memerlukan beberapa fasilitas seperti:

- Memberikan fasilitas naik turunnya penumpang
- Tempat muat dan bongkar barang angkutan
- Pemeliharaan dan perbaikan kendaraan jalan rel.
- Merangkai lokomotif/kereta/gerbong menjadi rangkaian yang akan diinginkan, dan penyimpanan kereta.

Penentuan letak emplasemen yang efektif seharusnya berada pada pusat kota, untuk memberikan akses yang mudah terjangkau oleh masyarakat yang akan menaiki moda transportasi kereta api. Berdasarkan kategori, emplasemen stasiun atau penumpang dibagi menjadi tiga, yaitu ukuran emplasemen, letak, dan bentuk stasiun.

3.6.11.1 Emplasemen Stasiun Besar

Emplasemen besar berada di pusat kota besar. Hampir semua jenis kereta api akan berhenti di stasiun besar. Berikut adalah perencanaan denah emplasemen besar pada **Gambar 3.19** dibawah ini :



Gambar 3. 19 Emplasemen Stasiun Besar

Sumber : Utomo, 2009

Keterangan:

G = Gudang Barang

P = Peron

S = Stasiun

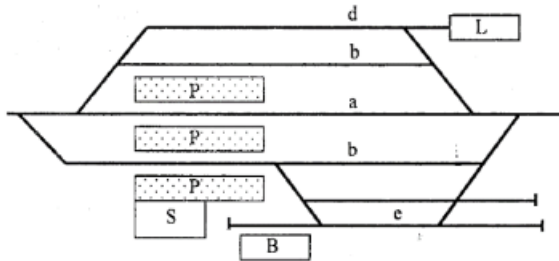
U = Jalannya Rel Utama

I = Jalannya Rel Isolasi

MB = Jalan Rel Untuk Bongkar – Muat

3.6.11.2 Emplasemen Stasiun Sedang

Emplasemen sedang letaknya berada di kota kecil. Berikut adalah perencanaan denah emplasemen sedang pada **Gambar 3.20** dibawah ini :



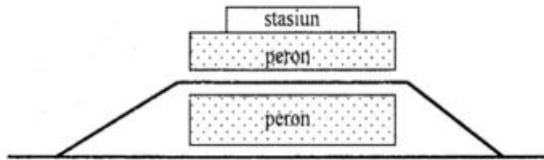
Gambar 3. 20 Emplasemen Stasiun Sedang
Sumber : Utomo, 2009

Keterangan :

- A = Jalan Rel Utama
- B = Jalan Rel Penyimpanan
- C = Jalan Rel Langsir
- D = Jalan Rel Untuk Lokomotif
- E = Jalan Rel Untuk Kereta Barang
- S = Gedung Utama Stasiun
- B = Tempat Bongkar – Muat Barang
- L = Tempat Penyimpanan Lokomotif
- P = Peron

3.6.11.3 Emplasemen Stasiun Kecil

Emplasemen kecil hanya melayani penumpang lokal. Berikut adalah perencanaan denah emplasemen kecil pada **Gambar 3.21** dibawah ini:



Gambar 3. 21 Emplasemen Stasiun Kecil

Sumber : Utomo, 2009

3.6 Rancangan Gambaran

Setelah perhitungan selesai dilakukan dan sesuai dengan perencanaan, perencanaan geometri digambar dengan software yang ada. Hasil dari gambar rencana ini berupa gambar plan profil, Cross Section, gambar potongan konstruksi jalan rel dan gambar layout dan potongan emplasemen.

3.7 Kesimpulan

Kesimpulan merupakan hasil dari analisis perhitungan dan pengolahan data primer dan sekunder trase rel Purwokerto – Purbalingga.

BAB IV

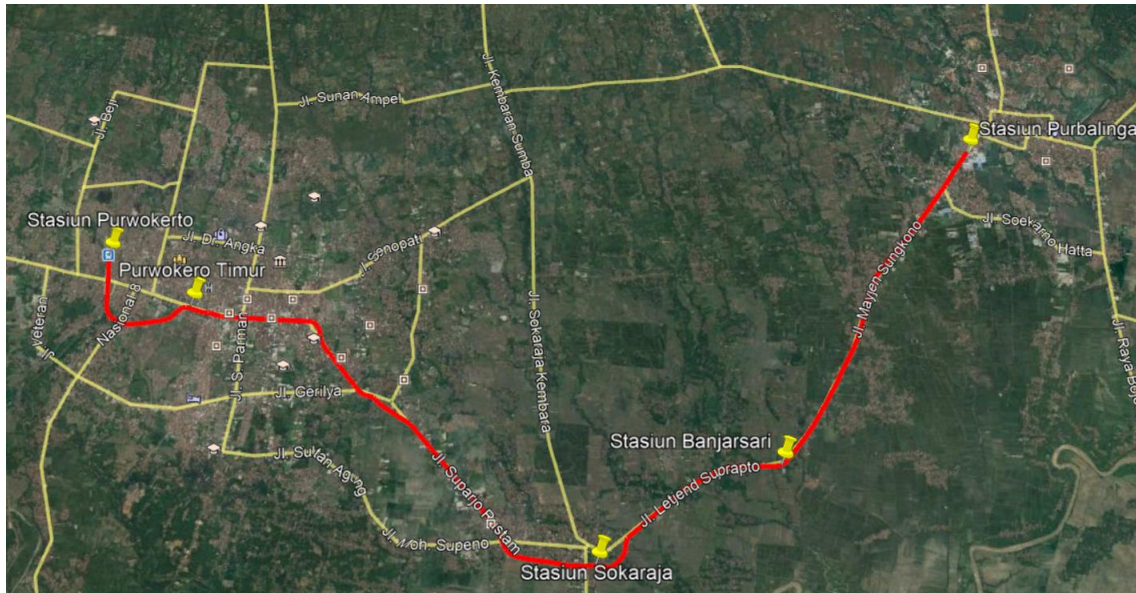
PERENCANAAN GEOMETRIK JALAN REL

Pada bab ini akan membahas mengenai analisis trase yang tepat diterapkan pada kereta api Purwokerto - Purbalingga. Dan perhitungan geometrik jalan rel menggunakan TCRP Report 155 dan PM 60 Tahun 2012.

4.1 Evaluasi Trase Yang Sudah Tidak Aktif

Kabupaten Purwokerto – Kabupaten Purbalingga memiliki trase jalan rel yang dioperasikan untuk angkutan masal yang dibuka pada 1 Juli 1900 oleh pemerintah Hindia – Belanda pada tahun 1894. Pada tahun 1978 operasional jalur kereta api Purwokerto – Purbalingga dihentikan karena dinilai kalah bersaing dengan moda transportasi lain. Jalur tersebut terakhir kali dilintasi kereta api pada pengujung 1986.

Survey lapangan secara langsung guna untuk mengetahui kondisi trase yang pernah ada. Survey dilakukan pada tanggal 21 – 24 Agustus 2019 dengan menyusuri trase yang pernah ada mulai dari Stasiun Purwokerto, Stasiun Purwokerto Timur, Stasiun Sokaraja, Stasiun Banjarsari sampai Stasiun Purbalingga dengan panjang trase \pm 20 km. Survey dilakukan dengan mengidentifikasi bukti trase yang pernah ada melalui patok – patok atau papan pengumuman milik PT. KAI. Berikut adalah peta trase jalan rel Purwokerto - Purbalingga yang pernah ada dan hasil hasil survey ditunjukkan pada **Gambar 4.1** dan **Tabel 4.1** di bawah:



Gambar 4. 1 Trase Jalan Rel Purwokerto – Purbalingga Yang Sudah Tidak Aktif
Sumber : Google Earth

Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Purwokerto - Purbalingga

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	Dokumentasi
		Kanan	Kiri		
7°25'09.4"S 109°13'19.2"E	Stasiun Purwokerto	Stasiun	Stasiun	Pada stasiun PURWOKERTO saat ini masih berfungsi semestinya.	
7°25'19.0"S 109°13'19.8"E	Jl. St.	Jalan rel	Pemukiman	Pada titik ini dapat dilihat jalan rel sejajar dengan jalan raya Purwokerto - Purbalingga. Kondisi rel sudah terbenam oleh aspal	
7°25'25.1"S 109°13'20.6"E	Jl. Jend.Soedirm an	Persawahan	Persawahan	Kondisi jalan rel masih terlihat Purwokerto - Purbalingga.	

Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Purwokerto - Pubalingga (lanjutan)

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	Dokumentasi
		Kanan	Kiri		
7°25'48.0"S 109°13'31.3"E	Jl. Pahlawan Gg. Konvoi Tim	Perumahan	Perumahan	Pada kondisi saat ini jalan rel sudah tertimbun oleh jalan raya. Hanya tersisa tiang palang kereta api.	
7°25'48.1"S 109°13'37.3"E	Jl. Pahlawan Gg. Konvoi Tim	Perumahan	Perumahan	Kondisi saat ini jalan rel masih terlihat sangat jelas.	
7°25'42.7"S 109°13'58.1"E	Jl. Kol Sugiono Gg. 1 D	Perumahan	Perumahan	Pada kondisi saat ini jalan rel masih terlihat sangat jelas.	




Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Purwokerto - Pubalingga (lanjutan)

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	<i>Dokumentasi</i>
		Kanan	Kiri		
7°25'39.7"S 109°14'00.9"E	Jl. Kol Sugiono Gg.1 D	Perumahan	Perumahan	Pada saat ini jalan rel sudah tertimbun oleh aspal.	
7°25'37.4"S 109°14'11.7"E	Stasiun PURWOKERTO TIMUR	Pertokoan	Pertokoan	Kondisi stasiun PURWOKERTO TIMUR saat ini sudah berganti fungsi menjadi pertokoan.	
7°25'40.0"S 109°14'41.1"E	Jl. Jend.Soedirman	Pertokoan	Pertokoan	Kondisi saat ini jalan rel sudah tertimbun oleh jalan raya.	

Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Purwokerto - Pubalingga (lanjutan)

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	Dokumentasi
		Kanan	Kiri		
7°25'39.3"S 109°15'02.5"E	Jl. Jend.Soedirman	Pertokoan	Pertokoan	Kondisi saat ini jalan rel sudah tertimbun oleh jalan raya.	
7°25'39.3"S 109°15'16.4"E	Jl. Supriyadi	Pemukiman	Pemukiman	Kondisi saat ini jalan rel masih terlihat. Tetapi memasuki daerah pemukiman	
7°25'40.8"S 109°15'18.9"E	Jl. Supriyadi	Pemukiman	Pemukiman	Kondisi saat ini jalan rel masih terlihat. Tetapi memasuki daerah pemukiman.	

Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Purwokerto - Pubalingga (lanjutan)

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	Dokumentasi
		Kanan	Kiri		
7°25'44.0"S 109°15'20.8"E	Jl. Kb. Kapol	Pemukiman	Pemukiman	Pada lokasi ini dapat dilihat jalan rel sudah tertimbun oleh rumah penduduk. Hanya terdapat patok milik PT. KAI.	
7°25'52.1"S 109°15'24.4"E	Jl. Jend. Soedirman	Pertokoan	MAN 2 PURWOKERTO	Pada lokasi ini dapat dilihat jalan rel sudah tertimbun tanah. Hanya terdapat patok milik PT. KAI.	
7°25'53.6"S 109°15'25.7"E	Jl. Jend. Soedirman	Pemukiman	MTs Negeri PURWOKERTO 2	Pada lokasi ini dapat dilihat jalan rel sejajar dengan jalan.	




Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Purwokerto - Pubalingga (lanjutan)

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	Dokumentasi
		Kanan	Kiri		
7°25'56.3"S 109°15'28.4"E	Jl. Jend. Soedirman	SPBU	PLN Purwokerto	Pada lokasi ini dapat dilihat jalan rel sejajar dengan jalan raya Banyumas - Purwokerto. Kondisi rel saat ini masih terlihat.	
7°26'07.7"S 109°15'39.0"E	Jl. Jend. Soedirman	Jalan Raya	Pemukiman	Kondisi jalan rel sudah tertimbun oleh warung-warung usaha warga. Hanya sedikit jalan rel yang terlihat.	
7°26'15.2"S 109°15'46.7"E	Gg. Reformasi	Jalan Raya	Pemukiman	Pada lokasi ini dapat dilihat jalan rel sudah tertimbun oleh aspal. Hanya terdapat sisa jalan rel yang terlihat.	

Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Purwokerto - Pubalingga (lanjutan)

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	Dokumentasi
		Kanan	Kiri		
7°26'17.2"S 109°15'52.1"E	Gg. Reformasi	Sungai	Sungai	Pada lokasi ini dapat dilihat jalan rel sudah tertimbun oleh aspal. Hanya terdapat sisa plat girder.	
7°26'24.7"S 109°16'04.8"E	Gg. 5	Sungai	Pemukiman	Pada lokasi ini dapat dilihat jalan rel sudah tertimbun oleh aspal. Hanya terdapat sisa plat girder.	
7°26'35.4"S 109°16'21.1"E	Jl. Raya Banjarnegara - Purwokerto	RS Orthopaedi Purwokerto	Persawahan	Kondisi saat ini jalan rel sudah menjadi jalan raya. Hanya terdapat patok milik PT. KAI.	




Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Purwokerto - Pubalingga (lanjutan)

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	Dokumentasi
		Kanan	Kiri		
7°26'47.6"S 109°16'33.6"E	Jl. Raya Banjarnegara - Purwokerto	Puskesmas	Jalan Raya	Kondisi saat ini jalan rel sudah tertimbun oleh aspal yang sejajar jalan raya. Hanya terdapat patok PT. KAI.	
7°26'58.7"S 109°16'45.3"E	Jl. Raya Banjarnegara - Purwokerto	UMP Falkutas Ilmu Kesehatan	Jalan Raya	Pada lokasi ini dapat dilihat jalan rel sejajar dengan jalan raya. Hanya terdapat patok PT. KAI.	
7°27'11.6"S 109°16'58.2"E	Jl. Raya Banjarnegara - Purwokerto	Warung Makan Haji Tohirin	Jalan Raya	Kondisi jalan rel sudah tertimbun tanah yang sejajar jalan raya. Hanya terdapat patok PT. KAI.	

Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Purwokerto - Pubalingga (lanjutan)

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	Dokumentasi
		Kanan	Kiri		
7°27'20.5"S 109°17'06.6"E	Jl. Raya Karangsalam - Purwokerto	Pemukiman	Jalan Raya	Pada lokasi ini jalan rel sudah tertimbun. Hanya terdapat patok PT. KAI.	
7°27'24.4"S 109°17'09.7"E	Jl. Sidodadi	Pemukiman	Pemukiman	Lokasi ini sudah menjadi jalan raya. Kondisi jalan rel sudah tertimbun oleh aspal.	
7°27'29.6"S 109°17'12.7"E	Jl. Sakalputung	Pemukiman	Pemukiman	Pada lokasi jalan rel saat ini sudah tertimbun oleh aspal. Hanya terdapat papan milik PT. KAI.	

Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Purwokerto - Pubalingga (lanjutan)

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	Dokumentasi
		Kanan	Kiri		
7°27'32.4"S 109°17'14.3"E	Jl. Pekaja	Pemukiman	Pemukiman	Kondisi jalan rel saat ini sudah tertimbun oleh aspal jalan raya. Hanya terdapat sisa jalan rel yang terlihat.	
7°27'35.3"S 109°17'24.6"E	Jl. Pejagalan Etan	Pemukiman	Pemukiman	Pada kondisi jalan rel saat ini sudah tertimbun jalan semen di sekitar pemukiman. Hanya terdapat patok PT. KAI.	
7°27'37.4"S 109°17'42.8"E	Jl. Pagadaian	Pemukiman	Pemukiman	Kondisi saat ini jalan rel sudah tidak terlihat karena sudah tertimbun oleh rumah penduduk sekitar. Hanya terdapat PT. KAI.	




Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Purwokerto - Pubalingga (lanjutan)

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	Dokumentasi
		Kanan	Kiri		
7°27'37.2"S 109°17'55.4"E	Jl. Pagadaian	Pemukiman	Pemukiman	Kondisi jalan rel sudah menjadi jalan raya pemukiman. Hanya terdapat papan PT. KAI.	
7°27'36.6"S 109°18'01.6"E	Stasiun Sokaraja	Pemukiman	Pemukiman	Kondisi stasiun Sokaraja sudah berganti fungsi menjadi pertokoan.	
7°27'35.3"S 109°18'12.0"E	Jl. Amad II	Pemukiman	Jalan Raya	Lokasi kondisi rel masih terlihat di pinggir jalan raya.	




Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Purwokerto - Pubalingga (lanjutan)

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	Dokumentasi
		Kanan	Kiri		
7°27'33.7"S 109°18'13.5"E	Jl. Teuku Umar	Sungai	Sungai	Pada lokasi ini jembatan jalan rel masih terlihat tetapi sudah berubah fungsi menjadi jembatan penyebrangan.	
7°27'17.3"S 109°18'21.5"E	Jl. Letjend Suprpto	Pemukiman	Jalan Raya	Kondisi jalan rel saat ini sudah beralih fungsi menjadi saluran drainase. Hanya terdapat patok PT. KAI.	
7°27'05.2"S 109°18'34.0"E	Jl. Letjend Suprpto	Persawahan	Persawahan	Lokasi saat ini sudah menjadi jalan raya. Hanya terdapat patok PT. KAI.	

Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Purwokerto - Pubalingga (lanjutan)

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	Dokumentasi
		Kanan	Kiri		
7°26'52.8"S 109°18'47.0"E	Jl. Letjend Suprpto	Pertokoan	Jalan Raya	Pada titik ini dapat dilihat sisa jalan rel yang tertimbun oleh tanah.	
7°26'47.0"S 109°18'56.7"E	Jl. Letjend Suprpto	Pemukiman	Jalan Raya	Kondisi saat ini jalan rel sudah tidak dapat terlihat. Hanya terdapat patok PT.KAI.	
7°26'39.5"S 109°19'13.3"E	Jl. Letjend Suprpto	Pemukiman	Jalan Raya	Pada lokasi ini dapat dilihat sisa jalan rel milik PT. KAI.	

Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Purwokerto - Pubalingga (lanjutan)

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	Dokumentasi
		Kanan	Kiri		
7°26'38.0"S 109°19'29.6"E	Jl. Letjend Suprpto	Persawahan	Jalan Raya	Pada lokasi ini jalan rel sudah menjadi persawahan. Hanya terdapat patok milik PT. KAI.	
7°26'37.2"S 109°19'37.2"E	Stasiun Banjarsari	Pemukiman	Jalan Raya	Pada lokasi ini masih terdapat bangunan stasiun.	
7°26'16.3"S 109°19'52.5"E	Jl. Letjend Suprpto	Pemukiman	Jalan Raya	Jalan rel sudah menjadi jalan raya. Hanya terdapat patok milik PT. KAI yang menandakan tanah masih resmi milik PT.KAI.	




Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Purwokerto - Pubalingga (lanjutan)

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	Dokumentasi
		Kanan	Kiri		
7°25'57.9"S 109°20'02.1"E	Jl. Raya Jompo Kulon	Perkebunan	Jalan Raya	Pada titik ini sudah tidak ada jalan rel yang sudah tertimbun tanah. Hanya terdapat papan milik PT.KAI.	
7°25'44.2"S 109°20'08.2"E	Jl. Raya Mayjen Sungkono	Universitas Jendral Soedirman	Perumahan	Kondisi jalan rel sudah tertimbun oleh jalan raya. Hanya terdapat papan milik PT. KAI.	
7°25'23.0"S 109°20'17.2"E	Jl. Raya Mayjen Sungkono	Perumahan	Jalan Raya	Pada titik ini jembatan jalan rel masih terlihat sangat jelas sejajar dengan jalan raya.	


Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Purwokerto - Pubalingga (lanjutan)

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	Dokumentasi
		Kanan	Kiri		
7°25'14.0"S 109°20'19.1"E	Jl. Raya Mayjen Sungkono	Lapangan Bola	Pemukiman	Kondisi jalan rel saat ini tidak dapat terlihat karena sudah tertimbun oleh. Hanya terdapat patok milik PT. KAI.	
7°24'57.2"S 109°20'23.1"E	Jl. Raya Mayjen Sungkono	Pemukiman	Pemukiman	Pada titik ini jembatan jalan rel sudah beralih fungsi menjadi jalan raya.	
7°25'14.0"S 109°20'19.1"E	Jl. Raya Mayjen Sungkono	Pemukiman	Pemukiman	Sudah berdiri beberapa perumahan warga, sisa lokasi jalan rel sudah menjadi jalan aspal.	

Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Purwokerto - Pubalingga (lanjutan)

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	Dokumentasi
		Kanan	Kiri		
7°24'44.7"S 109°20'29.1"E	Jl. Raya Mayjen Sungkono	Pemukiman	Jalan Raya	Lokasi saat ini sudah menjadi sebuah pemukiman. Kondisi rel sudah tertimbun oleh pemukiman. Hanya terdapat papan milik PT.KAI	
7°24'22.7"S 109°20'44.9"E	Jl. Raya Mayjen Sungkono	SMP Negeri 1	Jalan Raya	Kondisi jalan rel saat ini tidak dapat terlihat karena sudah tertimbun oleh Sekolah SMA. Hanya terdapat papan milik PT. KAI.	
7°24'18.0"S 109°20'48.2"E	Jl. Raya Mayjen Sungkono	Jalan Raya	Gereja	Lokasi saat ini sudah menjadi sebuah tertimbun trotoar. Hanya terdapat patok milik PT.KAI.	

Tabel 4. 1 Dokumentasi Trase Eksisting Purwokerto - Pubalingga (lanjutan)

Koordinat	Lokasi	Batas		Deskripsi	Dokumentasi
		Kanan	Kiri		
7°24'05.1"S 109°20'56.5"E	Jl. Raya Mayjen Sungkono	Pemukiman	Taman	Lokasi saat ini sudah menjadi sebuah Jalan Raya. Hanya terdapat patok milik PT.KAI.	
7°23'48.4"S 109°21'05.8"E	Jl. Raya Mayjen Sungkono	Warung Makan	Warung Makan	Lokasi saat ini sudah menjadi sebuah tertimbun trotoar. Hanya terdapat rel sisa yang keluar dari jalan.	
7°23'35.1"S 109°21'13.8"E	Stasiun Purbalingga	Pertokoan	Pertokoan	Stasiun Purbalingga saat ini beralih fungsi menjadi pertokoan. Kondisi rel sudah tertimbun di bawah bangunan.	

4.2 Konsep Reaktivasi

Untuk kondisi trase eksisting dari jalur rel Purwokerto – Purbalingga dapat dilihat diatas, bahwa bekas – bekas jalan rel telah beralih fungsi menjadi perumahan, pabrik, dan jalan raya. Untuk menentukan konsep reaktivasi, maka mahasiswa perlu melakukan penelitian langsung ke lapangan yang ditinjau guna untuk mengetahui kondisi trase eksisting. Dalam Tugas Akhir ini menggunakan jenis kereta api yaitu *Light Rail* atau *Heavy Rail*.. Tapi ada juga ada pertimbangan untuk memilih jenis kereta api lainnya, yaitu :

a. Kondisi lingkungan sekitar trase eksisting

Dilihat dari hasil survei yang telah di tunjukkan bawah untuk jalur rel eksisting sudah banyak berubah fungsi menjadi pemukiman dan akses jalan. Dimana terdapat banyak aktivitas disekitar daerah tersebut. Maka diperlukan jenis moda kereta api yang dapat memberi pengaruh terhadap aktivitas disana. Untuk ruang bangun atau ruang bebas juga kurang memenuhi syarat. Oleh karena itu akan dibebaskan lahan pada perencanaan ini.

b. Medan dari trase

Untuk kondisi trase eksisting di sepanjang jalur Purwokerto - Purbalingga ini banyak menggunakan trase berkelok hal tersebut digunakan untuk menyesuaikan dengan medan yang ada. Oleh karena itu diperlukan perencanaan jenis kereta yang mampu bermanuver pada radius yang kecil maka dari itu akan direncanakan jenis kereta yang digunakan ialah *Light Rail Transit*.

c. Kecepatan rencana

Menurut TCRP 155 jenis kereta *Light Rail Transit* dapat menggunakan kecepatan dari 40 km/jam sampai 90 km/jam.

Kesimpulan dari kondisi jalur eksisting yang melewati perumahan dan sawah, serta medan yang relatif menanjak maka akan sulit menggunakan kecepatan 90 km/jam. Oleh karena itu

jenis kereta api yang tepat pada perencanaan geometri ini adalah jenis kereta Light Rail dengan menggunakan kecepatan sebesar 40 km/jam.

4.3 Moda Yang Digunakan

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. Untuk jalur Purwokerto – Purbalingga direncanakan menggunakan jenis Kereta Light Rail Transit (LRT) milik PT. INKA dengan tampilan dan spesifikasi kereta penumpang pada **Gambar 4.2** dan **Tabel 4.2**



Gambar 4. 2 Kereta Light Rail Transit
Sumber : PT.INKA

Tabel 4. 2 Data Teknis Kereta Light Rail Transit

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	3.600 mm

Sumber : PT. INKA

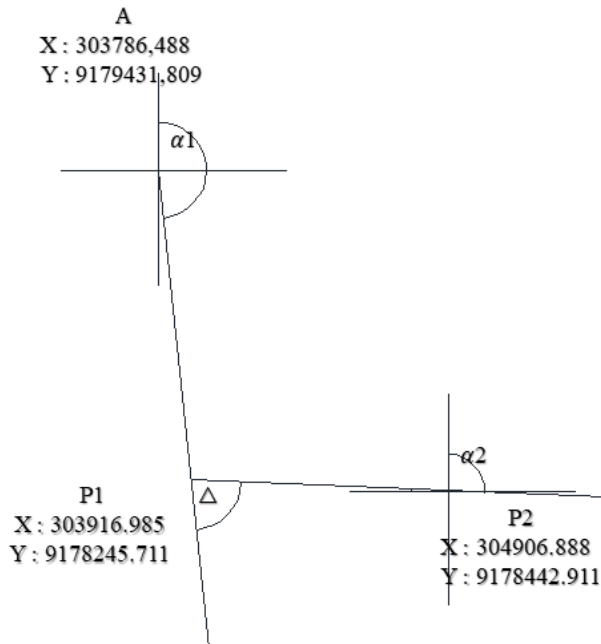
4.4 Perencanaan Geometrik

Menjelaskan mengenai perencanaan perhitungan geometrik jalan rel, konstruksi jalan rel, dimensi emplasemen, dan tinggi peron dari Purwokerto – Purbalingga. Dalam merencanakan perhitungan geometrik jalan rel terdapat beberapa faktor yang harus diperhatikan yaitu :

- Trase yang digunakan adalah trase eksiting.
- Menggunakan lebar sepur 1435 mm.
- Kecepatan rencana yang akan digunakan dalam perencangan adalah 40 km/jam.
- Menggunakan parameter lengkung *spiral-circle-spiral*

4.4.1 Perhitungan Sudut Azimuth dan Sudut Tikungan

Berikut adalah 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 4.3** :



Gambar 4.3 Sampel Trase Pada Titik A, PI 1, PI 2

a) Mencari nilai ΔX dan ΔY

$$\begin{aligned}\text{Koordinat } \Delta X (\text{PI 1}) &= X(\text{PI 1}) - X(A) \\ &= 303916.985 - 303786.488 \\ &= 130,497\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Koordinat } \Delta Y (\text{PI 1}) &= Y(\text{PI 1}) - Y(A) \\ &= 9178245.711 - 9179431.809 \\ &= -1186.098\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Koordinat } \Delta X (\text{PI 2}) &= X(\text{PI 2}) - X(\text{PI 1}) \\ &= 304906.888 - 303916.985 \\ &= 989.903\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Koordinat } \Delta Y (\text{PI 2}) &= Y(\text{PI 2}) - Y(\text{PI 1}) \\ &= 9178442.911 - 9178245.711 \\ &= 197.200\end{aligned}$$

b) Mencari Panjang trase tiap titik (L)

$$\begin{aligned}\text{Titik A ke titik PI 1} &= \sqrt{\Delta X (\text{PI 1})^2 + \Delta Y (\text{PI 1})^2} \\ &= \sqrt{130,497^2 + (-1186.098)^2} \\ &= 1193.255\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Titik PI 1 ke titik PI 2} &= \sqrt{\Delta X (\text{PI 2})^2 + \Delta Y (\text{PI 2})^2} \\ &= \sqrt{989.903^2 + (197.200)^2} \\ &= 1009.354\end{aligned}$$

c) Mencari sudut azimuth

$$\begin{aligned}\text{Sudut } \alpha_1 (\text{Kuadran 2}) &= \tan^{-1} \times \frac{\text{koordinat } \Delta X (\text{PI 1})}{\text{koordinat } \Delta Y (\text{PI 1})} \\ &= \tan^{-1} \times \frac{130,497}{-1186.098} + 180 \\ &= 173.721\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Sudut } \alpha 2 \text{ (Kuadran 2)} &= \tan^{-1} \times \frac{\text{koordinat } \Delta X(\text{PI } 2)}{\text{koordinat } \Delta Y(\text{PI } 2)} + 180 \\ &= \tan^{-1} \times \frac{989.903}{197.200} + 180 \\ &= 258.734\end{aligned}$$

- d) Mencari sudut tikungan PI 1
= sudut azimuth $\alpha 2$ – sudut azimuth $\alpha 1$
= 258.734 - 173.721
= 85.012

Setelah menyelesaikan analisis perhitungan pada sudut (α) dan sudut tikungan (Δ) disajikan pada **Tabel 4.3**

Tabel 4. 3 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Sudut Azimuth (α) dan Sudut Tikungan (Δ)

Titik	Koordinat		Δ		Panjang Trase	Kudran	Azimuth ($^{\circ}$)	Sudut Tikungan ($^{\circ}$)
	x	y	x	y				
A	303786.488	9179431.809						
P1	303916.985	9178245.711	130.497	-1186.098	1193.255	2	173.721	85.012
P2	304906.888	9178442.911	989.903	197.200	1009.354	2	258.734	-35.232
P3	305143.432	9178692.164	236.544	249.253	343.628	2	223.501	-301.662
P4	305539.827	9178636.406	396.395	-55.758	400.297	2	98.007	170.176
P5	305796.112	9178555.339	652.680	-136.825	666.868	1	-78.160	346.343
P6	307468.856	9178608.422	1672.744	53.083	1673.586	2	268.182	-100.808
P7	307546.905	9178259.995	78.049	-348.427	357.062	2	167.374	-32.114
P8	308344.888	9177454.734	797.983	-805.261	1133.676	2	135.260	-42.009
P9	308535.96	9177443.88	191.072	-10.854	191.380	2	93.251	40.686
P10	308650.258	9177333.747	114.298	-110.133	158.724	2	133.937	-15.968
P11	309199.372	9177042.158	549.114	-291.589	621.732	2	117.969	16.211
P12	310768.631	9175517.192	1569.259	-1524.966	2188.172	2	134.180	15.473
P13	311037.258	9175058.358	268.627	-458.834	531.685	2	149.653	-235.581
P14	312047.869	9174986.415	1010.611	-71.943	1013.168	1	-85.928	350.044
P15	312416.227	9175024.38	368.358	37.965	370.309	2	264.116	-351.224
P16	312754.269	9175007.304	338.042	-17.076	338.473	1	-87.108	477.643
P17	312922.587	9175292.651	168.318	285.347	331.291	4	390.535	-394.753
P18	312907.771	9175493.528	-14.816	200.877	201.423	1	-4.218	49.878
P19	313789.497	9176355.185	881.726	861.657	1232.840	1	45.660	12.456
P20	314448.863	9176765.355	659.366	410.170	776.533	1	58.116	26.282
P21	315368.314	9176855.543	919.451	90.188	923.864	1	84.398	-41.737
P22	315694.279	9177209.269	325.965	353.726	481.015	1	42.661	-14.822
P23	316208.768	9178183.457	514.489	974.188	1101.699	1	27.839	-5.507
P24	316592.902	9179118.58	384.134	935.123	1010.947	1	22.332	-10.869
P25	316794.76	9180113.993	201.858	995.413	1015.674	1	11.463	22.948
P26	317867.412	9181679.903	1072.652	1565.910	1898.067	1	34.411	-34.411
B	318291.932	9182432.888						

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 1 = 85.012°
- R rencana = 200 m
- V rencana = 40 km/jam

a) Peninggian Rel (E)

$$\begin{aligned} E &= 12 \times \frac{V^2}{R} \\ &= 12 \times \frac{40^2}{200} \\ &= 96 \text{ mm} \end{aligned}$$

b) Lengkung Peralihan / Spiral (Ls)

$$\begin{aligned} L_s &= 0,008 \times E \times V_{\text{rencana}} \\ &= 0,008 \times 96 \times 40 \\ &= 30,72 \text{ m} \end{aligned}$$

c) Sudut lengkung peralihan / spiral (Θ_s)

$$\begin{aligned} \Theta_s &= \frac{1}{2} \times \frac{L_s}{R} \\ &= \frac{1}{2} \times \frac{30,72}{200} \\ &= 0.00134 \text{ rad} = 4,4025^\circ \end{aligned}$$

d) Panjang Lengkung Peralihan / circle (Lc)

$$\begin{aligned} L_c &= \frac{\Delta c - 2\Theta_s}{Dc} \times 100 \\ &= \frac{90,132 - 2(4.4025^\circ)}{28.54} \times 100 \\ &= 8,727442017 \text{ m} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 p &= Ls \times \frac{\theta_s}{12} - \frac{\theta_s^3}{335} + \frac{\theta_s^5}{15840} \\
 &= 30,72 \times \frac{4.4025}{12} - \frac{4.4025^3}{335} + \frac{4.4025^5}{15840} \\
 &= 6,67637983\text{m}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 k &= Ls \times \left(\frac{1}{2} - \frac{\theta_s^2}{60} + \frac{\theta_s^4}{2160} - \frac{\theta_s^6}{131040} \right) \\
 &= Ls \times \left(\frac{1}{2} - \frac{\theta_s^2}{60} + \frac{\theta_s^4}{2160} - \frac{\theta_s^6}{131040} \right) \\
 &= 9,07 \text{ m}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 Ts &= (R + p) \times \text{tg}\left(\frac{1}{2}\Delta\right) + k \\
 &= (200 + 6,67) \times \text{tg}(85.012/2) + 9,07 \\
 &= -2170,7 \text{ m}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 Es &= (R+p) \cos\left(\frac{1}{\cos\frac{\Delta}{2}} - 1\right) + p \\
 &= (200+6,67) \cos\left(\frac{1}{\cos\frac{-90,132}{2}} - 1\right) + 6,67 \\
 &= 3362,722
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 Xs &= Ls \times \left(1 - \frac{\theta_s^2}{10} + \frac{\theta_s^4}{216} - \frac{\theta_s^6}{9360} \right) \\
 &= 30,72 \times \left(1 - \frac{4,4035^2}{10} + \frac{4,4035^4}{216} - \frac{4,4035^6}{9360} \right) \\
 &= 0,708557 \text{ m}
 \end{aligned}$$

j) Jarak dari titik SC ke garis proyeksi TS (Y_s)

$$\begin{aligned}
 Y_s &= L_s \times \left(\frac{\theta_s}{3} - \frac{\theta_s^3}{42} + \frac{\theta_s^5}{1320} - \frac{\theta_s^7}{75600} \right) \\
 &= 30,72 \times \left(\frac{4,4025}{3} - \frac{4,4025^3}{42} + \frac{4,4025^5}{1320} - \frac{4,4025^7}{75600} \right) \\
 &= 8.133026724 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan lebih lengkap dari perhitungan alinyemen horizontal disajikan pada **Tabel 4.4** Perhitungan Alinyemen Horizontal.

4.4.3 Alinyemen Vertikal

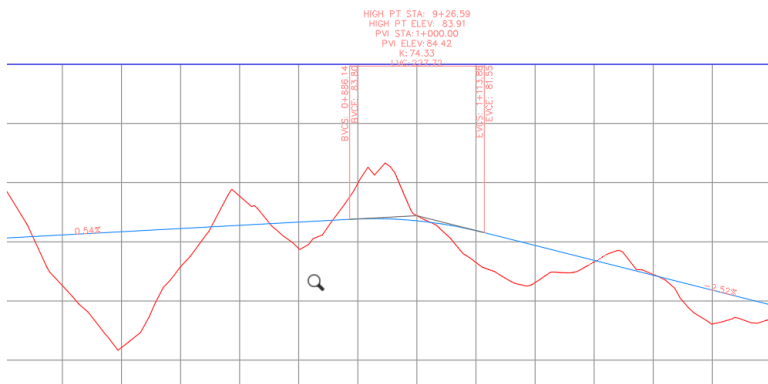
Alinyemen vertikal atau biasa juga disebut penampang melintang jalan didefinisikan sebagai perpotongan antara potongan bidang vertikal dengan badan jalan arah memanjang. Berikut ini adalah parameter yang harus dikerjakan dalam menentukan perhitungan alinyemen vertikal :

A. Elevasi Eksisting

Penentuan elevasi tiap-tiap STA dilakukan dengan membagi trase sepanjang 21.300 m setiap 500 m secara konstan. Untuk perhitungan elevasi dilakukan dengan melihat program Civil 3D.

B. Perhitungan Lengkung Vertikal

Untuk contoh perhitungan akan diambil titik STA 1+000. Parameter yang dibutuhkan untuk menentukan lengkung vertikal adalah :



Gambar 4. 4 Sampel Aliyemen Vertikal di Autocad Civil 3d

- Vrencana = 40 km/jam
- G1 = 0,54 %
- G2 = -2,52 %

- Elevasi PV1 = +84,42 m (Elevasi rencana)
- Rv = 6000 m

$$\begin{aligned} LVC &= 0.01x(g_2 - g_1)xRv \\ &= 0.01 x (-2.25\% - 0.54\%) x 6000 x 100 \\ &= 183,6 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e &= \frac{(g_2 - g_1)}{8} x Lvc \\ &= \frac{(-2.25\% - 0.54\%)}{8} x 183,6 \\ &= 0,70227\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elv PVC} &= PV1 - G1x\frac{1}{2}xLvc \\ &= 84,42 - 0.54\%x\frac{1}{2}x183,6 \\ &= 83,92428 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elv PVT} &= PV1 - G2x\frac{1}{2}xLvc \\ &= 84,42 - (-2,52\% x \frac{1}{2} x 183,6) \\ &= 86,73336 \end{aligned}$$

Untuk detail hasil perhitungan lebih lengkap dari perencanaan lengkung vertikal, akan disajikan pada **Tabel 4.5** Perhitungan Alinyemen Vertikal

BAB V

PERENCANAAN KONSTRUKSI STRUKTUR JALAN REL DAN BANGUNAN STASIUN DAN HALTE

5.1 Kontruksi Struktur Jalan Rel

Pada konstruksi struktur jalan rel ini akan menjelaskan mengenai struktur jalan rel yang akan digunakan untuk geometri jalan rel Purwokerto – Purbalingga.

5.5.1 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan untuk merencanakan geometri jalan rel beserta konstruksinya agar kereta api dapat berjalan tanpa gangguan dan aman, dimana

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

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

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

5.5.2 Beban Gandar

Beban Gandar adalah beban yang diterima oleh jalan rel dari satu gandar, untuk beban gandar dengan lebar sepur 1435 mm adalah maksimum 12 ton (LRT) .

5.5.3 Rencana Dimensi Profil Rel

Perencanaan tugas akhir ini menggunakan kelas jalan V dikarenakan kecepatan yang direncanakan kurang dari 80 km/jam. 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 (A)	= 72,37 cm ²
Jarak tepi bawah ke garis netral (Yb)	= 82,55mm
Beban Gandar LRT	= 12 Ton
Tegangan ijin rel kelas V (σijin)	= 2000 kg/cm ²

Tegangan dasar kelas V (σ_{dasar})	= 1343 kg/cm ²
Tahanan Momen Dasar (W_b)	= 295 cm ³
Modulus Elastisitas Jalan Rel (k)	= 180 kg/cm ²

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

a. Beban Dinamis Roda (P_d)

$$P_{\text{statis}} = \frac{\text{Beban Gandar}}{2} = \frac{12000 \text{ kg}}{2}$$

$$P_{\text{statis}} = 6000 \text{ kg}$$

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

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

$$P_{\text{dinamis}} = 7564,5121 \text{ kg}$$

b. Dumping Faktor (λ)

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

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

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

c. Momen Maksimum (M_a)

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

$$M_o = \frac{7564,5121 \text{ kg}}{4 \times 0,00942}$$

$$M_o = 200841,793 \text{ cm}$$

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

$$M_a = 0,85 \times 200841,793$$

$$M_a = 170175,524 \text{ kg.cm}$$

- d. Cek terhadap Tegangan Izin rel

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

$$\sigma_{izin} = \frac{(170175,524 \times 8.25)}{2726}$$

$$\sigma_{izin} = 516,6556 \text{ kg/cm}^2 < 2000 \text{ kg/cm}^2$$

Memenuhi syarat (OK)

- e. Cek terhadap Tegangan Dasar Rel

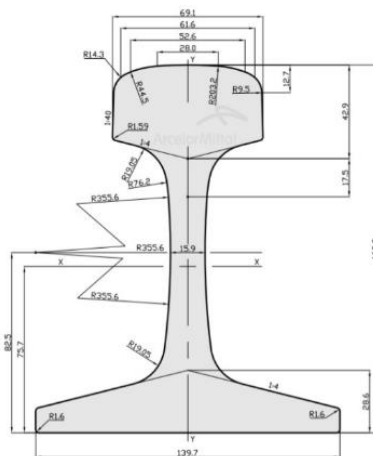
$$S_{base} = \frac{M_a}{W_b}$$

$$S_{base} = \frac{170175,524}{295}$$

$$S_{base} = 578,696969 \text{ kg/cm}^2 < 1343 \text{ kg/cm}^2$$

Memenuhi Syarat (OK)

Maka dari hasil perhitungan tipe rel 115 RE dapat digunakan sebagai perencanaan jalan rel karena tegangan yang terjadi memenuhi syarat. Maka dimensi rel terpilih dapat dilihat pada **Gambar 5.1** di bawah ini :



Gambar 5. 1 Ukuran Penampang Rel 115 RE

Sumber : JFE Steel Corporation

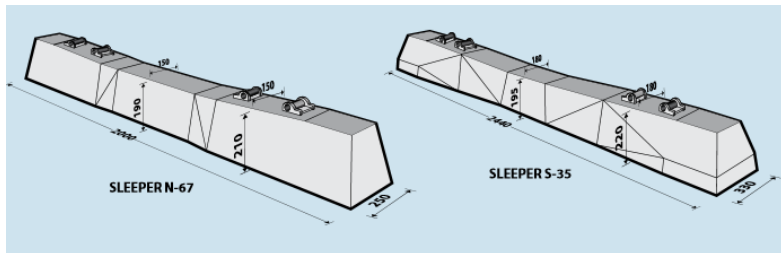
5.5.4 Sambungan Rel

Sambungan rel dari pabrik yang diproduksi dalam ukuran panjang 25 meter. Dalam perencanaan tugas akhir ini, proses pengelasan dipilih dengan menggunakan proses “*Flash Butt Welding*” karena mampu untuk aplikasi produksi yang tinggi, proses pengelasannya cepat, dan proses pengerjaannya murah.

Waktu yang dibutuhkan untuk pengelasan rel “*Flash Butt Welding*” adalah 15 menit pada tiap – tiap titik sambungan.

5.5.5 Penentuan Tipe Bantalan

Bantalan yang digunakan pada tugas akhir ini menggunakan bantalan beton buatan PT. WIKA dengan tipe bantalan S-35.



Gambar 5. 2 Bantalan Beton

Sumber : PT. WIKA Beton

Untuk dimensi dan spesifikasinya bantalan akan ditampilkan pada **Tabel 5.1**.

Tabel 5. 1 PC Sleepers Dimension Specification

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

Type *I **	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. WIKA Beton

A. Data Bantalan

- A.** Lebar sepur = 1435 mm
- B.** Panjang bantalan = 2440 mm
- C.** Kekuatan material (f_c') = K-600 = 52 mPa
- D.** Momen inersia bantalan :
- a)** Di bawah rel = 217574133,333 mm⁴
= 21757,4133 cm⁴
- b)** Di tengah bantalan = 128877589,286 mm⁴
= 12887,7589286 cm⁴
- E.** Kemampuan momen:
- a)** Di bawah rel (+) = 2300 kgm
- b)** Di bawah rel (-) = 1500 kgm
- c)** Di tengah bantalan (+) = 1300 kgm
- d)** Di tengah bantalan (-) = 2100 kgm

F. Nilai modulus elastisitas :

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

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

$$E = 156767,3435 \text{ kg/cm}^2$$

G. Dumping faktor (λ) :

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

Dengan menggunakan rumus di atas, didapatkan nilai λ :

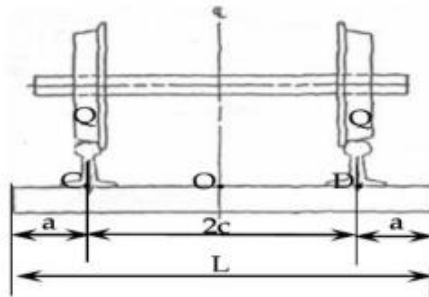
$$\lambda \text{ di bawah rel} = 0,01071735$$

$$\lambda \text{ di tengah bantalan} = 0,012216446$$

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.

B. Kekuatan Struktur Bantalan

Beban yang akan diterima bantalan dengan menggunakan lebar sepur 1435 mm dapat digambar seperti pada **Gambar 5.3** :



Gambar 5.3 Dimensi Bantalan dan Posisi Beban

- | | |
|--|---------------|
| a) Panjang bantalan (L) | = 244 cm |
| b) Jarak as rel ke tepi bantalan (a) | = 46,825 cm |
| c) Jarak antar as rel (c) | = 75,18 cm |
| d) λ di bawah rel | = 0,01071735 |
| e) λ di tengah bantalan | = 0,012216446 |

$$\begin{aligned}
 f) Q &= 60\% \times Pd \\
 &= 60\% \times 7191,6097 \text{ kg} \\
 &= 4314,965 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kemudian untuk perhitungan nilai trigonometri (λ) maka digunakan bantuan oleh *Microsoft Excel*. Hasil perhitungan nilai trigonometri (λ) dari momen di bawah rel dan tengah bantalan dapat dilihat pada **Tabel 5.2** :

Keterangan	Momen Pada	Momen Pada
	Bawah Rel	Tengah Bantalan
$\sin \lambda L$	0.045625099	0.052001533
$\sinh \lambda L$	0.04565679	0.05204847
$\cosh \lambda a$	1.000038358	1.000049839
$\cosh 2 \lambda c$	1.000395542	1.000513945
$\cosh \lambda L$	1.001041729	1.001353605
$\cos \lambda a$	0.999961642	0.999950161
$\sinh 2 \lambda a$	0.017518414	0.019969118
$\sin 2 \lambda c$	0.028121588	0.032053847
$\sinh 2 \lambda c$	0.028129004	0.032064831
$\sin 2 \lambda a$	0.017516622	0.019966464
$\cos 2 \lambda c$	0.99960451	0.999486143
$\cos \lambda L$	0.998958633	0.998647005
$\sinh \lambda c$	0.014063111	0.016030356
$\sin \lambda c$	0.014062184	0.016028983
$\sin \lambda (L-c)$	0.031573047	0.035987556
$\sinh \lambda (L-c)$	0.031583543	0.036003102
$\cosh \lambda c$	1.000098881	1.000128478
$\cos \lambda (L-c)$	0.999501447	0.999352238
$\cos \lambda c$	0.999901123	0.999871528
$\cosh \lambda (L-c)$	1.000498636	1.000647902

Tabel 5. 2 Perhitungan Fungsi Trigonometri Dari Momen di Bawah Rel dan Tengah Bantalan

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

H. Momen di bawa rel (Momen C/D):

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

$$= 105872.9 \times 10,95508 \times 0,000613$$

$$= 710.8642 \text{ kg.cm} < 230000 \text{ kg.cm (Ok!)}$$

I. Momen di tengah bantalan (Momen O):

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

$$= -185762 \times 9.610764 \times 0.000629$$

$$= -1123.27 \text{ kg.cm} < -2100.000 \text{ kg.cm (Ok!)}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka, dapat diketahui bantalan yang direncanakan diatas mampu untuk memikul momen pada bagian bawah rel dan di tengah rel.

Kelebihan dari menggunakan bantalan beton adalah :

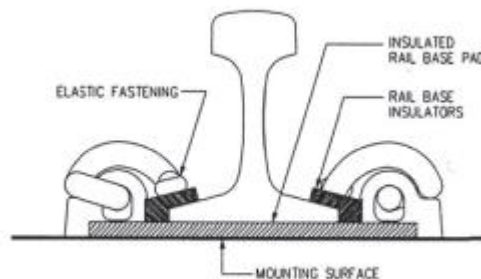
1. Untuk Stabilitas lebih baik.
2. Cocok untuk kecepatan dan frekuensi kereta api yang tinggi.
3. Umur dari bantalan beton lebih lama.
4. Untuk biaya pemeliharaan yang murah.
5. Untuk mutu bahan lebih bagus dan mudah.
6. Untuk proses pembuatan bantalan beton lebih mudah.

7. Untuk komponen tidak terlalu banyak.

5.5.6 Penambat Rel

Penambat rel ialah suatu komponen yang menambatkan rel pada bantalan sedemikian 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 yang melewatinya, harus semakin lebih kokoh penambat relnya.

Terdapat dua jenis penambat rel, yakni jenis penambat kaku dan jenis penambat elastis. Jenis penambat kaku sudah tidak layak digunakan untuk semua rel kereta api. Penambat elastis dibuat untuk menghasilkan jalan rel KA yang berkualitas tinggi, yang biasanya digunakan pada jalan rel KA yang memiliki frekuensi dan axle load yang tinggi. Karena sifatnya yang elastis sehingga mampu mengabsorpsi getaran pada rel saat rangkaian KA melintas Berikut ini adalah komponen penyusun alat penambatnya.



Gambar 5. 4 Komponen Penambat Rel
Sumber : TCRP Report 155 Track Design LRT

5.5.7 Perencanaan Balas dan Sub Balas

Menurut TCRP Report 155, *Ballasted Track* merupakan jenis jalur yang paling umum digunakan dalam angkutan kereta ringan seperti LRT. Adapun perencanaan yang dilakukan untuk

jalur balas adalah tebal dan lebar untuk masing-masing balas dan sub balas. Dimensi balas dan sub balas :

Tebal Balas = 255 mm (25,5 cm)

Tebal Sub Balas = 200 mm (20 cm)

A. Balas

Fungsi balas ialah untuk meneruskan beban dan menyebarkan beban dari bantalan ke tanah dasar, menguatkan kedudukan bantalan agar tidak berubah dan mengalirkan sebagai drainase sehingga tidak terjadi penggenangan air di sekitar bantalan dan rel.

Material 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%.

B. Sub Balas

Lapisan sub-balas ialah sebagai lapisan penyaring antara tanah dasar dan lapisan balas yang harus dapat mengalirkan air dengan baik. Tebal minimum lapisan balas bawah adalah 15 cm.

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.

Sedangkan untuk standar saringan dan detail dimensi balas dan sub balas berdasarkan PM. 60 tahun 2012 dijelaskan pada **Tabel 5.3, Tabel 5.4, Gambar 5.5 dan Gambar 5.6** dibawah ini.

Tabel 5. 3 Standar Saringan

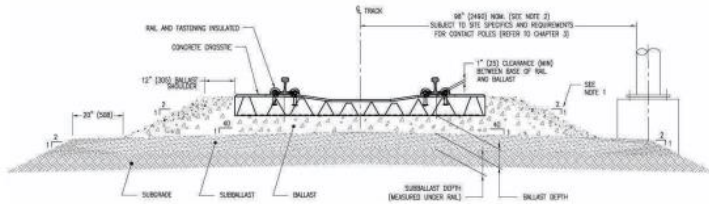
Standar Jaringan ASTM	Presentase Lolos (%)
2 1/2"	100
3/4"	50-100
No. 4	25-95
No. 40	5-35
No. 200	0-10

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan RI 60 Tahun 2012

Tabel 5. 4 Dimensi Penampang Rel Melintang

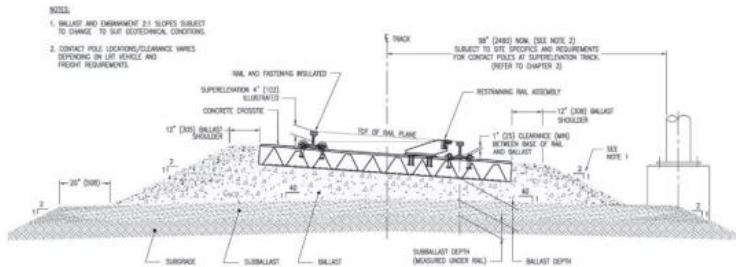
V maks km/jam	d1 cm	b cm	c cm	k1 cm	d2 cm	k2 cm
95	25,5	182,9	182,9	182,9	20	182,9

Sumber : TCRP Report 155 Track Design Handbook



Gambar 5. 5 Penampang Melintang Jalan Rel Pada Bagian Lurus
(Lebar Jalan Rel 1435 mm)

Sumber : TCRP Report 155 Track Design Handbook



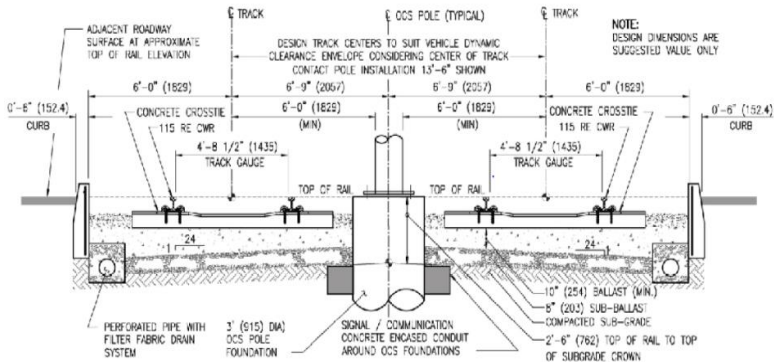
Gambar 5. 6 Penampang Melintang Jalan Rel Pada Bagian
Lengkung (Lebar Jalan Rel 1435 mm)

Sumber : TCRP Report 155 Track Design Handbook

Perencanaan jalan rel Purwokerto – Purbalingga sebagai berikut :

- J. Lebar Balas: 3,5 meter
- K. Lebar SubBalas: 3,5 meter
- L. Lebar Bantalan: 2,44 meter

Untuk detail lebih jelas mengenai bentuk penampang jalan rel Purwokerto - Purbalingga dapat dilihat pada **Gambar 5.7**



Gambar 5.7 Bentuk Penampang Kereta LRT

5.5.8 Perencanaan Peron

Peron adalah tempat naik turun penumpang, yang sejajar dengan rel kereta api tempat untuk pemberhentian kereta api. Lebar peron dihitung berdasarkan jumlah penumpang dengan menggunakan formula sebagai berikut :

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

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 di lokasi Stasiun Purwokerto . Jenis kereta yang digunakan adalah Kereta Light Rail

Transit (LRT), berdasarkan data yang didapat dari PT.INKA sebelumnya dimensi moda kereta api yang digunakan adalah :

- Konfigurasi = Mc1 – T – Mc2
- Panjang kereta
 - Mc = 17.200 mm
 - T = 17.200 mm
- Total Panjang kereta = 51.600 mm
- Lebar kereta = 2.650 mm
- Tinggi kereta = 3.600 mm
- Kapasitas tempat duduk = 80 seats
- Kapasitas untuk berdiri = 320 seats

A. Panjang Peron

Untuk perhitungan panjang peron akan menggunakan ketentuan dibawah ini :

$$\begin{aligned} L_p &= 2 \times (\text{Panjang KA} + \text{Penghubung Rangkaian}) \\ &= 2 \times (51,6) \\ &= 103,2 \text{ m} \end{aligned}$$

B. Lebar Peron

$$\begin{aligned} b &= \frac{0,64 \text{ m}^2/\text{orang} \times V \times L F}{I} \\ b &= \frac{0,64 \text{ m}^2/\text{orang} \times 400 \times 80\%}{103,2} \\ &= 1,985 \text{ m} \end{aligned}$$

Dalam perancangan geometri jalan rel Purwokerto - Purbalingga ini menggunakan moda LRT dari PT INKA dengan tinggi lantai kereta adalah 1.000 mm yang masuk kedalam jenis peron tinggi dengan dimensi peron seperti **Tabel 5.5** Dibawah ini :

Tabel 5. 5 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

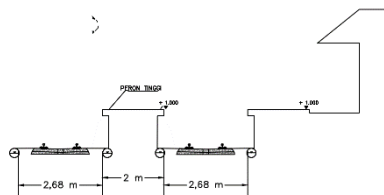
Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan RI 29 Tahun 2011

A. Jarak Antar Peron

Jarak antar peron = Ruang Bebas Kereta Api
= 2,68 m

B. Tinggi Peron

Tinggi peron adalah setinggi lantai kereta, untuk Stasiun Purwokerto - Purbalingga direncanakan menggunakan peron tinggi. Dari seluruh perhitungan diatas dapat divisualisasikan dimensi peron seperti pada **Gambar 5.8**



Gambar 5. 8 Dimensi Peron Stasiun Purwokerto Timur

5.5.9 Perencanaan Wesel

Menurut Peraturan Dinas 10 fungsi dari wesel adalah untuk mengalihkan kereta dari satu sepur ke sepur yang lain. Setelah melakukan perencanaan peron maka dilakukan perencanaan wesel. Wesel merupakan konstruksi jalan rei 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 perhitungan perencanaan wesel dan gambaran emplasemen stasiun baru:

Tabel 5. 6 Nomor wesel dan Kecepatan ijin

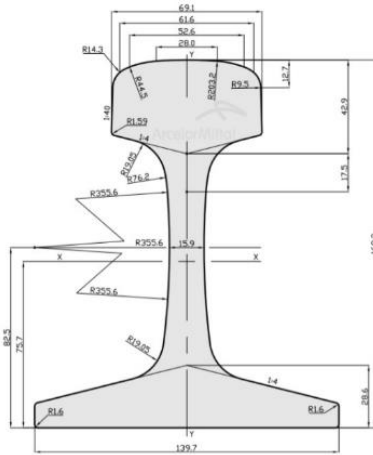
Tg	1:8	1:10	1:12	1:14	1:16	1:20
No. Wesel	W8	W10	W12	W14	W16	W2
Kec Ijin (km/jam)	25	35	45	50	60	70

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

5.5.9.1 Nomor Wesel

1. Nomor wesel yang di rencanakan : W 12
2. Kecepatan ijin : 45 km/jam
3. Sudut Simpang : tg(1:12)

Untuk detail ukuran kepala rel dan kaki rel tipe 115 RE dapat dilihat di bawah ini :



Gambar 5. 9 Tipe Rel 115 RE

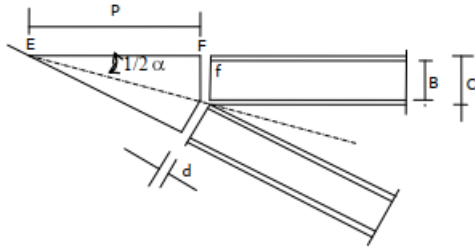
Sumber : JFE Steel Corporation

Dari data dimensi diatas dapat diketahui bahwa :

- A. Lebar kepala rel = 69,1 mm
- B. Lebar kaki rel = 139,7 mm

5.5.9.2 Panjang Jarum Wesel

Panjang jarum wesel dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini :



Gambar 5. 10 Panjang Jarum Wesel

Sumber : Peraturan Dinas 10

- A. Sudut simpang arah = $\text{tg}(1:12)$
 $= \tan^{-1}(1:12)$
 $= 4,7636^\circ$
- B. Lebar kepala rel = 69,1 mm
- C. Lebar kaki rel = 139,7 mm
- D. Jarak siar = 3 mm ($d_{\text{max}} = 3\text{mm}$)

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

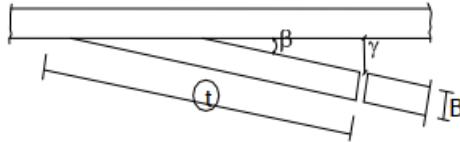
$$P = \frac{69.1 + 139.7}{2\text{tg}\left(\frac{4.7636}{2}\right)} - 3$$

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

Jadi panjangnya jarum wesel yang dibutuhkan dalam perencanaan adalah : **P = 2,507 m**

5.5.9.3 Panjang Lidah Wesel

Panjang lidah wesel dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini :



Gambar 5. 11 Panjang Lidah Wesel

Sumber : Peraturan Dinas 10

- | | |
|---------------------------------------|----------------------|
| A. Besar sudut tumpu (β) | = tg (1: 30) |
| | = $\tan^{-1} (1/30)$ |
| | = 1,3222 ° |
| B. Lebar kepala rel | = 69,1 mm |
| C. Jarak akar lidah ke rel lantak (Y) | = 140 mm |

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

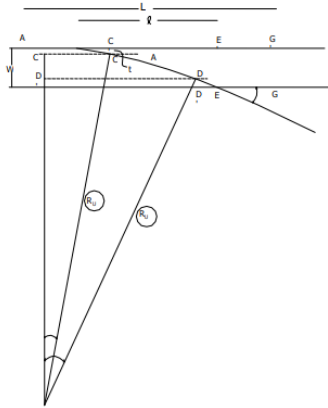
$$t > \frac{69,1 + 140}{\sin 1,3322}$$

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

Jadi panjang lidah wesel yang akan di digunakan dalam perencanaan adalah : **t = 8,994 m**

5.5.9.4 Jari-Jari Wesel

Jari-jari lengkung luar wesel (R_u) dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini :



Gambar 5. 12 Panjang Jari-jari Wesel

Sumber : Peraturan Dinas 10

- A. V_{ijin} 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 °

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

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

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

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

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

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

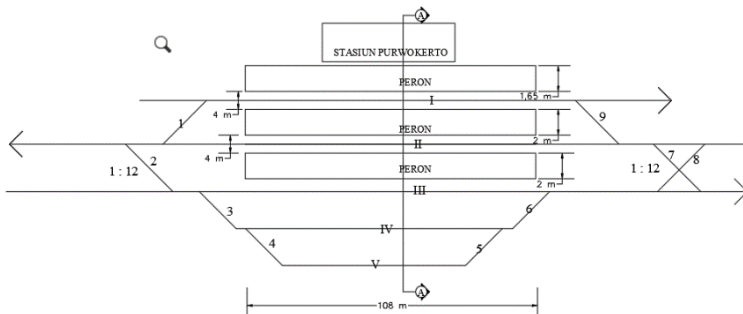
Jadi panjang jari-jari lengkung luar wesel yang akan digunakan dalam perencanaan adalah :

$$Ru > R_{ijin}$$

$$319,64 \text{ m} > 259,615 \text{ m (Ok)}$$

A. Stasiun Purwokerto

Stasiun Purwokerto adalah salah satu stasiun yang masih aktif di Indonesia. Denah pada Stasiun Purwokerto dijelaskan seperti pada **Gambar 5.13**, data teknis wesel dijelaskan pada **Tabel 5.7**



Gambar 5. 13 Denah Stasiun Purwokerto

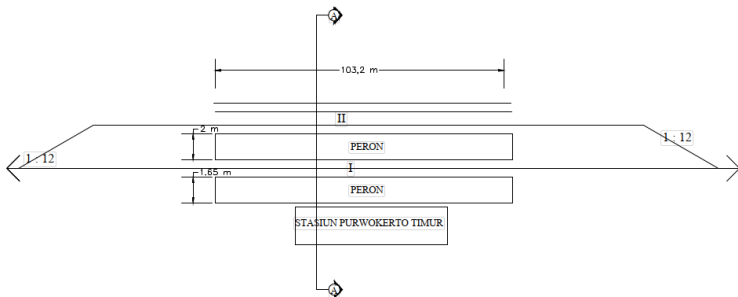
Tabel 5. 7 Data Wesel Stasiun Purwokerto

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

5	1 : 12		Kr	115 RE
6	1 : 12		Kr	115 RE
7	1 : 12		Kr	115 RE
8	1 : 12	Kn		115 RE
9	1 : 12	Kn		115 RE

B. Stasiun Purwokerto Timur

Stasiun Purwokerto Timur masuk kedalam jenis stasiun kecil. Kebutuhan spoor siding stasiun Purwokerto Timur direncanakan untuk mengakomodasi kebutuhan untuk langsrin dan untuk lurusan. Untuk denah Stasiun Purwokerto Timur dijelaskan pada **Gambar 5.14**, dan data teknis wesel dijelaskan pada **Tabel 5.8**



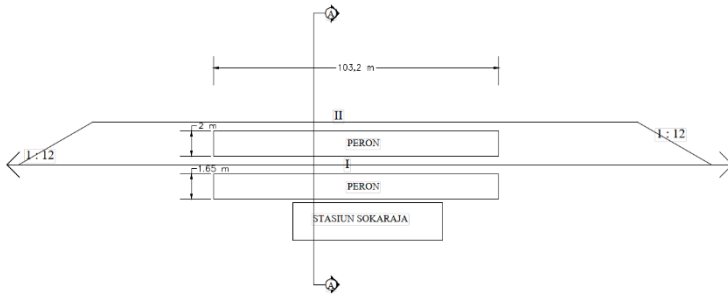
Gambar 5. 14 Denah Stasiun Purwokerto Timur

Tabel 5. 8 Data Wesel Stasiun Purwokerto Timur

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

C. Stasiun Sokaraja

Kebutuhan *spoor siding* stasiun Sokaraja direncanakan untuk mengakomodasi kebutuhan untuk langsrin dan untuk lurusan. Denah Stasiun Sokaraja dijelaskan pada **Gambar 5.15**, dan data teknis wesel dijelaskan pada **Tabel 5.9**



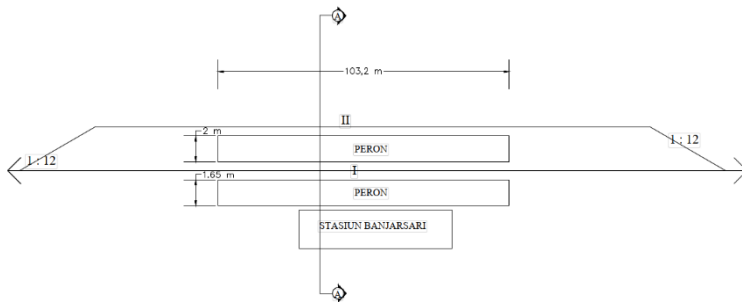
Gambar 5. 15 Denah Stasiun Sokaraja

Tabel 5. 9 Data Wesel Stasiun Sokaraja

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

D. Stasiun Banjarsari

Stasiun Purwokerto Timur masuk kedalam jenis stasiun kecil. Kebutuhan *spoor siding* stasiun Purwokerto Timur direncanakan untuk mengakomodasi kebutuhan untuk langsrin dan untuk lurusan. Untuk denah Stasiun Purwokerto Timur dijelaskan pada **Gambar 5.16**, dan data teknis wesel dijelaskan pada **Tabel 5.10**



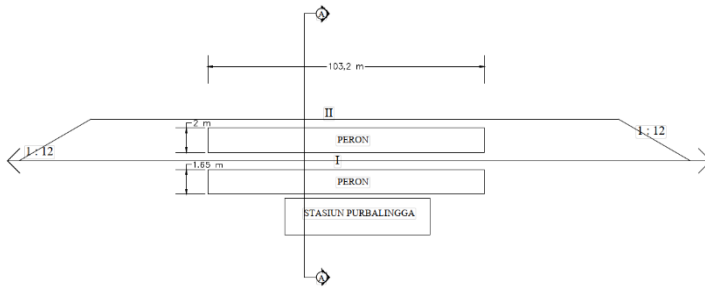
Gambar 5. 16 Denah Stasiun Banjarsari

Tabel 5. 10 Data Wesel Stasiun Purbalingga

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

E. Stasiun Purbalingga

Stasiun Purwokerto Timur masuk kedalam jenis stasiun kecil. Kebutuhan spoor siding stasiun Purwokerto Timur direncanakan untuk mengakomodasi kebutuhan untuk langsiran dan untuk lurusan. Untuk denah Stasiun Purwokerto Timur dijelaskan pada **Gambar 5.17**, dan data teknis wesel dijelaskan pada **Tabel 5.11**



Gambar 5. 17 Denah Stasiun Purbalingga

Tabel 5. 11 Data Wesel Stasiun Purbalingga

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

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa perencanaan perhitungan geometrik jalan rel, Purwokerto – Purbalingga, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil survey jalur kereta api Purwokerto – Purbalingga, untuk pengaktifan kembali jalur kereta api trase Purwokerto – Purbalingga dikarenakan kepadatan di wilayah tersebut.
2. Untuk perencanaan geometrik trase Purwokerto – Purbalingga didapat hasil perhitungan sebagai berikut :
 - a) Alinyemen horizontal berdasarkan perencanaan didapat hasil kecepatan rencana 40 km/jam dengan jari-jari minimum yaitu 25 meter. Dan didesain lengkung horizontal menggunakan *S-C-S*.
 - b) Alinyemen vertikal berdasarkan perencanaan lengkung vertikal didapatkan kelandain maksimum berkisar 0-4%.
3. Konstruksi Jalan Rel Purwokerto - Purbalingga dimana :

V rencana	= 50 km/jam
Lebar Sepur	= 1435 mm
Kereta	= Produk Inka
Beban Gandar	= 12 Ton
Jenis rel	= Tipe 115 RE
Bantalan	= Produk Wika Beton
Tebal balas	= 255 mm (TCRP)
Tebal subbalas	= 200 mm (TCRP)
Nomor wesel	= W 12 (1:12)
Tipe Penambat Rel	= Pandrol (Elastis ganda)

Sambungan = Las ditempat

Berdasarkan hasil perhitungan emplasemen baru, didapat hasil sebagai berikut :

Jenis kereta api = LRT (Light Rail Transit)

Panjang kereta api = 51,6 m

Jenis peron = Peron tinggi

6.2 Saran

Saran dalam perencanaan jalur kereta trase Purwokerto - Purbalingga adalah sebagai berikut:

1. Untuk trase jalur eksisting perlu ditinjau kembali jika reaktivasi jalur kereta api Purwokerto – Purbalingga akan dilaksanakan. Untuk perencanaan kedepanya sesuai dengan kondisi yang ada.
2. Perencanaan alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal ini merupakan saran dari penyusun dan perlu ditinjau kembali dan syarat-syarat dan parameter yang berlaku
3. Struktur jalan rel dibuat seaman mungkin dengan mempertimbangkan hal teknis yang sesuai dengan pedoman perencanaan jalan rel (TCRP 155 dan PM 60 tahun 2012).

DAFTAR PUSTAKA

- Arhitec2812, 2017. *Peta Jalur Kereta Api Pulau Jawa*.
<<https://www.arcgis.com/home/item.html?id=d21eded5705f4a759e2a64a96594c68b>>
(Tanggal akses : 26 November 2018).
- Badan Pusat Statistik (2015). *Panjang Jaringan Jalan Rel Kereta Api Di Indonesia, 2011 – 2015*
<https://www.bps.go.id/dynamic/table/2018/05/18/1334/panjang-jaringan-jalan-rel-kereta-api-di-indonesia-2011---2015.html>
- Federal Transit Administration, 2012. *TCRP Report 155 : Track Design Handbook for Light Rail Transit*. Washington D. C.
- Google Earth .2017 **Peta Lokasi Purwokerto – Purbalingga**.
- JFE Steel Corporation. **Catalouge Railroad Rails**. Tokyo, Japan.
<https://www.jfe-steel.co.jp/en/>
- Kementerian Perhubungan Ditjen Perkeretaapian. 2011. *Rencana Induk Perkeretaapian Nasional (RIPNas) Tahun 2030*. Jakarta : Republik Indonesia
- LRT JABODEBEK. 2018. *Penyambungan Rel LRT JABODEBEK Menggunakan Flash Butt Welding*
<https://lrtjabodebek.com/proses-penyambungan-rel-lrt-jabodebek-dengan-menggunakan-flash-butt-welding/>
- Menteri Perhubungan Republik Indonesia, 2011. *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 43 Tahun 2011 tentang Rencana Induk Perkeretaapian Nasional (RIPNAS)*. Jakarta : Republik Indonesia.
- Menteri Perhubungan Republik Indonesia, 2012. *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api*. Jakarta : Republik Indonesia.
- Menteri Perhubungan Republik Indonesia, 2011. *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 29*

- Tahun 11 tentang Persyaratan Teknis Bangunan Stasiun Kereta Api*. Jakarta : Republik Indonesia.
- Modul Geometrik. *Rekayasa Jalan Raya dan Rel*. Surabaya : Jurusan Teknik Sipil ITS.
- Muttaqin. M. 2018. *Perancangan Geometri Jalan Rel Kamal – Pelabuhan Tanjung Bulupandan di Madura*. Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- PJKA (1986). *Peraturan Dinas Nomor 10 tentang Perencanaan Konstruksi Jalan Rel* Bandung.
- Prasetyo (2010) *Perencanaan Revitalisasi Jalan Rel Trayek Stasiun Madiun – Stasiun Ponorogo Menggunakan Sistem Railbus Sebagai Solusi Alternatif Pemilihan Moda Transportasi Massal*. Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- PT. INKA, 2018. *Light Rail Transit Jabodebek*
<https://www.inka.co.id/product/view/76>
- Railway Concrete Product . *Brosur PT. WIKA Beton*. Jakarta
- Rosyidi. 2015. *Rekayasa Jalan Kereta Api*. Yogyakarta: LP3M Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Sakti, P. S. 2018 *Perancangan Alternatif Geometrik Jalan Rel Untuk Reaktivasi Jalur Kereta Api Yogyakarta – Magelang*. Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Utomo, S. H. T, 2009. *Jalan Rel*. Yogyakarta : Beta Offset.

LAMPIRAN

RAILWAY CONCRETE PRODUCT

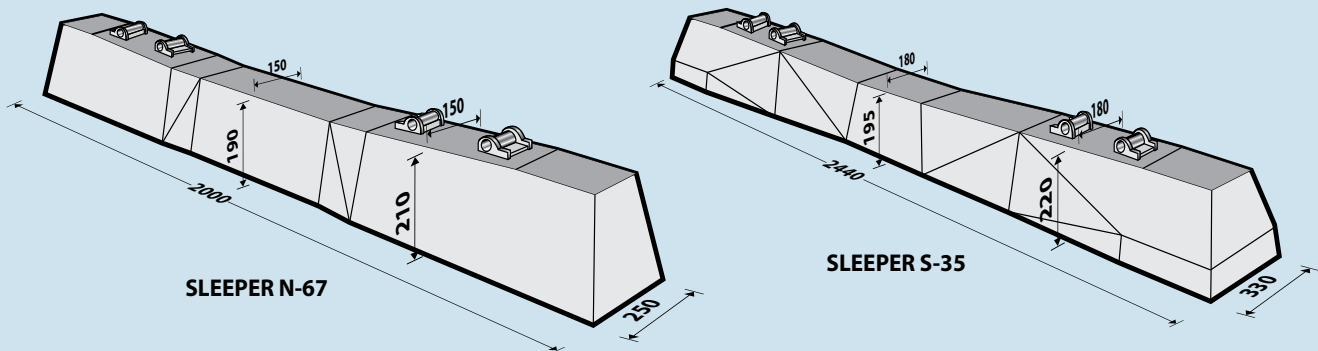
DESCRIPTION

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

DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

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

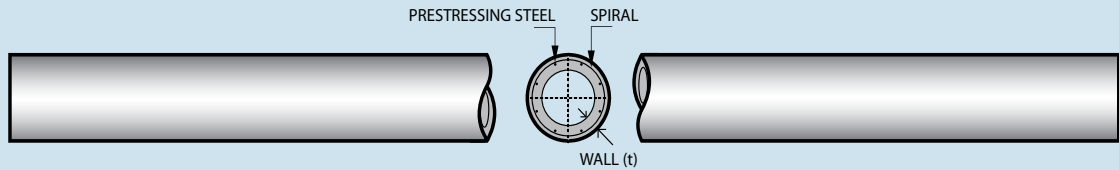
PC SLEEPERS SPECIFICATION

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

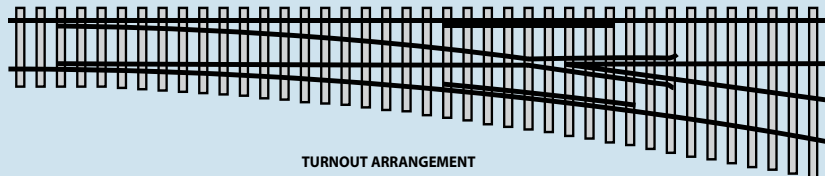
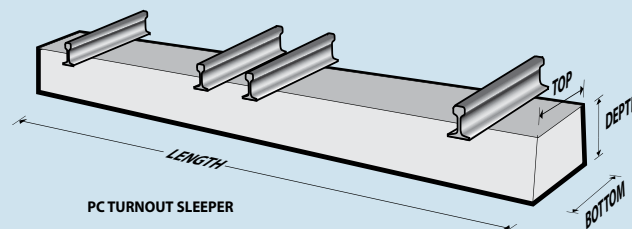
PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION | PC CATENARY POLES



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

LRT JABODEBEK



Spesifikasi Teknis

Beban Gandar	: 12 ton
Material	: Aluminium 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

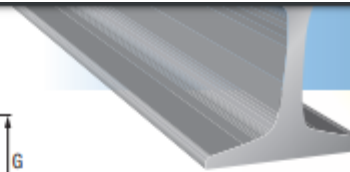
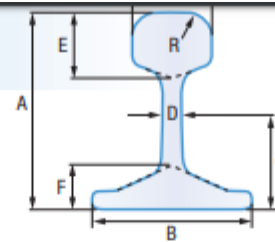




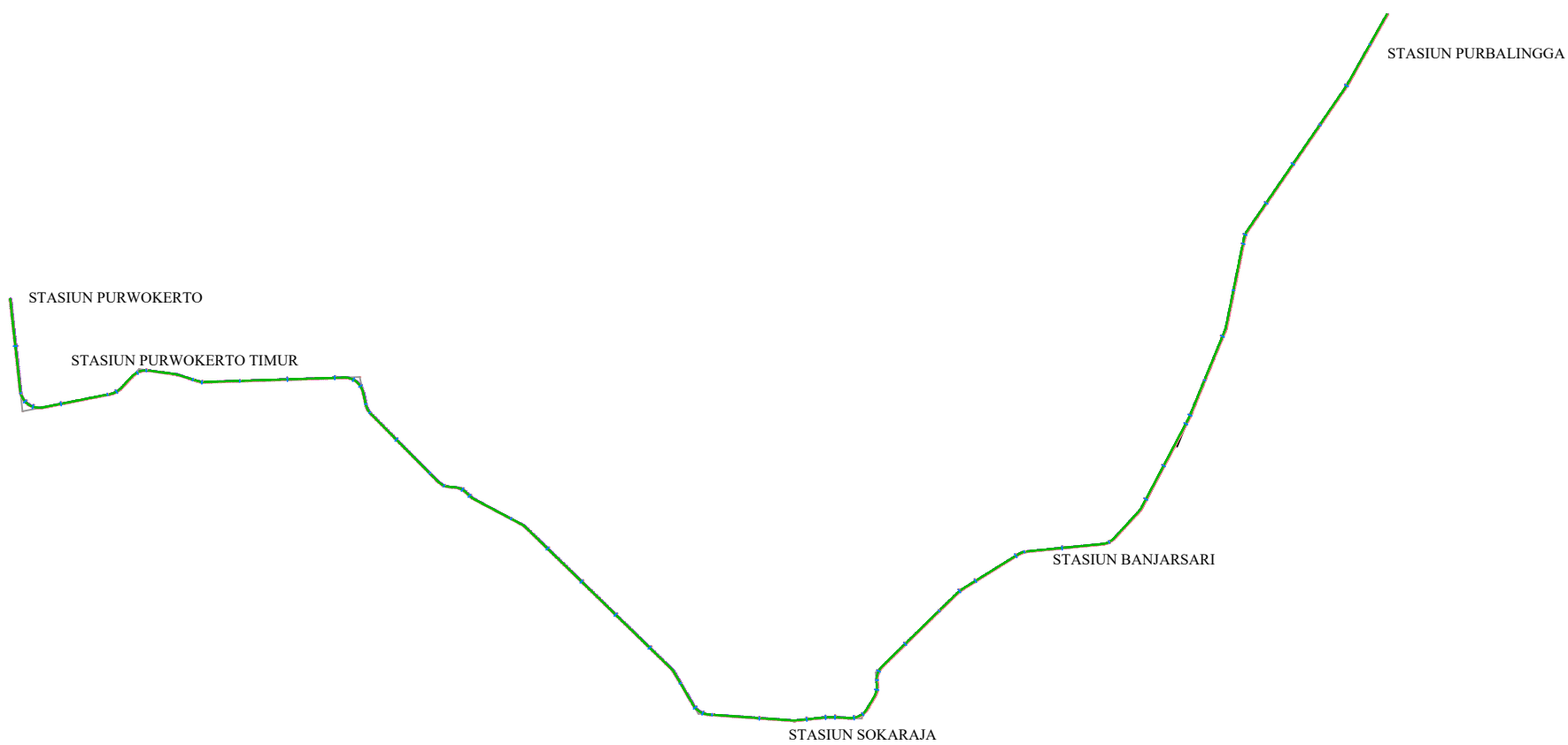
RAIL


Standard Dimensions and Weights

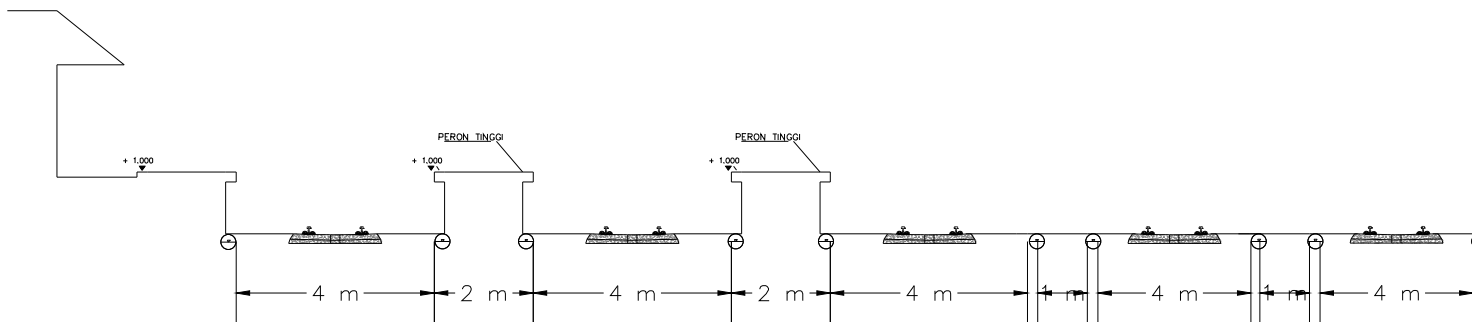
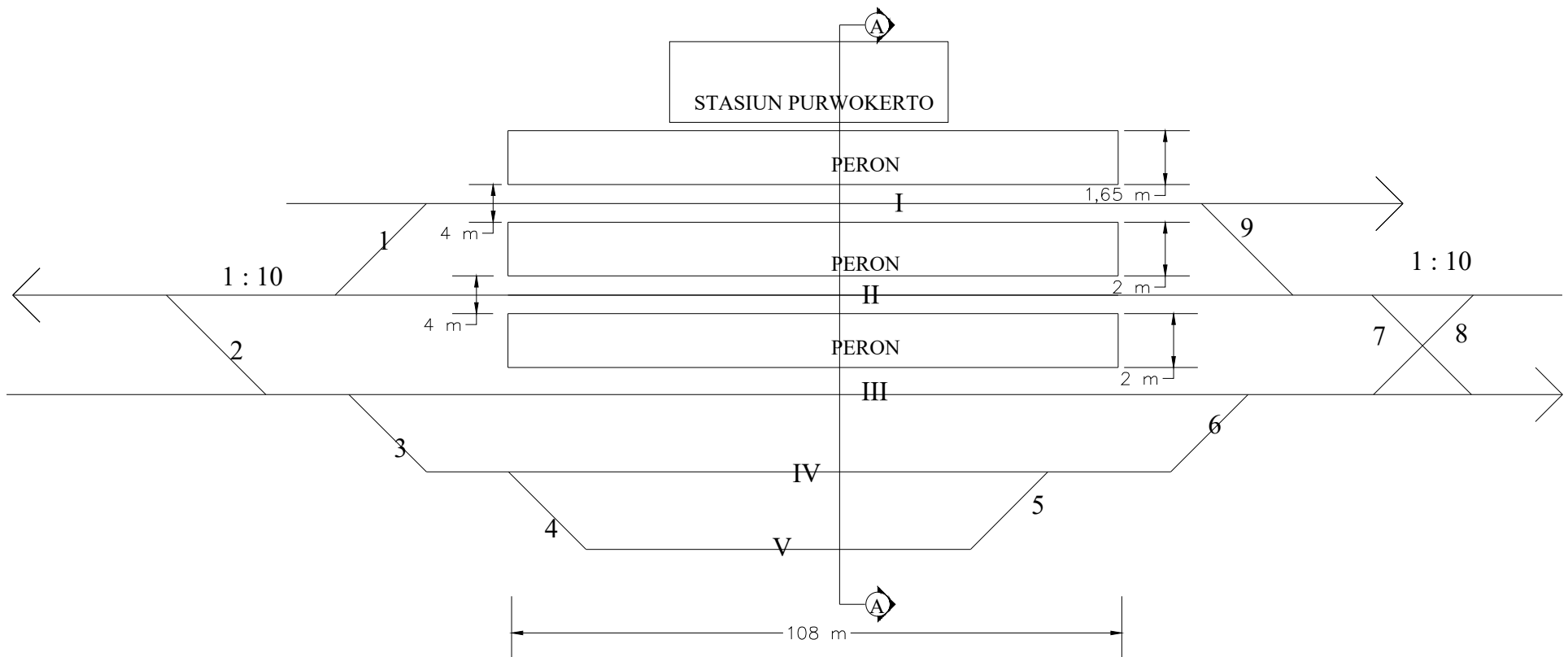
Specifications	Profile	Dimensions											
		A		B		C		D		E		F	
		mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	
AREMA 2015 Chapter 4 RAIL	115lbs	115RE 115-10	(168.28)	6-5/8	(139.70)	5-1/2	(69.06)	2-23/32	(15.88)	5/8	(42.86)	1-11/16	(28.58)
	136lbs	136RE 136-10	(185.74)	7-5/16	(152.40)	6	(74.61)	2-15/16	(17.46)	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	(30.16)
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 JIS E 1120-2007	37kg	37A	122.24		122.24		62.71		13.49		36.12		21.43
	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			
					S		W		Ix		Head Zx		Base Zx	
in.	G		R		cm ²	in. ²	kg/m	lbs/yd	cm ⁴	in. ⁴	cm ³	in. ³	cm ³	in. ³
	mm	in.	mm	in.										
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	

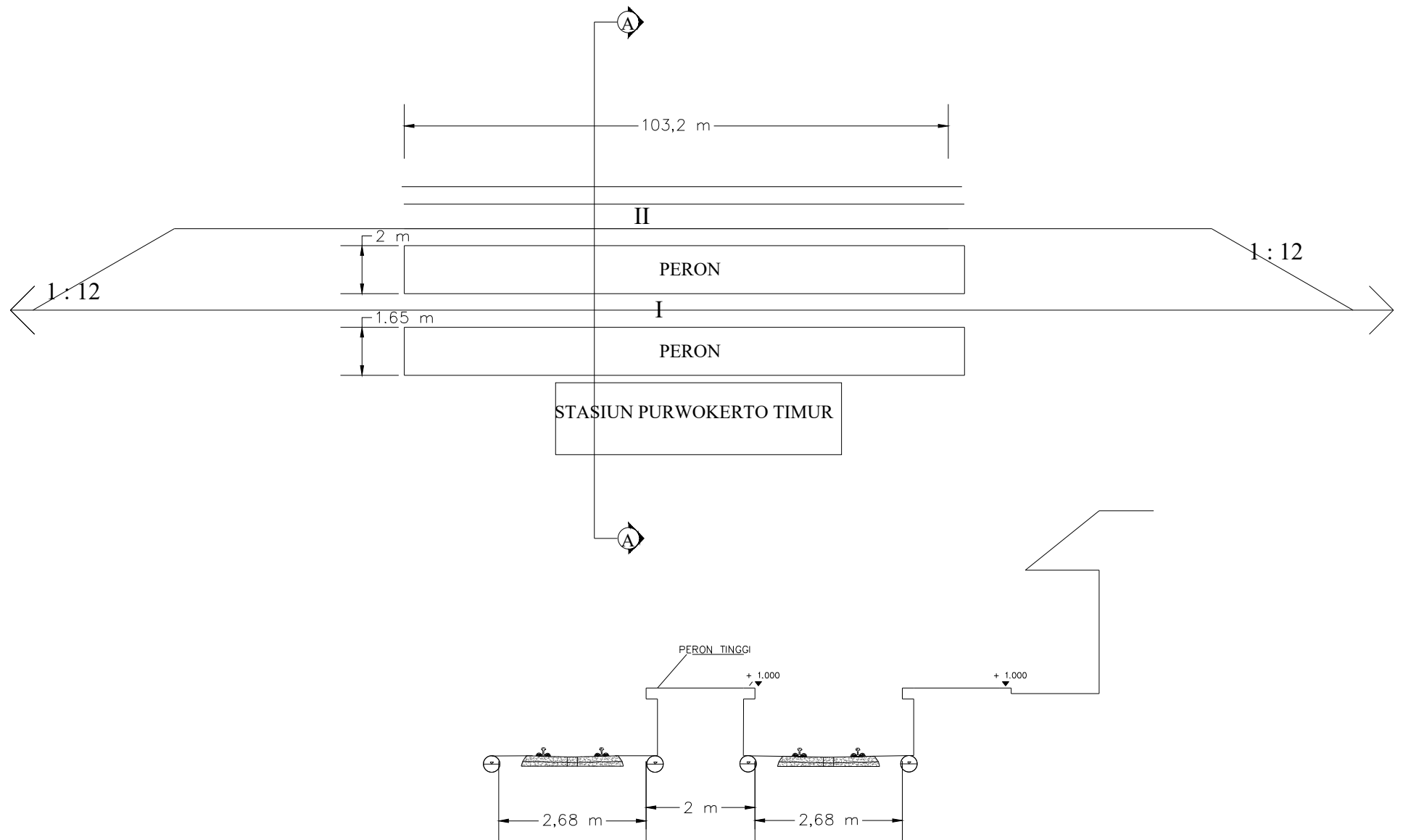


	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	SKALA	JUDUL GAMBAR	KETERANGAN	KODE GBR	NO. GBR
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	PERANCANGAN GEOMETRI JALAN REL UNTUK REAKTIVASI JALUR KERETA API PURWOKERTO - PURBALINGGA	Ir. Wahyu Herijanto, MT. NIP196209061989031012 Budi Rahardjo, ST.MT. NIP197001152003121001	Dhaifan Ardiansyah 03111540000117					1
							JUMLAH GBR	
								1



POTONGAN A-A (MELINTANG LAYOUT EMPLASEMEN)
SKALA 1 : 150

	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	SKALA	JUDUL GAMBAR	KETERANGAN	KODE GBR	NO. GBR
 <p>DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER</p>	<p>PERANCANGAN GEOMETRI JALAN REL UNTUK REAKTIVASI JALUR KERETA API PURWOKERTO - PURBALINGGA</p>	<p>Ir. Wahyu Herijanto, MT. NIP196209061989031012 Budi Rahardjo, ST.MT. NIP197001152003121001</p>	<p><u>DHAIFAN ARDIANSYAH</u> 03111540000117</p>	<p>1 : 150</p>	<p>Layout dan Potongan Melintang Emplasemen</p>			1
								JUMLAH GBR
								5



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 GEOMETRI JALAN REL
UNTUK REAKTIVASI JALUR KERETA
API PURWOKERTO - PURBALINGGA

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

NAMA MAHASISWA
DHAIFAN ARDIANSYAH
03111540000117

SKALA
1: 100

JUDUL GAMBAR
Layout dan Potongan
Melintang Emplasemen

KETERANGAN

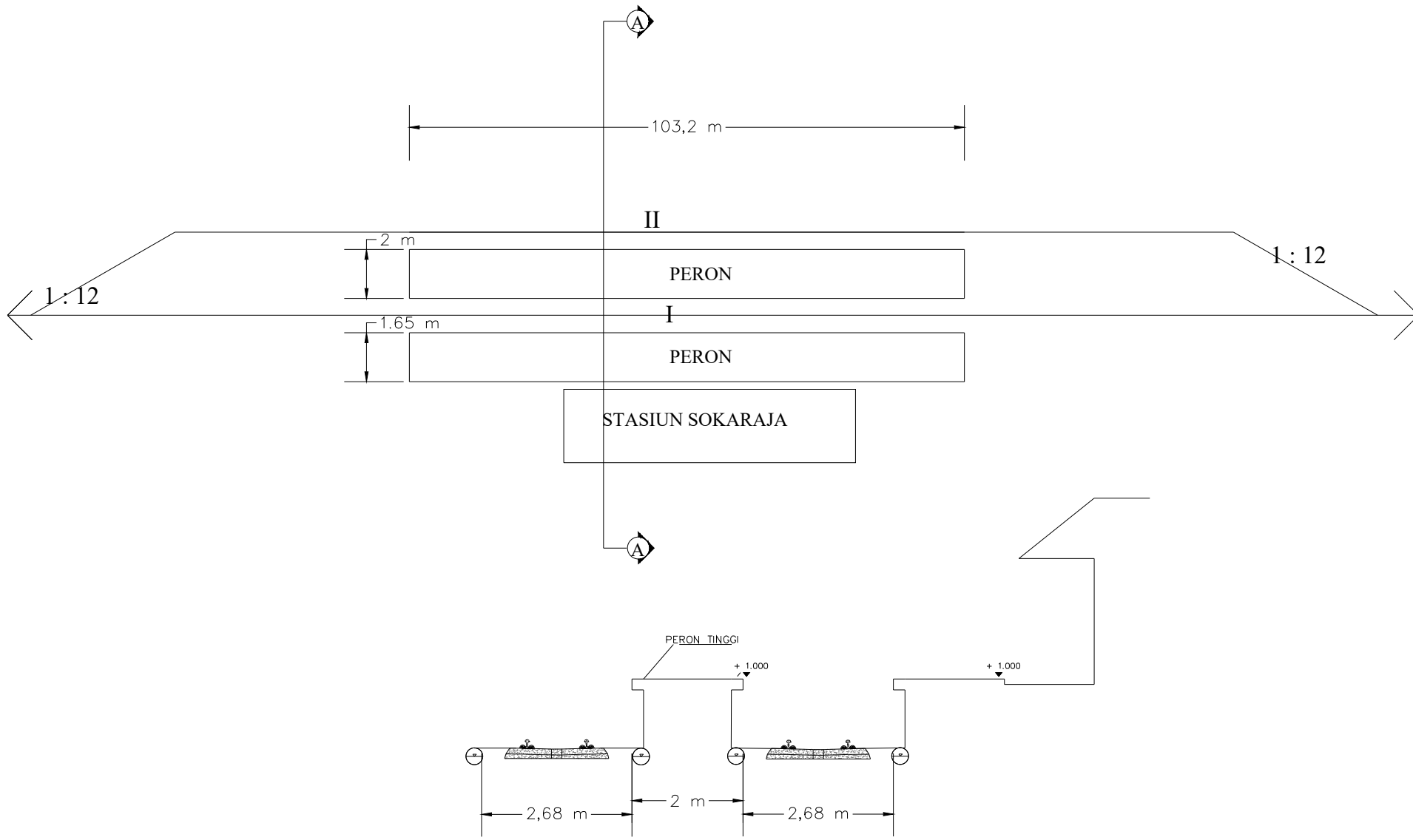
KODE GBR

NO. GBR


2

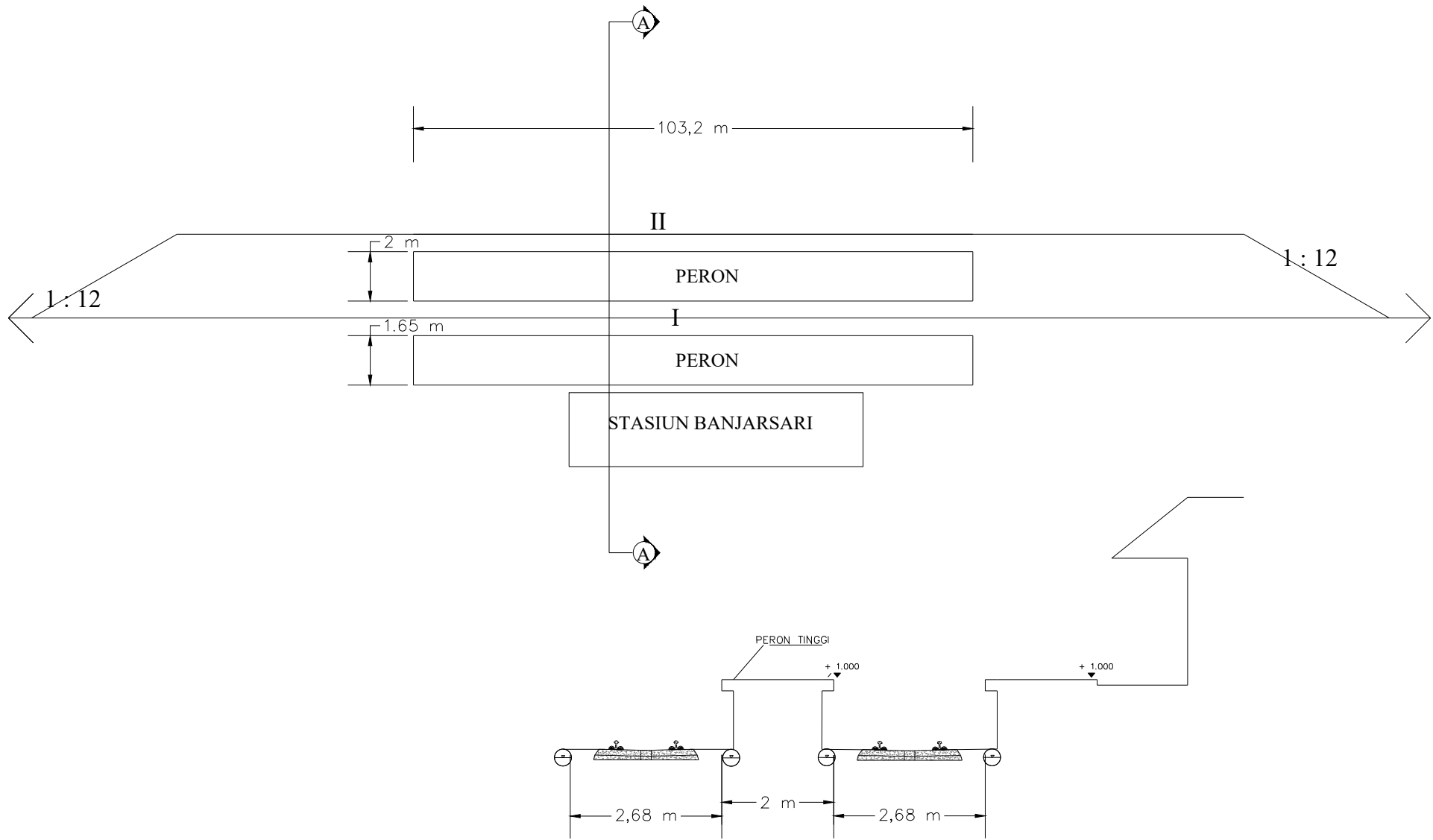
JUMLAH GBR

5




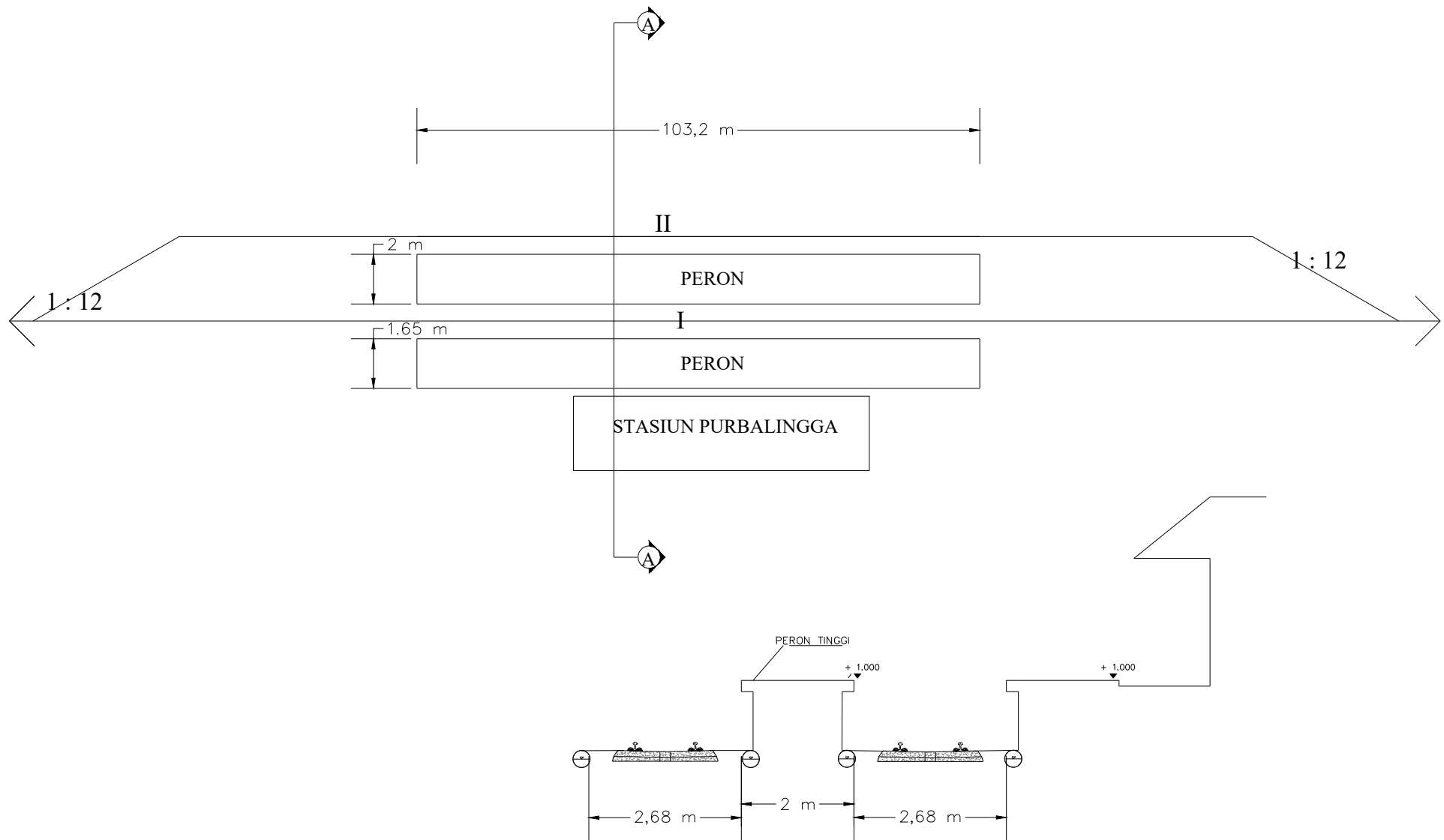
POTONGAN A-A (MELINTANG LAYOUT EMPLASEMEN)
 SKALA 1 : 100

 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	JUDUL TUGAS AKHIR PERANCANGAN GEOMETRI JALAN REL UNTUK REAKTIVASI JALUR KERETA API PURWOKERTO - PURBALINGGA	DOSEN PEMBIMBING Ir. Wahyu Herijanto, MT. NIP196209061989031012 Budi Rahardjo, ST.MT. NIP197001152003121001	NAMA MAHASISWA <u>DHAIFAN ARDIANSYAH</u> 03111540000117	SKALA 1 : 100	JUDUL GAMBAR Layout dan Potongan Melintang Emplasemen	KETERANGAN	KODE GBR	NO. GBR 3 JUMLAH GBR 5
--	--	---	---	------------------	---	------------	----------	---------------------------------




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

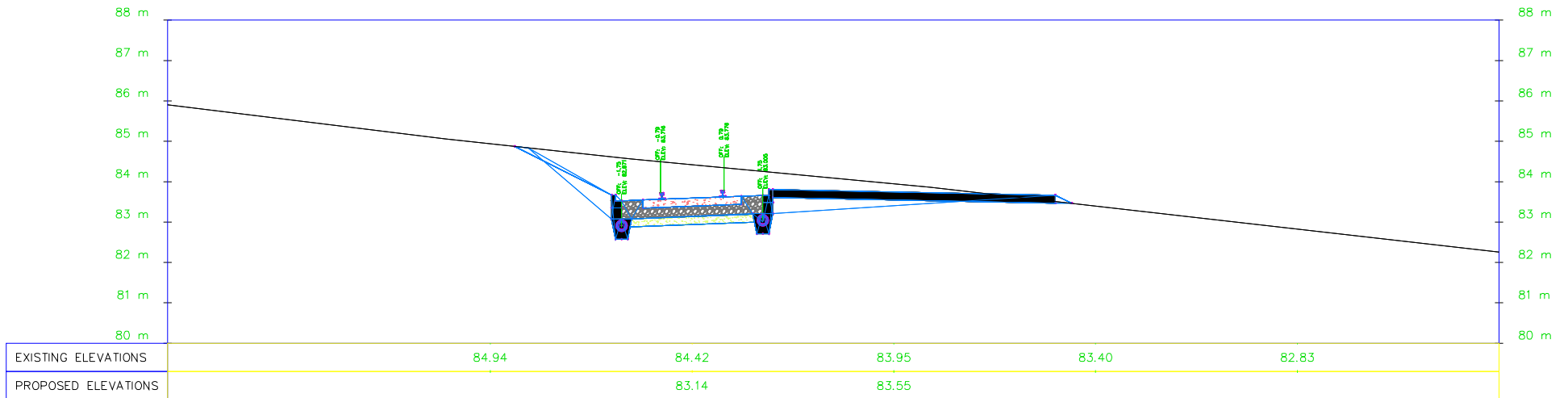
	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	SKALA	JUDUL GAMBAR	KETERANGAN	KODE GBR	NO. GBR
 <p>DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER</p>	<p>PERANCANGAN GEOMETRI JALAN REL UNTUK REAKTIVASI JALUR KERETA API PURWOKERTO - PURBALINGGA</p>	<p>Ir. Wahyu Herijanto, MT. NIP196209061989031012 Budi Rahardjo, ST.MT. NIP197001152003121001</p>	<p><u>DHAIFAN ARDIANSYAH</u> 03111540000117</p>	<p>1: 100</p>	<p>Layout dan Potongan Melintang Emplasemen</p>			4
								JUMLAH GBR
								5



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

	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	SKALA	JUDUL GAMBAR	KETERANGAN	KODE GBR	NO. GBR
 <p>DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER</p>	<p>PERANCANGAN GEOMETRI JALAN REL UNTUK REAKTIVASI JALUR KERETA API PURWOKERTO - PURBALINGGA</p>	<p>Ir. Wahyu Herijanto, MT. NIP196209061989031012 Budi Rahardjo, ST.MT. NIP197001152003121001</p>	<p><u>DHAIFAN ARDIANSYAH</u> 03111540000117</p>	<p>1: 100</p>	<p>Layout dan Potongan Melintang Emplasemen</p>			5
								JUMLAH GBR
								5

1+000.00



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

JUDUL TUGAS AKHIR
PERANCANGAN GEOMETRI JALAN REL
UNTUK REAKTIVASI JALUR KERETA API
PURWOKERTO - PURBALINGGA

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

NAMA MAHASISWA
DHAIFAN ARDIANSYAH
03111540000117

SKALA

JUDUL GAMBAR
Cross Section

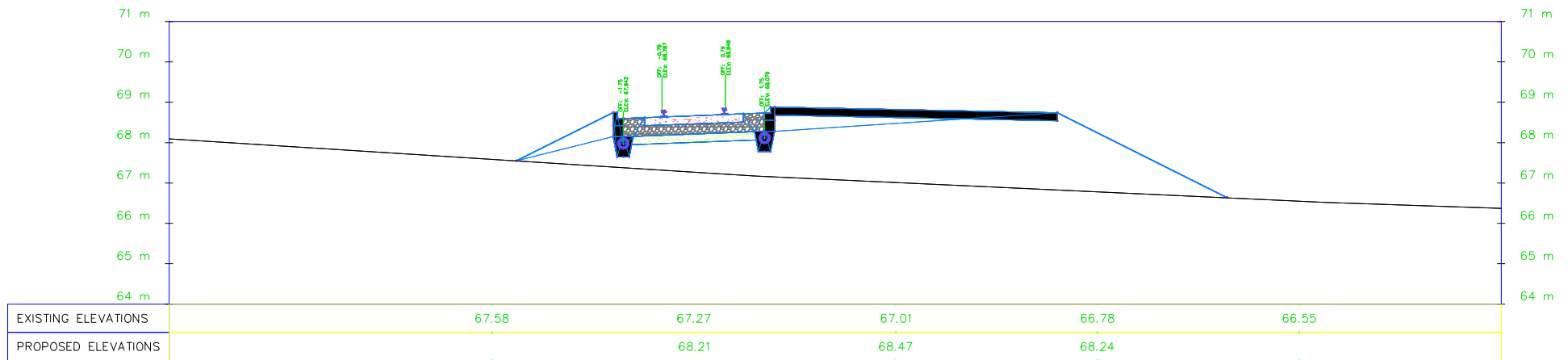
KETERANGAN

KODE GBR

NO. GBR

1
JUMLAH GBR
10

6+200.00



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

JUDUL TUGAS AKHIR
PERANCANGAN GEOMETRI JALAN REL
UNTUK REAKTIVASI JALUR KERETA API
PURWOKERTO - PURBALINGGA

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

NAMA MAHASISWA
DHAIFAN ARDIANSYAH
03111540000117

SKALA

JUDUL GAMBAR

Cross Section

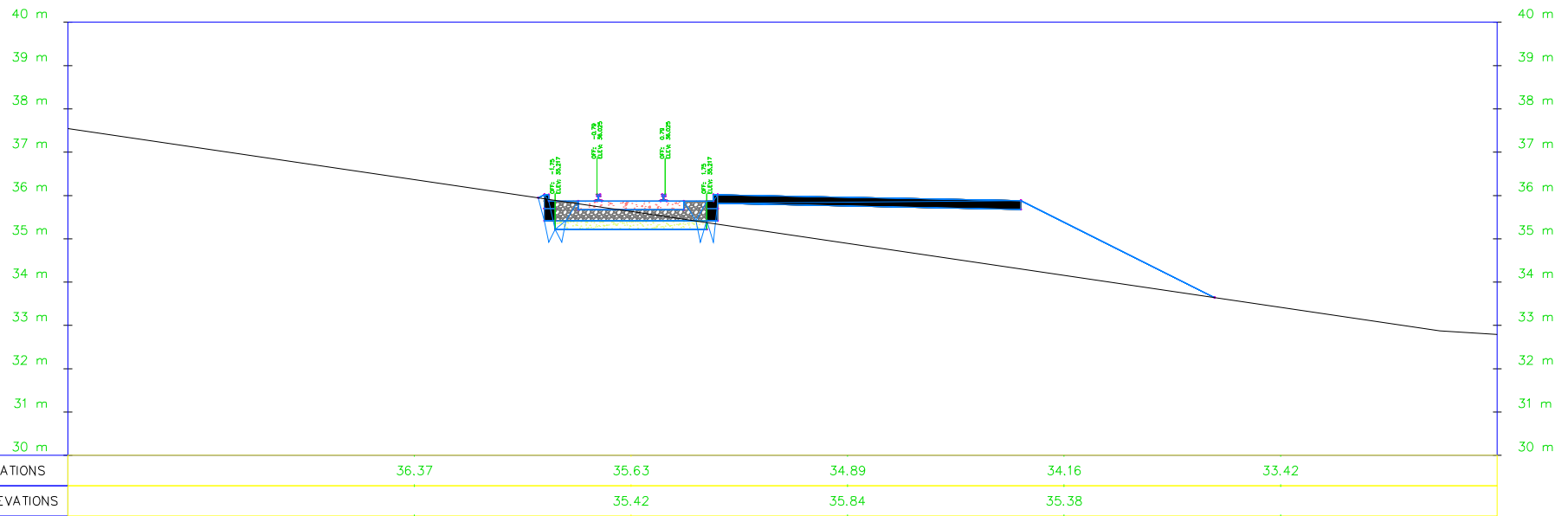
KETERANGAN

KODE GBR

NO. GBR

3
JUMLAH GBR
10

9+000.00



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

JUDUL TUGAS AKHIR
PERANCANGAN GEOMETRI JALAN REL
UNTUK REAKTIVASI JALUR KERETA API
PURWOKERTO - PURBALINGGA

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

NAMA MAHASISWA
DHAIFAN ARDIANSYAH
03111540000117

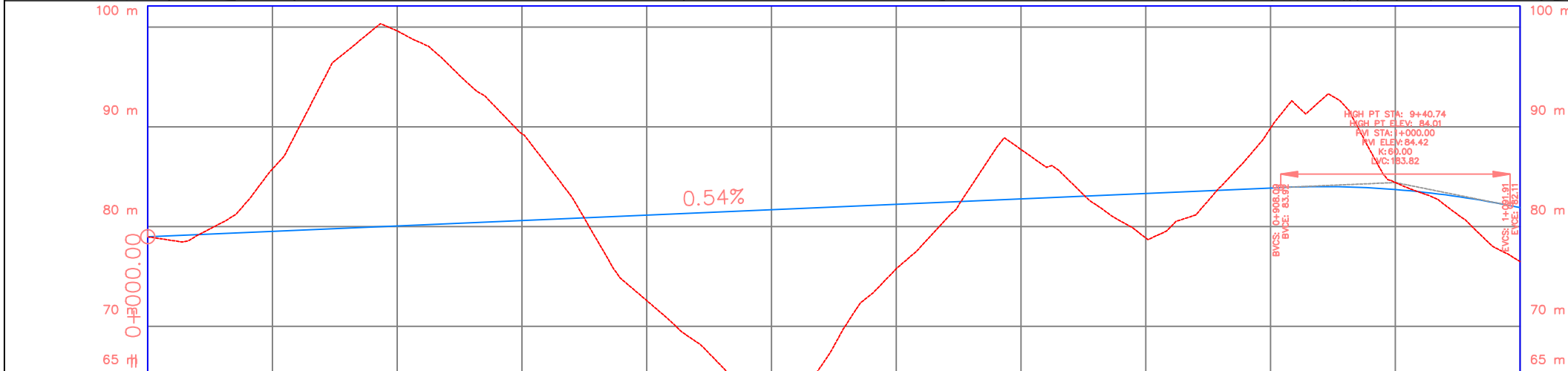
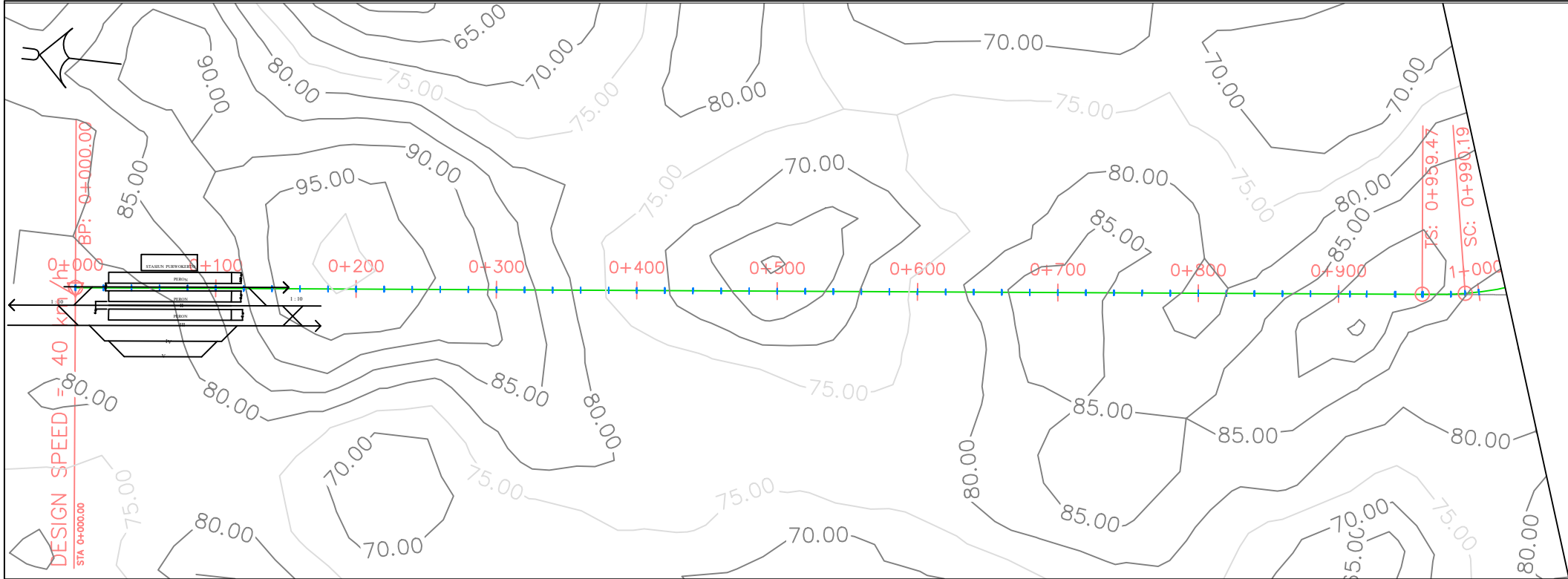
SKALA

JUDUL GAMBAR
Cross Section

KETERANGAN

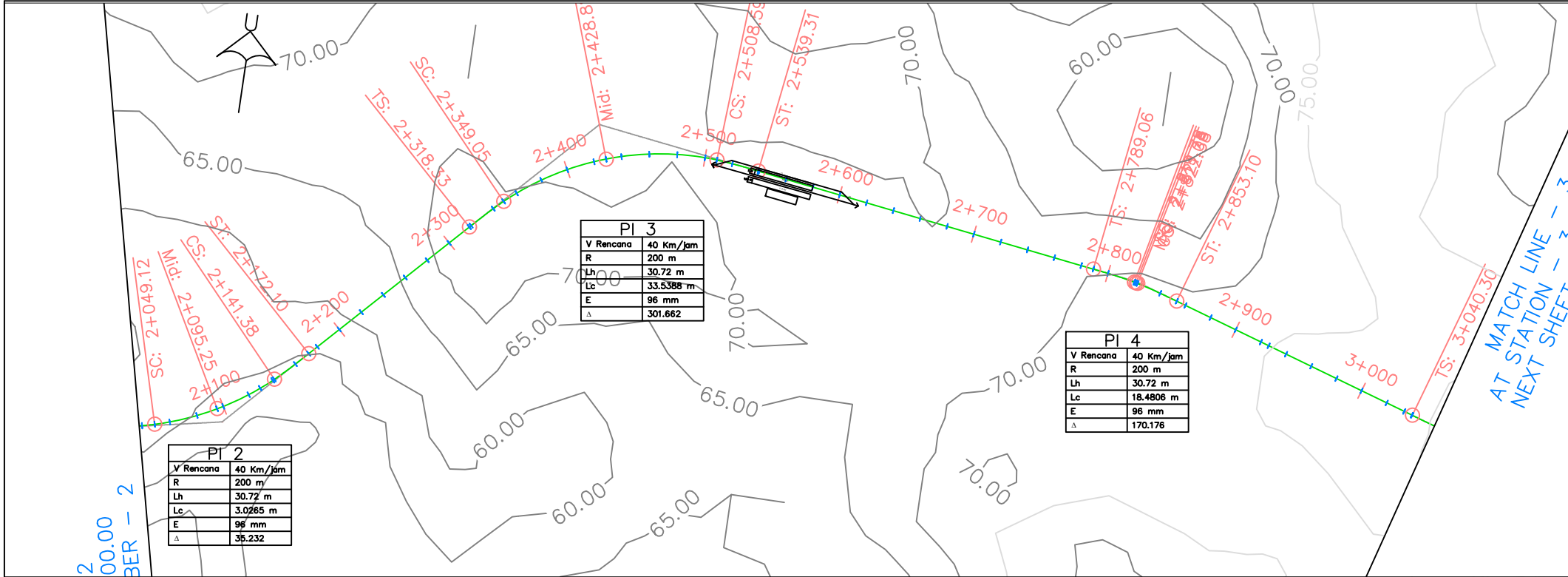
KODE GBR

NO. GBR
4
JUMLAH GBR
10



Existing Elevation	85.78	99.62	89.31	72.58	62.13	75.79	87.73	78.85	89.89	84.42
Purpose Elevation	79.525	80.069	80.613	81.157	81.701	82.245	82.790	83.334	83.878	83.718
STATION	0+100	0+200	0+300	0+400	0+500	0+600	0+700	0+800	0+900	1+000

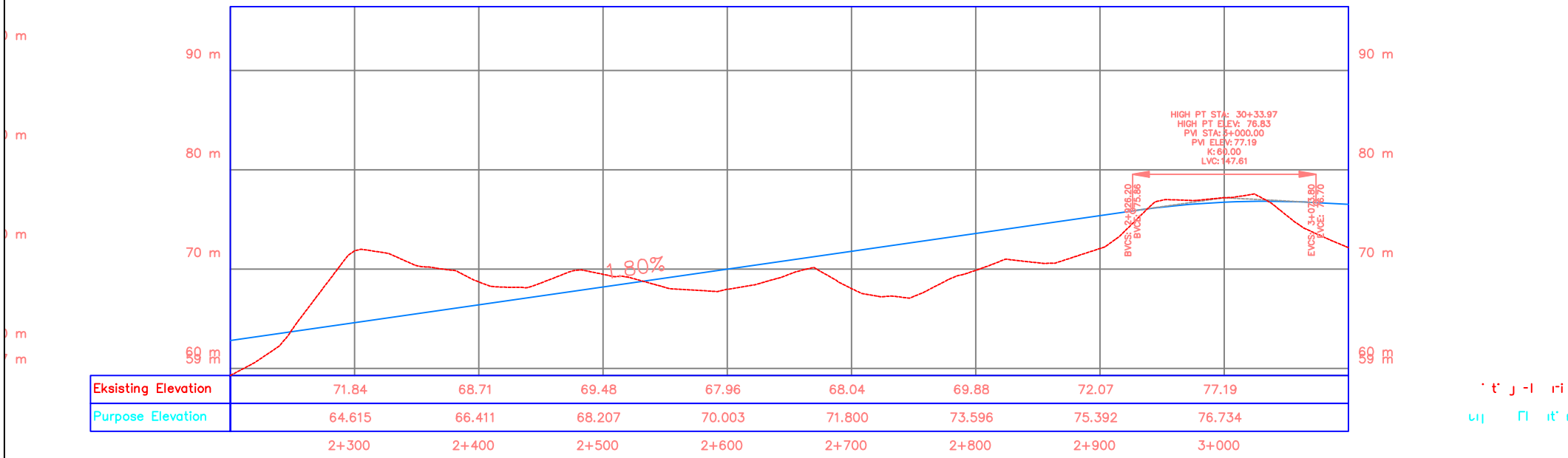
	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	SKALA	JUDUL GAMBAR	KETERANGAN	KODE GBR	NO. GBR
<p>DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER</p>	<p>PERENCANAAN GEOMETRI JALAN REL UNTUK REAKTIVASI JALUR KERETA API PURWOKERTO - PURBALINGGA</p>	<p>Ir. Wahyu Herijanto, MT. NIP196209061989031012 Budi Rahardjo, ST, MT. NIP197001152003121001</p>	<p>Dhaifan Ardiansyah 03111540000117</p>	<p>Horizontal 1 : 400 Vertikal 1 : 500</p>	<p>Plan and Profile</p>			1
								JUMLAH GBR
								21




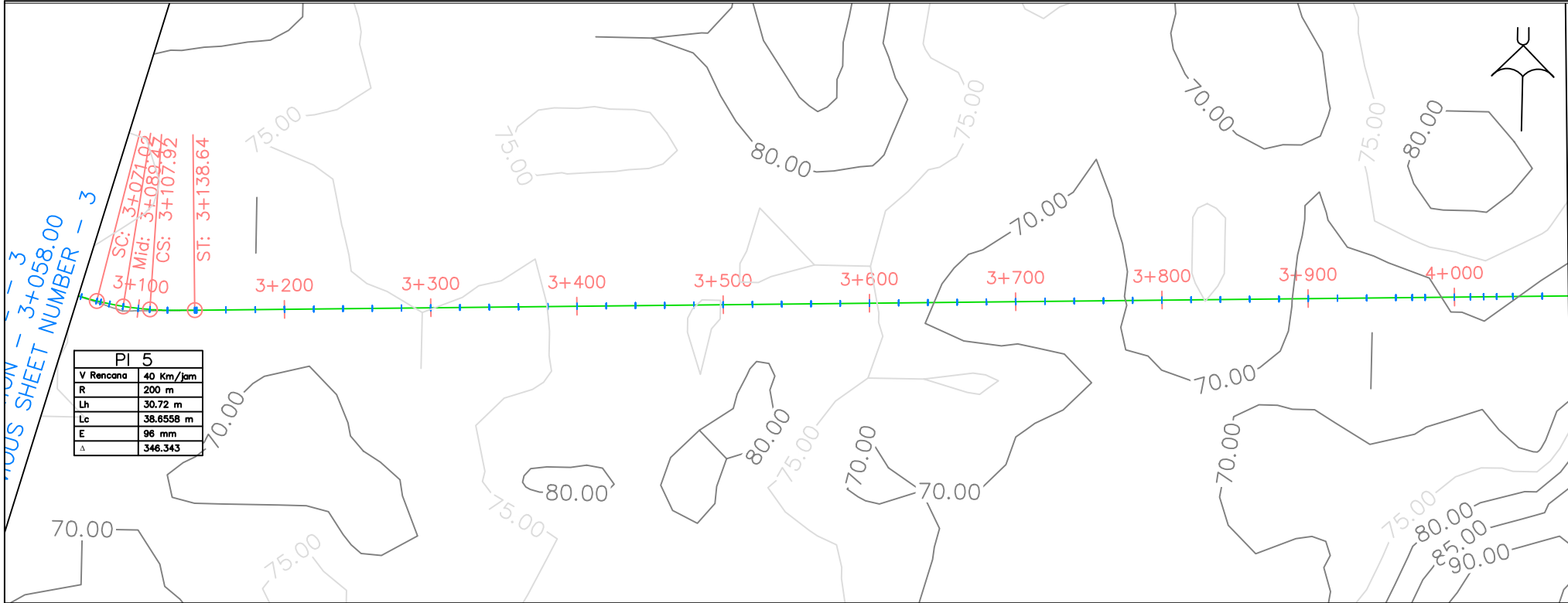
PI 2	
V Rencana	40 Km/jam
R	200 m
Lh	30.72 m
Lc	3.0265 m
E	96 mm
Δ	35.232

PI 3	
V Rencana	40 Km/jam
R	200 m
Lh	30.72 m
Lc	33.5388 m
E	96 mm
Δ	301.662

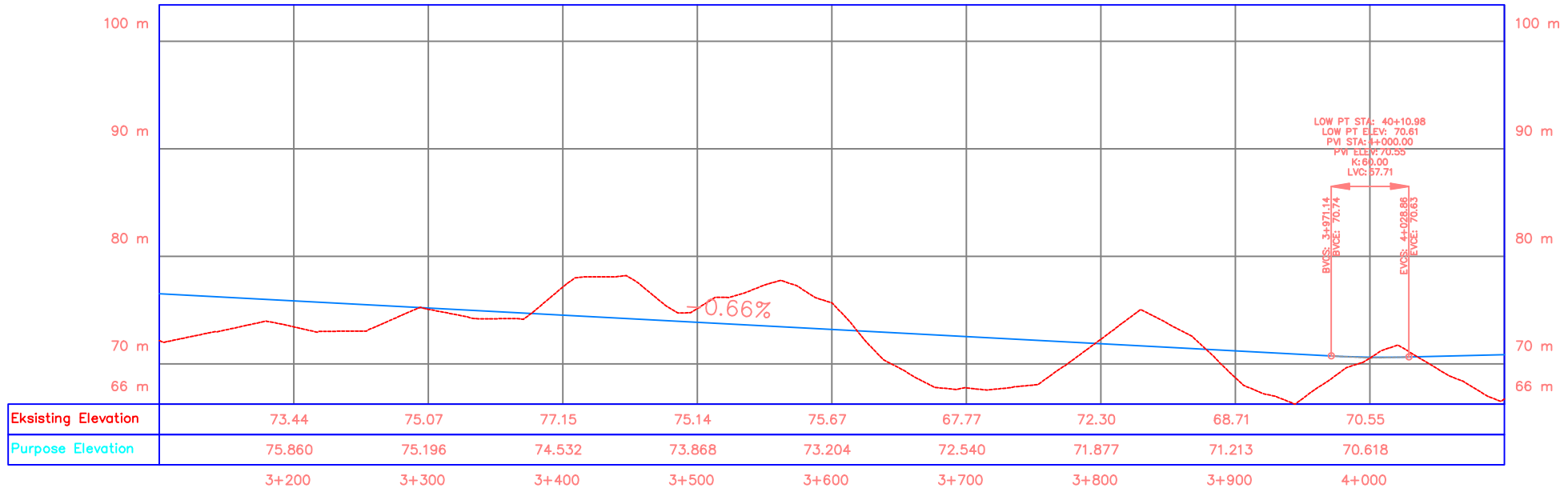
PI 4	
V Rencana	40 Km/jam
R	200 m
Lh	30.72 m
Lc	18.4806 m
E	96 mm
Δ	170.176




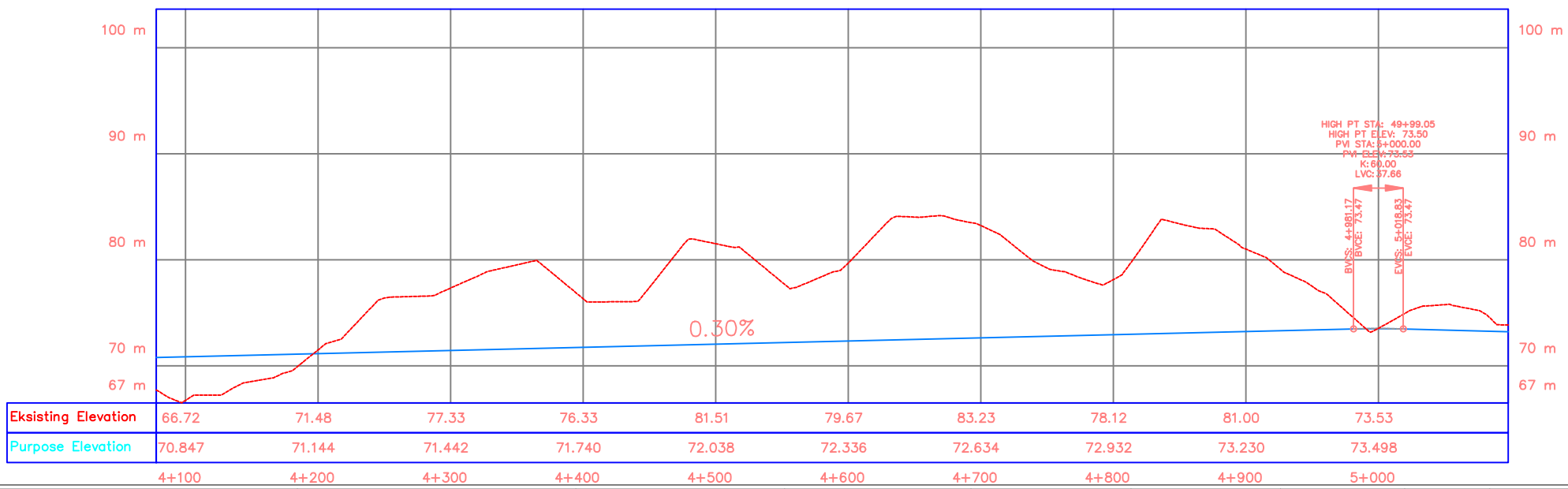
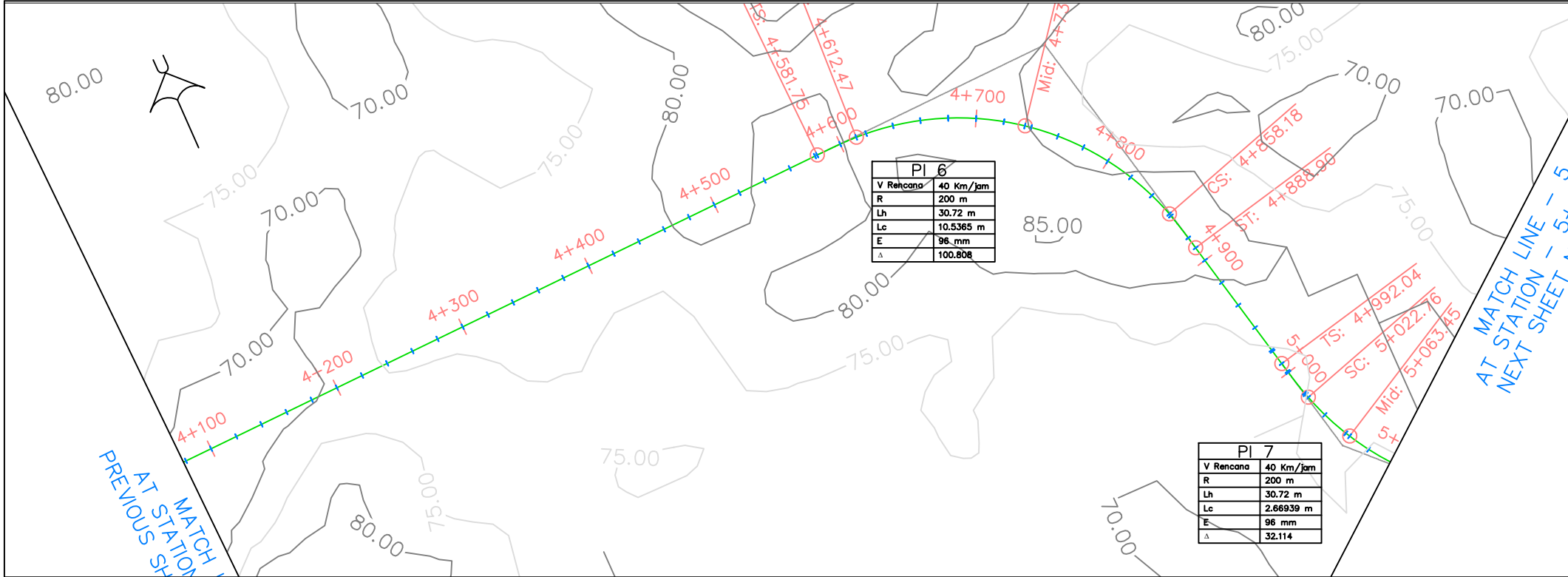
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	SKALA	JUDUL GAMBAR	KETERANGAN	KODE GBR	NO. GBR
	PERENCANAAN GEOMETRI JALAN REL UNTUK REAKTIVASI JALUR KERETA API PURWOKERTO - PURBALINGGA	Ir. Wahyu Herijanto, MT. NIP196209061989031012 Budi Rahardjo, ST, MT. NIP197001152003121001	Dhaifan Ardiansyah 03111540000117	Horizontal 1 : 400 Vertikal 1 : 500	Plan and Profile			




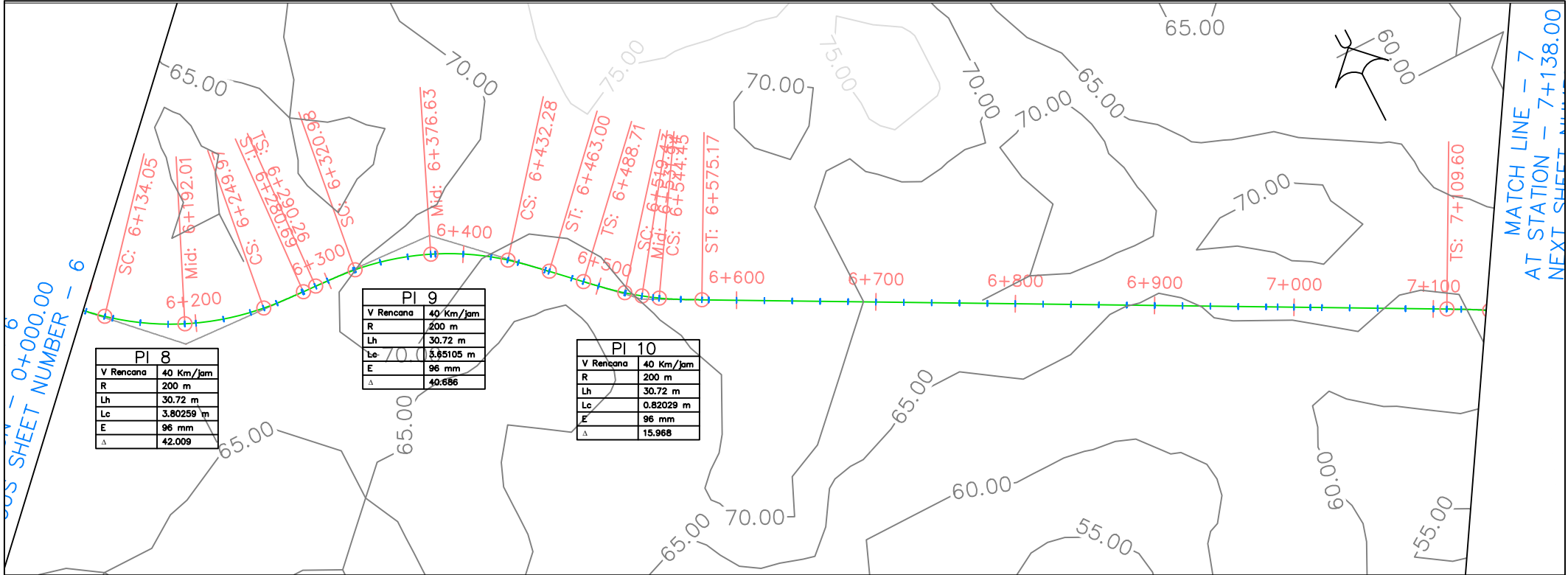
PI 5	
V Rencana	40 Km/jam
R	200 m
Lh	30.72 m
Lc	38.6558 m
E	96 mm
Δ	346.343



 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	SKALA	JUDUL GAMBAR	KETERANGAN	KODE GBR	NO. GBR
	PERENCANAAN GEOMETRI JALAN REL UNTUK REAKTIVASI JALUR KERETA API PURWOKERTO - PURBALINGGA	Ir. Wahyu Herjanto, MT. NIP196209061989031012 Budi Rahardjo., ST, MT. NIP197001152003121001	Dhaifan Ardiansyah 03111540000117	Horizontal 1 : 400 Vertikal 1 : 500	Plan and Profile			4
								JUMLAH GBR
								21



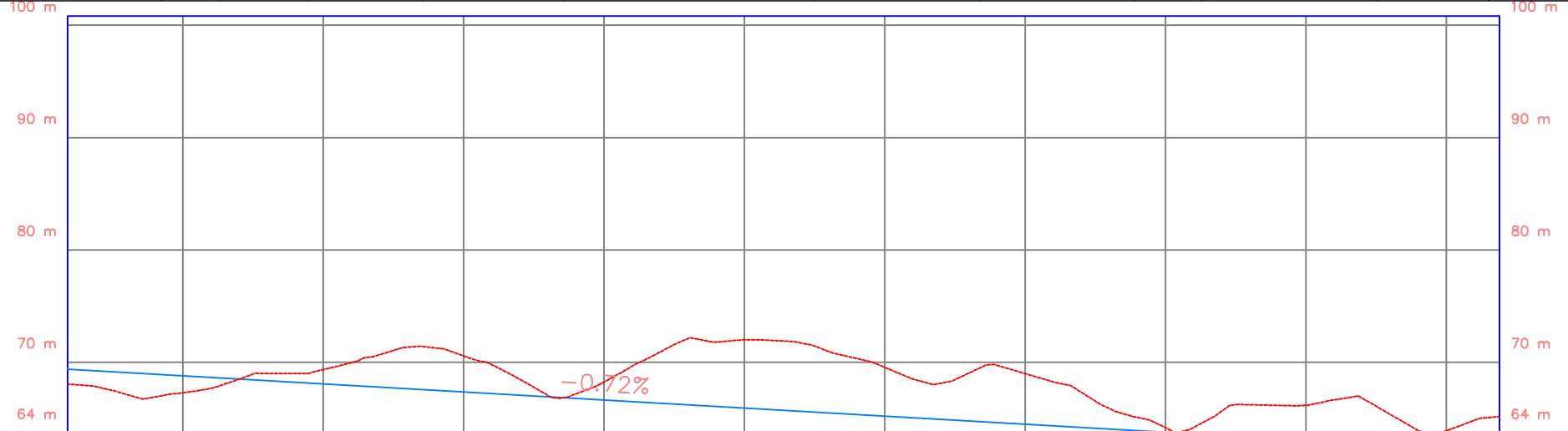
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	SKALA	JUDUL GAMBAR	KETERANGAN	KODE GBR	NO. GBR	
	PERENCANAAN GEOMETRI JALAN REL UNTUK REAKTIVASI JALUR KERETA API PURWOKERTO - PURBALINGGA	Ir. Wahyu Herijanto, MT. NIP196209061989031012 Budi Rahardjo., ST, MT. NIP197001152003121001	<u>Dhaifan Ardiansyah</u> 03111540000117	Horizontal 1 : 4000 Vertikal 1 : 500	Plan and Profile				5
									JUMLAH GBR 21



PI 8	
V Rencana	40 Km/jam
R	200 m
Lh	30.72 m
Lc	3.80259 m
E	96 mm
Δ	42.009

PI 9	
V Rencana	40 Km/jam
R	200 m
Lh	30.72 m
Lc	3.85105 m
E	96 mm
Δ	40.686

PI 10	
V Rencana	40 Km/jam
R	200 m
Lh	30.72 m
Lc	0.82029 m
E	96 mm
Δ	15.968



Eksisting Elevation	67.27	69.34	70.54	68.23	72.00	69.54	68.98	64.16	66.16	63.89
Purpose Elevation	68.790	68.070	67.349	66.629	65.909	65.189	64.468	63.748	63.039	62.699
	6+200	6+300	6+400	6+500	6+600	6+700	6+800	6+900	7+000	7+100



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

JUDUL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN GEOMETRI JALAN REL
UNTUK REAKTIVASI JALUR KERETA API
PURWOKERTO - PURBALINGGA

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

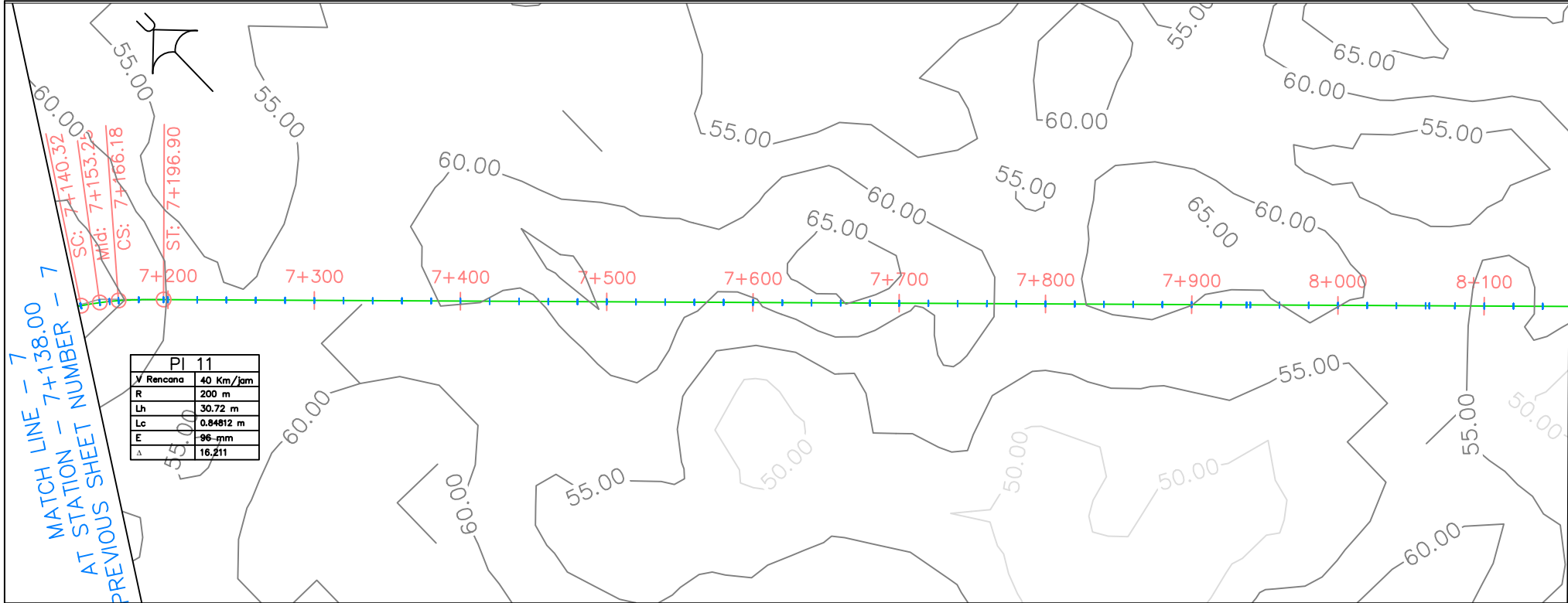
NAMA MAHASISWA
Dhaifan Ardiansyah
03111540000117

SKALA
Horizontal 1 : 400
Vertikal 1 : 500

JUDUL GAMBAR
Plan and Profile

KETERANGAN
KODE GBR
NO. GBR

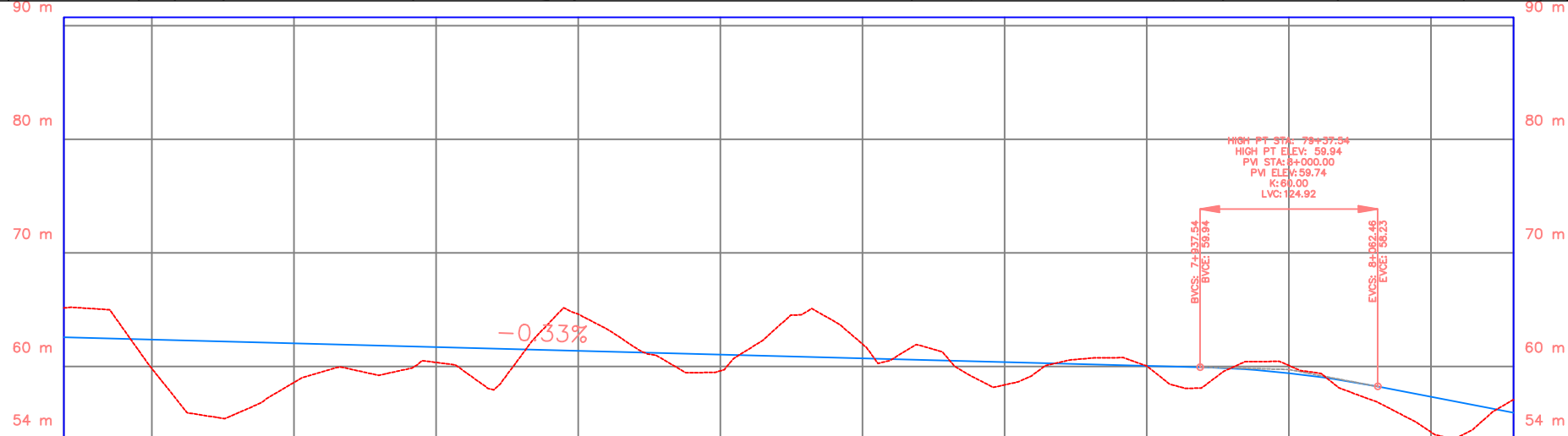
7
JUMLAH GBR
21




PI 11	
V Rencana	40 Km/jam
R	200 m
Lh	30.72 m
Lc	0.84812 m
E	96 mm
A	16.211

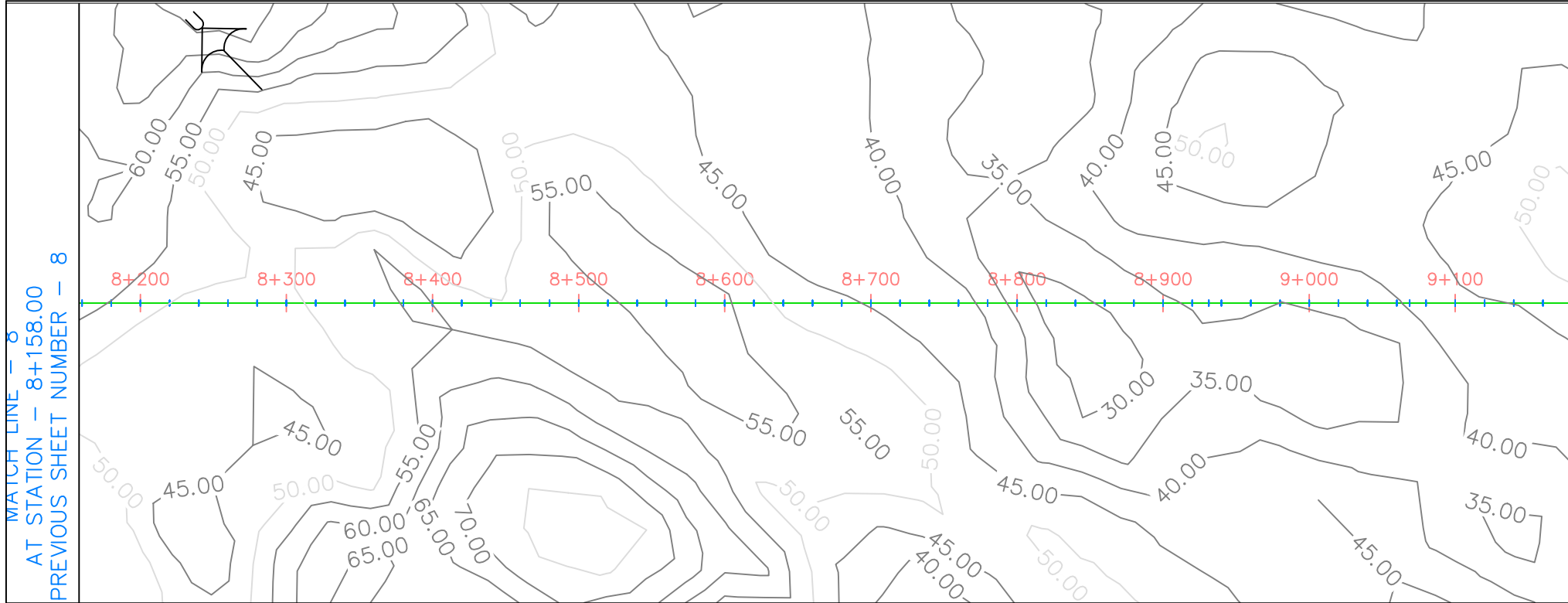
MATCH LINE - 7
 AT STATION - 7+138.00
 PREVIOUS SHEET NUMBER - 7

MATCH LINE - 8
 AT STATION - 8+158.00
 NEXT SHEET NUMBER - 8



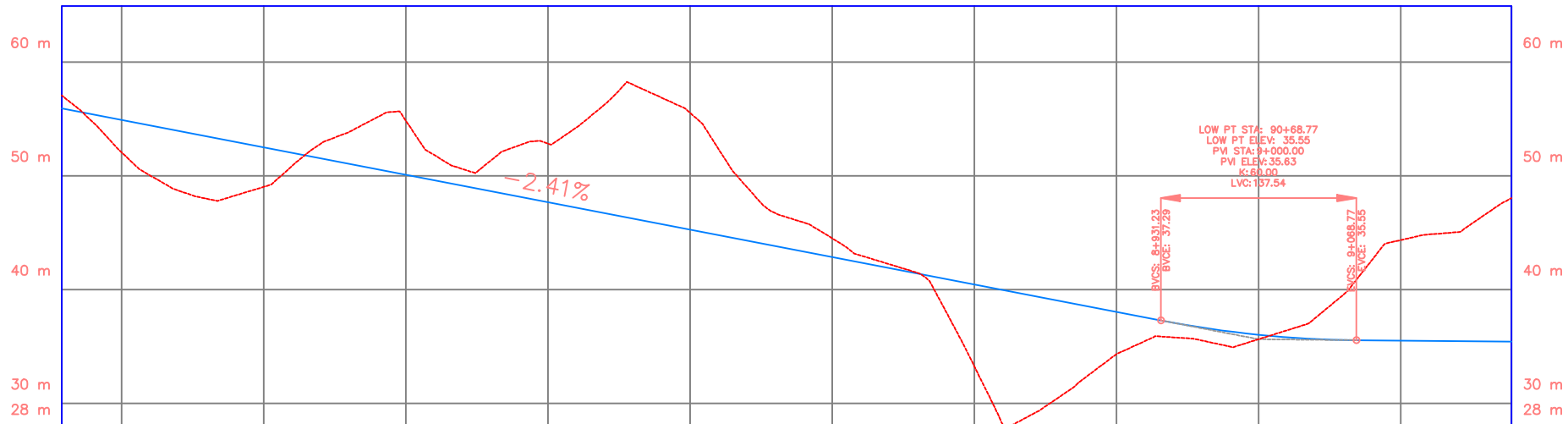
Eksisting Elevation	59.82	58.60	60.36	64.61	59.62	61.97	58.39	60.05	60.09	54.23
Purpose Elevation	62.370	62.041	61.712	61.384	61.055	60.726	60.397	60.068	59.414	57.328
	7+200	7+300	7+400	7+500	7+600	7+700	7+800	7+900	8+000	8+100

 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	SKALA	JUDUL GAMBAR	KETERANGAN	KODE GBR	NO. GBR	
	PERENCANAAN GEOMETRI JALAN REL UNTUK REAKTIVASI JALUR KERETA API PURWOKERTO - PURBALINGGA	Ir. Wahyu Herijanto, MT. NIP196209061989031012 Budi Rahardjo., ST., MT. NIP197001152003121001	Dhaifan Ardiansyah 03111540000117	Horizontal 1 : 4000 Vertikal 1 : 500	Plan and Profile				8
									JUMLAH GBR 21



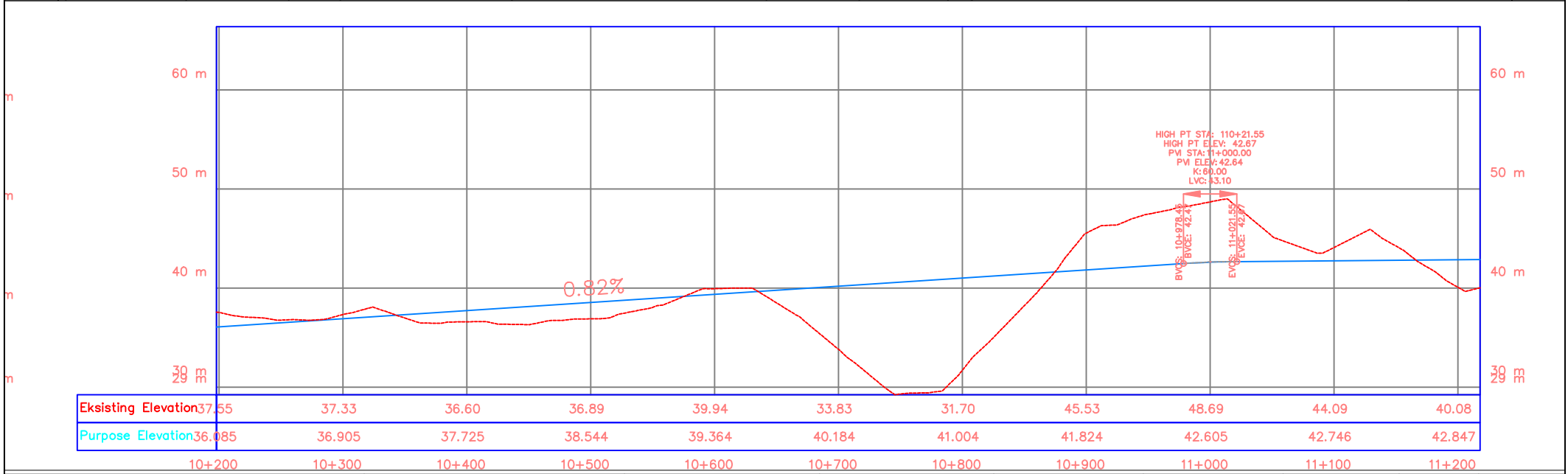
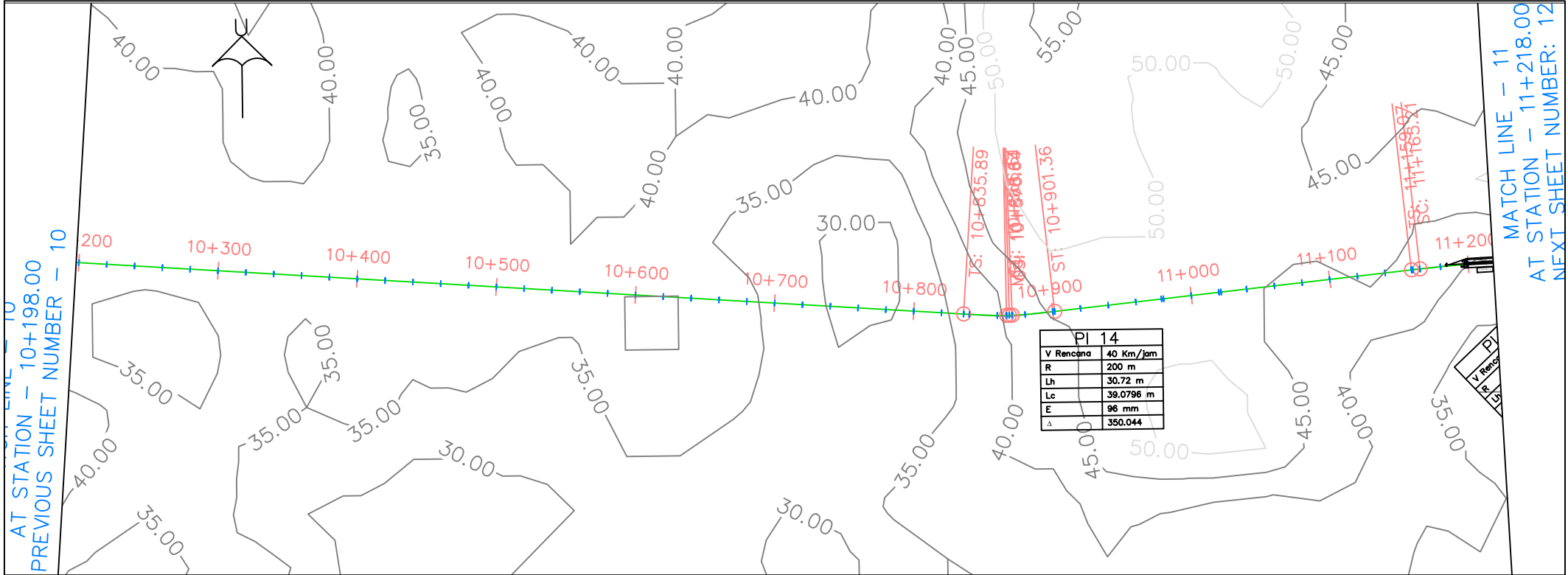
MATCH LINE - 8
 AT STATION - 8+158.00
 PREVIOUS SHEET NUMBER - 8


MATCH LINE - 9
 AT STATION - 9+178.00
 NEXT SHEET NUMBER - 10

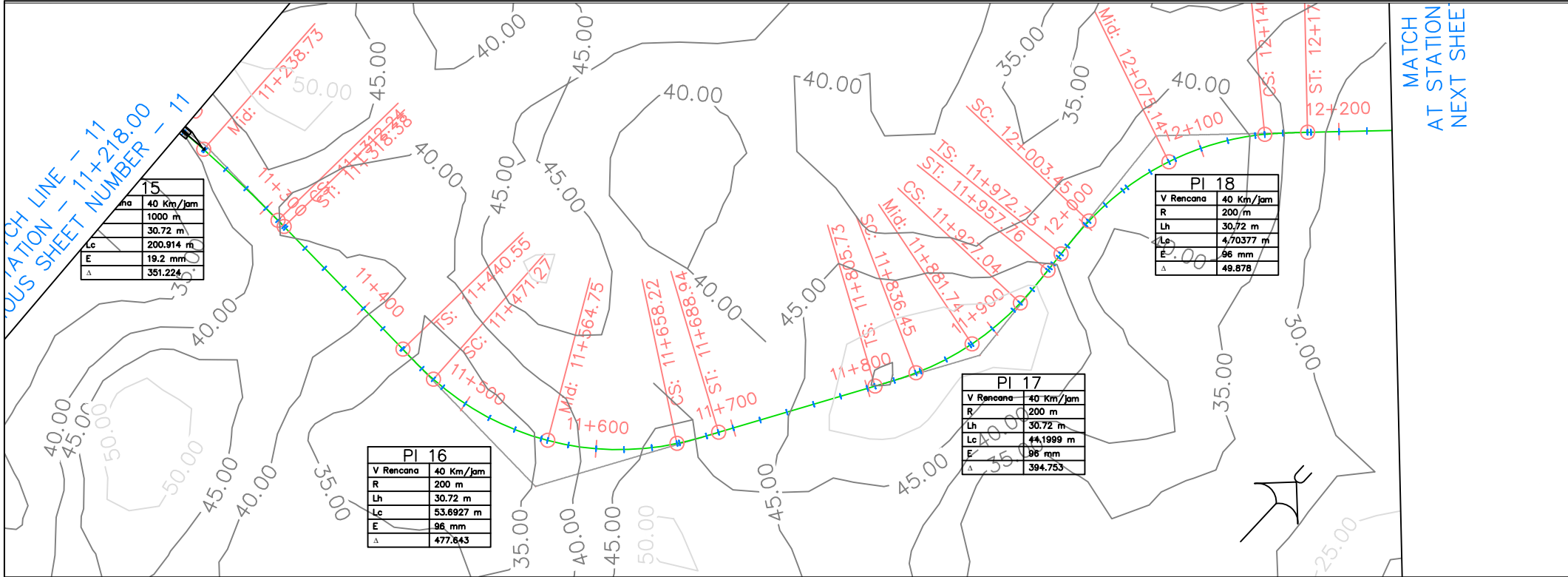


Ekisting Elevation	52.06	49.02	54.85	52.82	55.53	44.51	33.26	34.32	35.63	44.34
Purpose Elevation	54.917	52.506	50.096	47.685	45.274	42.863	40.452	38.041	36.025	35.512
	8+200	8+300	8+400	8+500	8+600	8+700	8+800	8+900	9+000	9+100

	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	SKALA	JUDUL GAMBAR	KETERANGAN	KODE GBR	NO. GBR
		PERENCANAAN GEOMETRI JALAN REL UNTUK REAKTIVASI JALUR KERETA API PURWOKERTO - PURBALINGGA	Ir. Wahyu Herijanto, MT. NIP196209061989031012 Budi Rahardjo, ST, MT. NIP197001152003121001	<u>Dhaifan Ardiansyah</u> 03111540000117	Horizontal 1 : 400 Vertikal 1 : 500	<u>Plan and Profile</u>			9 JUMLAH GBR 21



 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	SKALA	JUDUL GAMBAR	KETERANGAN	KODE GBR	NO. GBR	
	PERENCANAAN GEOMETRI JALAN REL UNTUK REAKTIVASI JALUR KERETA API PURWOKERTO - PURBALINGGA	Ir. Wahyu Herijanto, MT. NIP196209061989031012 Budi Rahardjo., ST, MT. NIP197001152003121001	Dhaifan Ardiansyah 0311154000117	Horizontal 1 : 400 Vertikal 1 : 500	Plan and Profile				11
									JUMLAH GBR 21



PI 15	
V Rencana	40 Km/jam
R	1000 m
Lh	30.72 m
Lc	200.914 m
E	19.2 mm
A	351.224

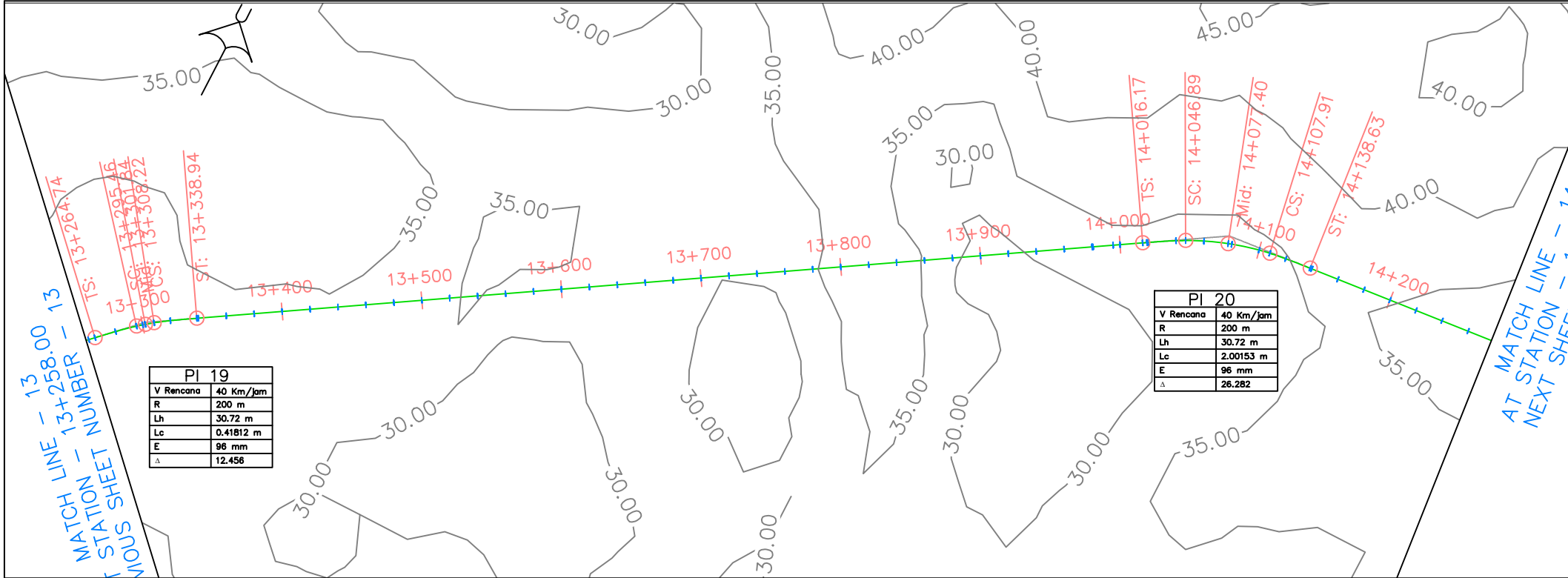
PI 16	
V Rencana	40 Km/jam
R	200 m
Lh	30.72 m
Lc	53.6927 m
E	96 mm
A	477.643

PI 17	
V Rencana	40 Km/jam
R	200 m
Lh	30.72 m
Lc	44.1999 m
E	96 mm
A	394.753

PI 18	
V Rencana	40 Km/jam
R	200 m
Lh	30.72 m
Lc	4.70377 m
E	96 mm
A	49.878

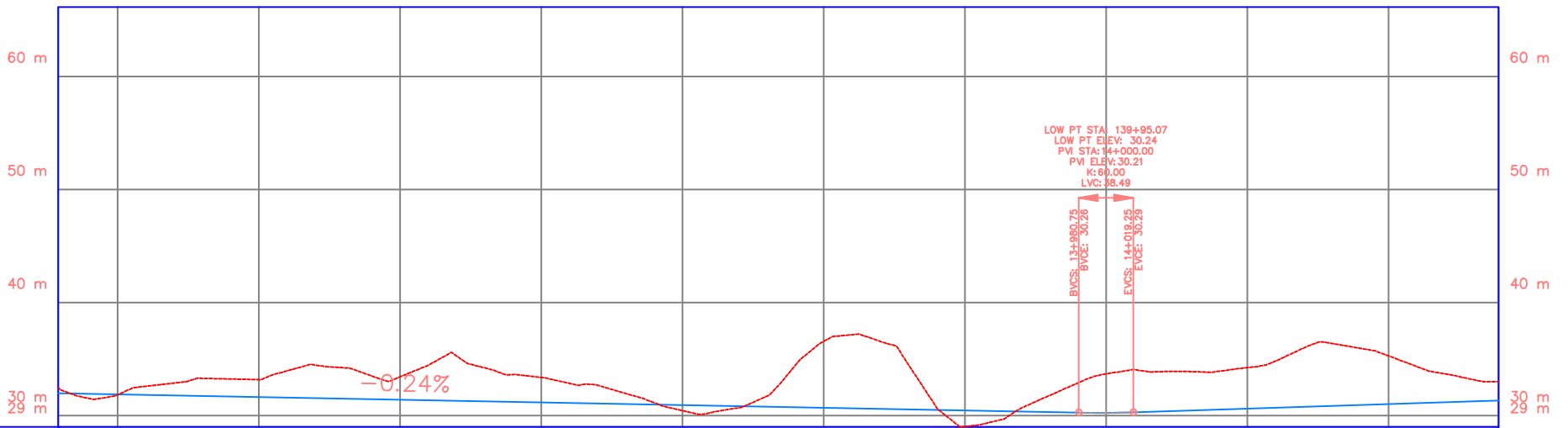


	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	JUDUL TUGAS AKHIR PERENCANAAN GEOMETRI JALAN REL UNTUK REAKTIVASI JALUR KERETA API PURWOKERTO - PURBALINGGA	DOSEN PEMBIMBING Ir. Wahyu Herijanto, MT. NIP196209061989031012 Budi Rahardjo., ST, MT. NIP197001152003121001	NAMA MAHASISWA Dhaifan Ardiansyah 03111540000117	SKALA Horizontal 1 : 400 Vertikal 1 : 500	JUDUL GAMBAR Plan and Profile	KETERANGAN	KODE GBR	NO. GBR 12	
										JUMLAH GBR 21



PI 19	
V Rencana	40 Km/jam
R	200 m
Lh	30.72 m
Lc	0.41812 m
E	96 mm
A	12.456

PI 20	
V Rencana	40 Km/jam
R	200 m
Lh	30.72 m
Lc	2.00153 m
E	96 mm
A	26.282

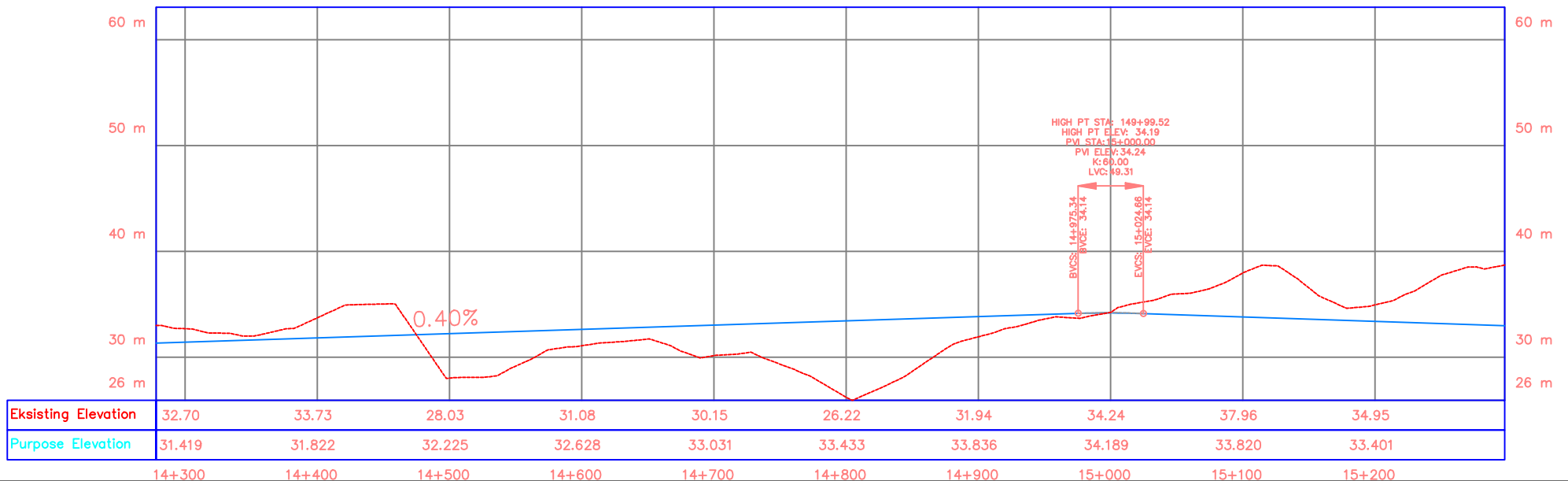
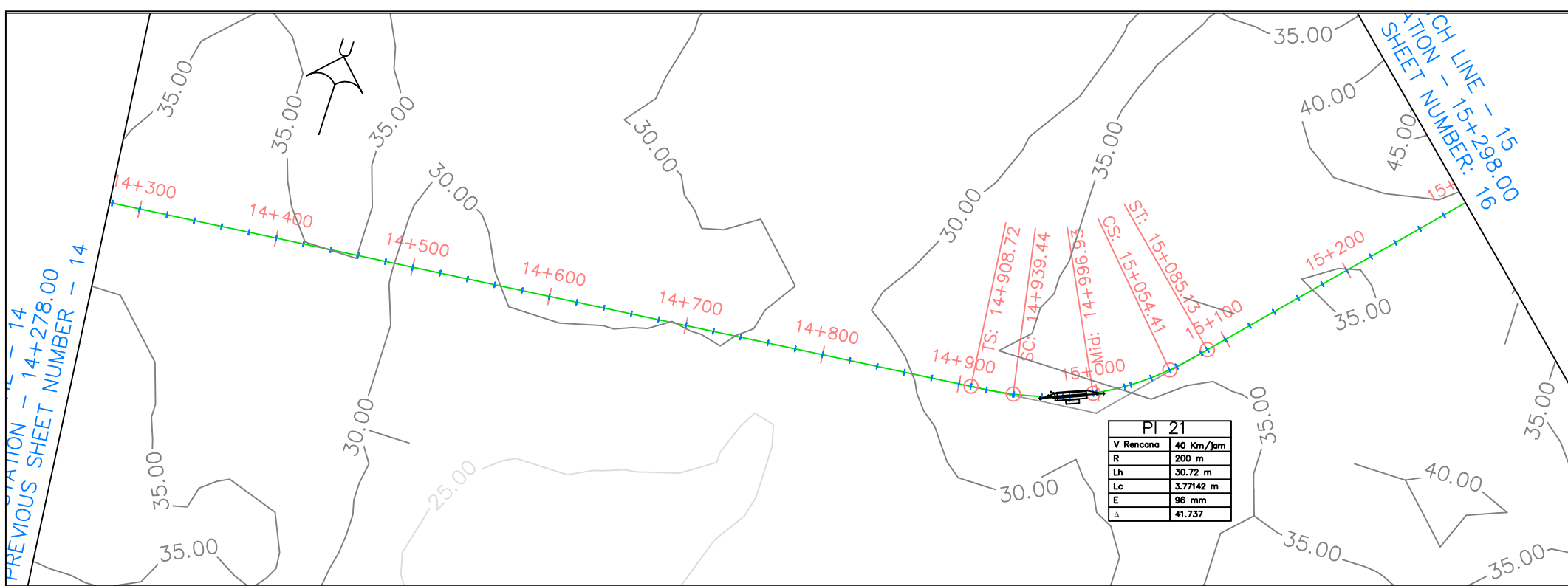


Eksisting Elevation	31.83	33.18	33.42	33.38	30.44	36.57	29.04	33.69	34.25	35.28
Purpose Elevation	31.880	31.642	31.403	31.164	30.926	30.687	30.449	30.241	30.613	31.016
	13+300	13+400	13+500	13+600	13+700	13+800	13+900	14+000	14+100	14+200



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

JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	SKALA	JUDUL GAMBAR	KETERANGAN	KODE GBR	NO. GBR	
PERENCANAAN GEOMETRI JALAN REL UNTUK REAKTIVASI JALUR KERETA API PURWOKERTO - PURBALINGGA	Ir. Wahyu Herijanto, MT. NIP196209061989031012 Budi Rahardjo., ST, MT. NIP197001152003121001	Dhaifan Ardiansyah 03111540000117	Horizontal 1 : 400 Vertikal 1 : 500	Plan and Profile			14	
							JUMLAH GBR	14
								21



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

JUDUL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN GEOMETRI JALAN REL
UNTUK REAKTIVASI JALUR KERETA API
PURWOKERTO - PURBALINGGA

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

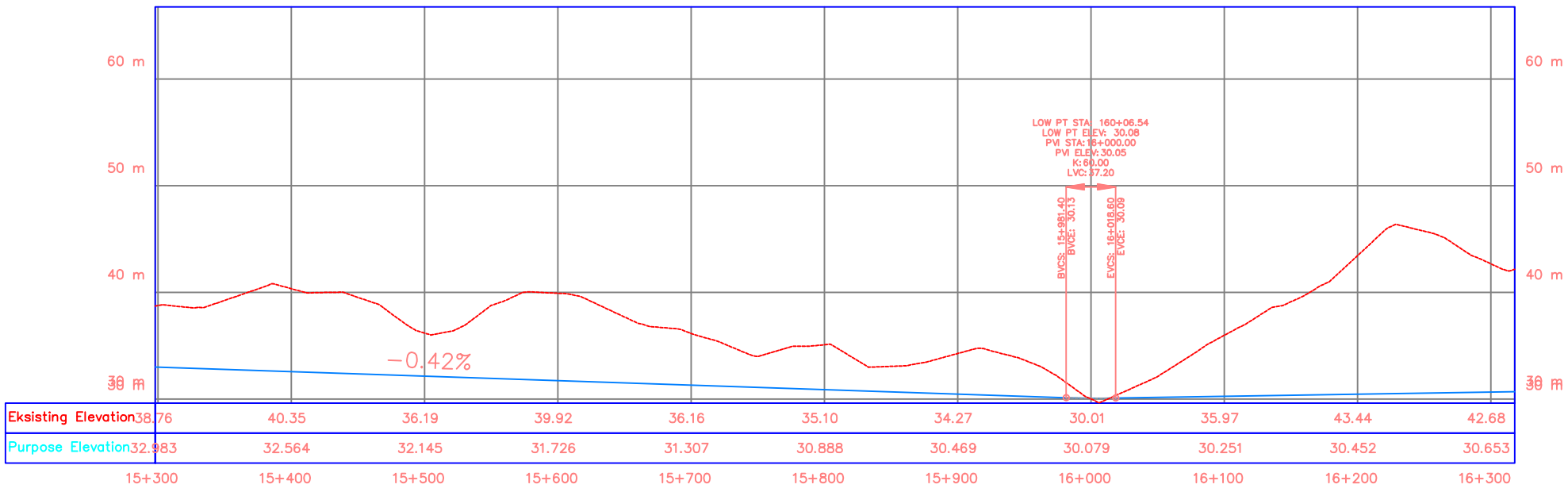
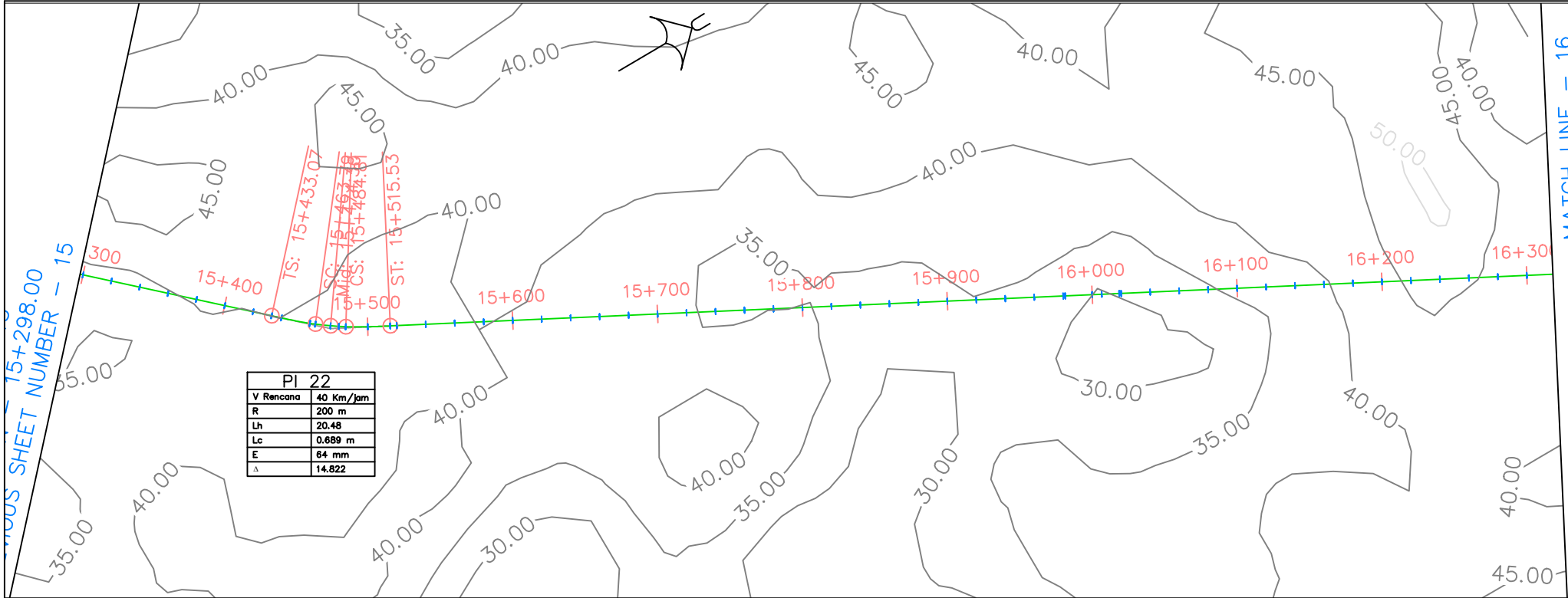
NAMA MAHASISWA
Dhaifan Ardiansyah
03111540000117

SKALA
Horizontal 1 : 4000
Vertikal 1 : 500

JUDUL GAMBAR
Plan and Profile

KETERANGAN
KODE GBR
NO. GBR

15
JUMLAH GBR
21



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

JUDUL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN GEOMETRI JALAN REL
UNTUK REAKTIVASI JALUR KERETA API
PURWOKERTO - PURBALINGGA

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

NAMA MAHASISWA
Dhaifan Ardiansyah
03111540000117

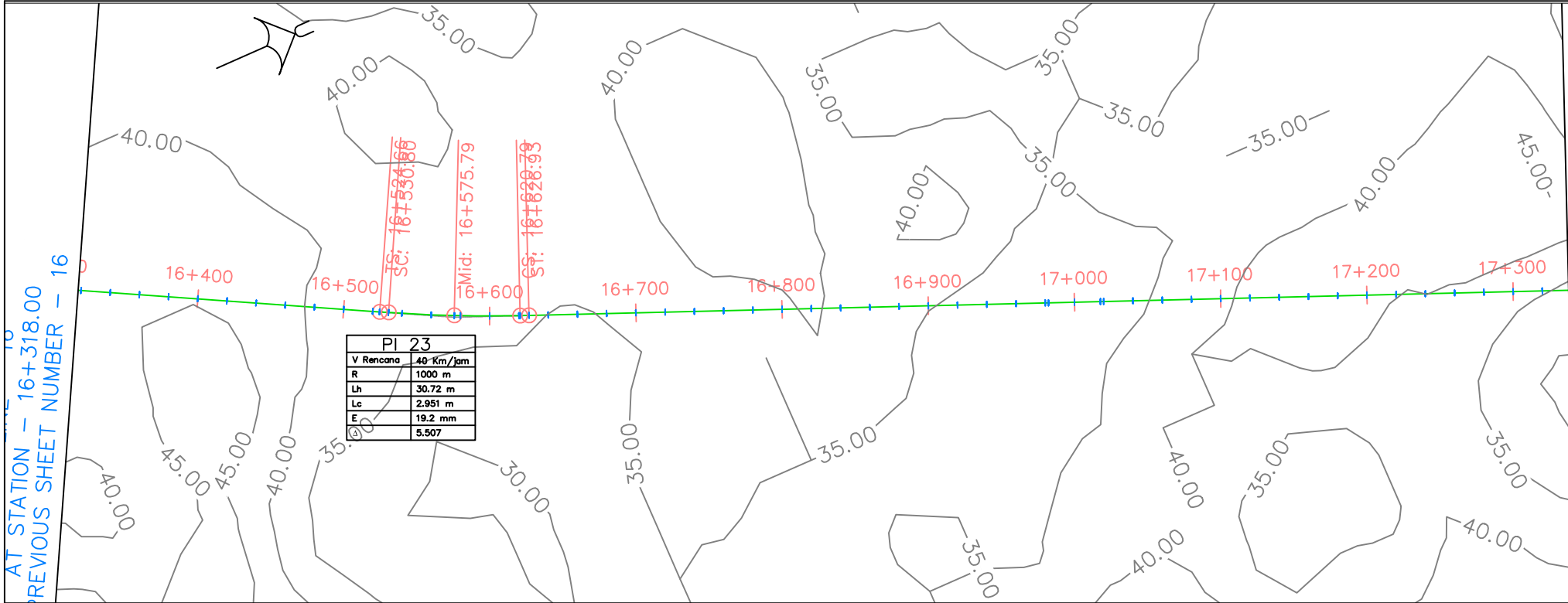
SKALA
Horizontal 1 : 400
Vertikal 1 : 500

JUDUL GAMBAR
Plan and Profile

KETERANGAN


KODE GBR

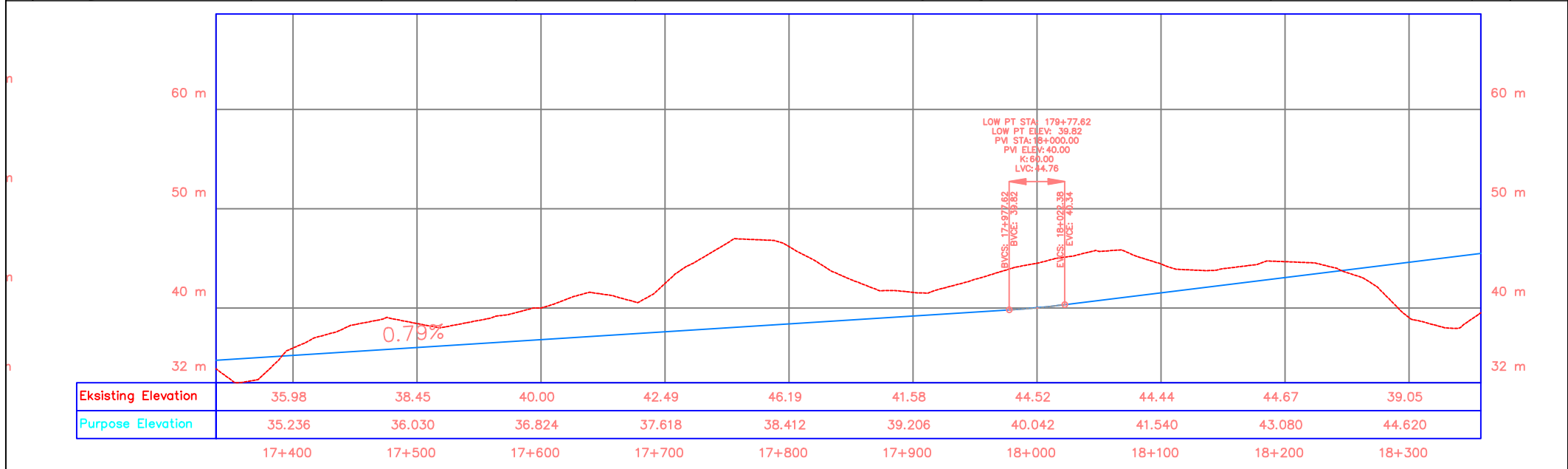
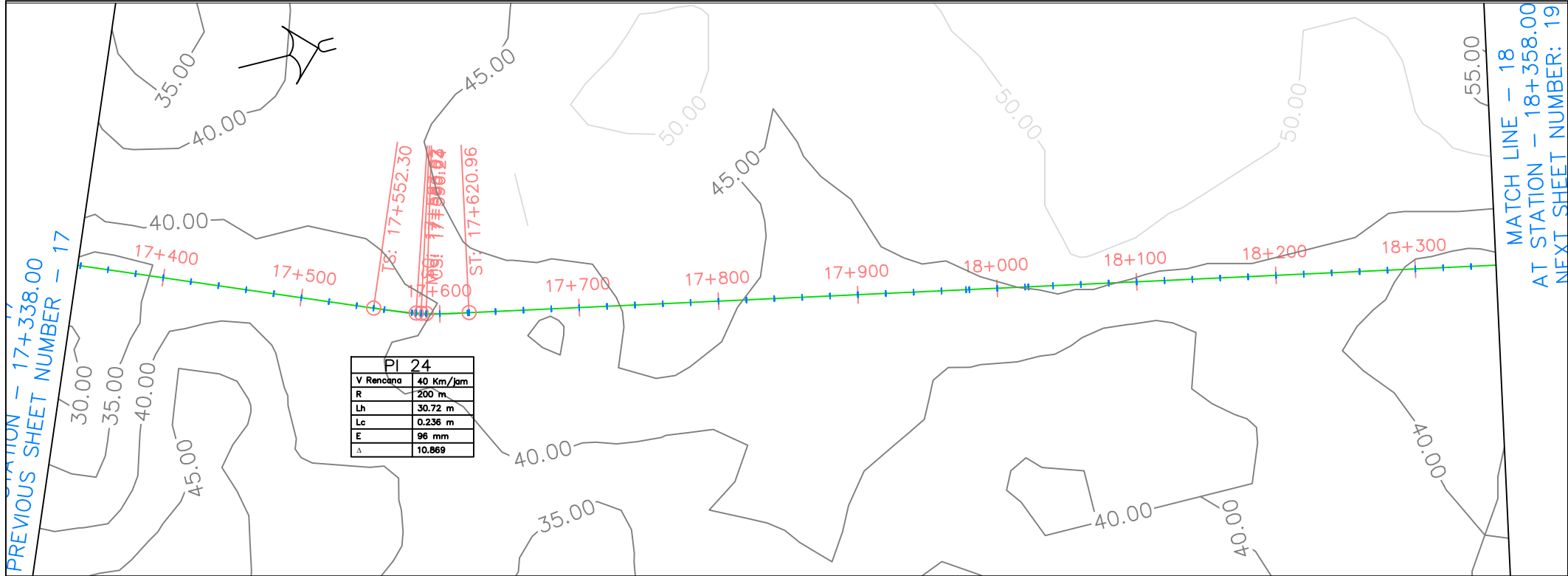
NO. GBR
16
JUMLAH GBR
21




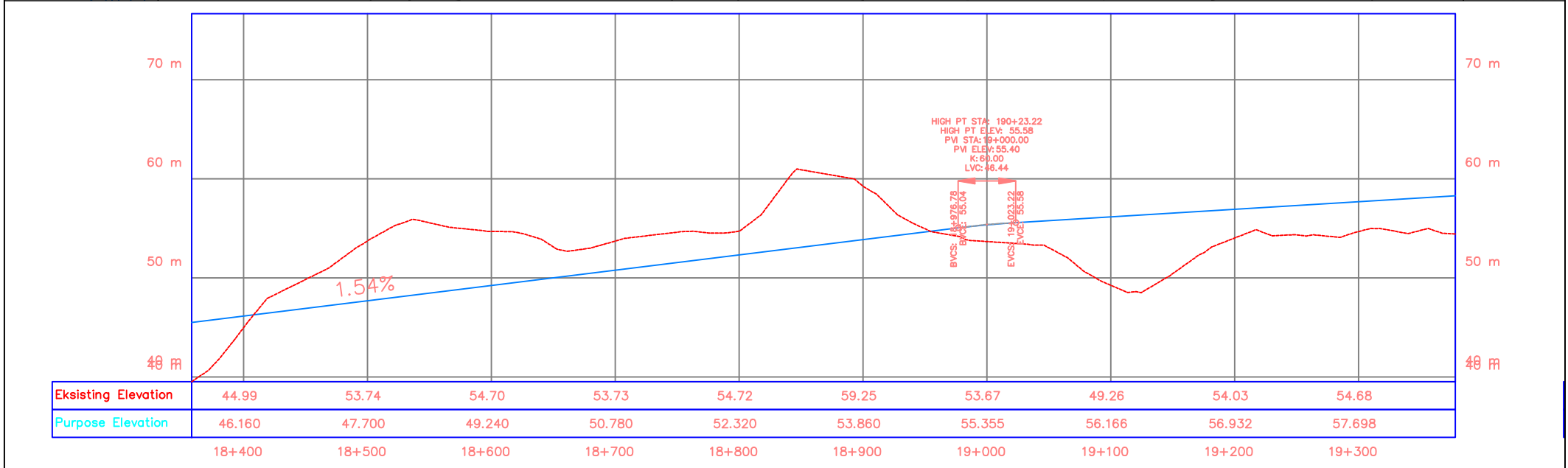
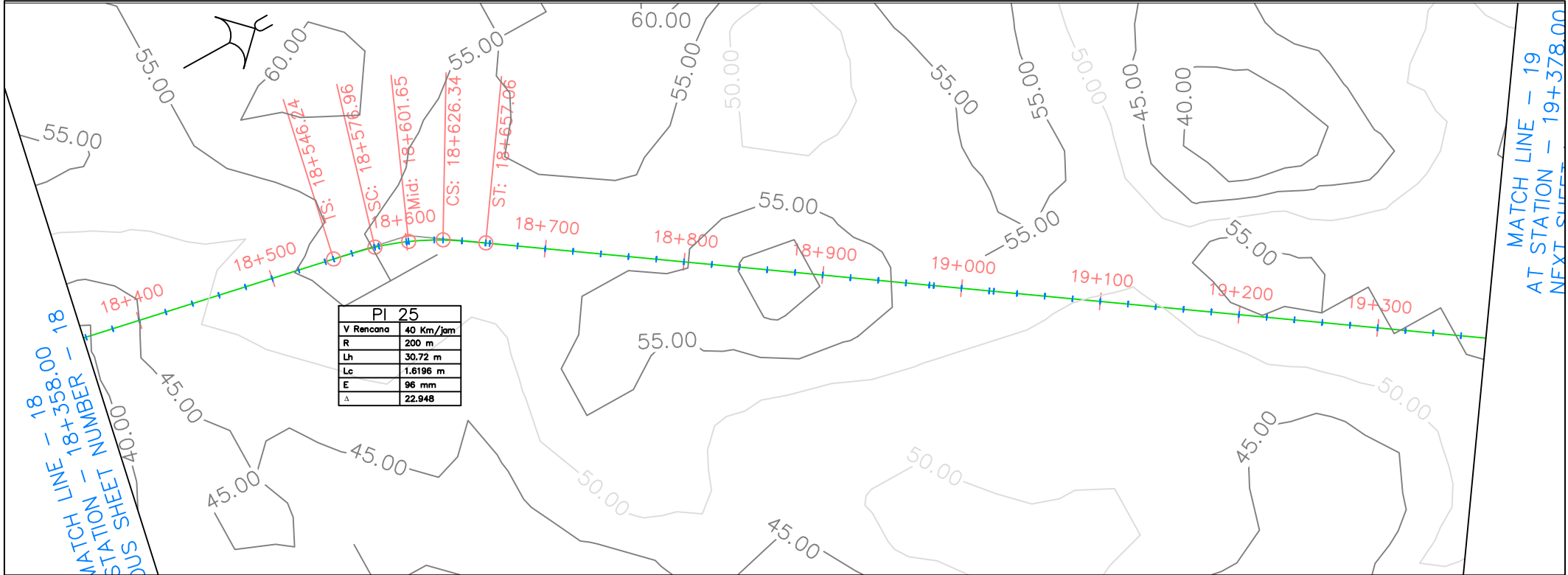
MATCH LINE - 17
 AT STATION - 17+338.00
 NEXT SHEET NUMBER: 18




 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	SKALA	JUDUL GAMBAR	KETERANGAN	KODE GBR	NO. GBR
	PERENCANAAN GEOMETRI JALAN REL UNTUK REAKTIVASI JALUR KERETA API PURWOKERTO - PURBALINGGA	<u>Ir. Wahyu Herijanto, MT.</u> NIP196209061989031012 <u>Budi Rahardjo., ST, MT.</u> NIP197001152003121001	<u>Dhaifan Ardiansyah</u> 03111540000117	Horizontal 1 : 4000 Vertikal 1 : 500	Plan and Profile			17
								JUMLAH GBR

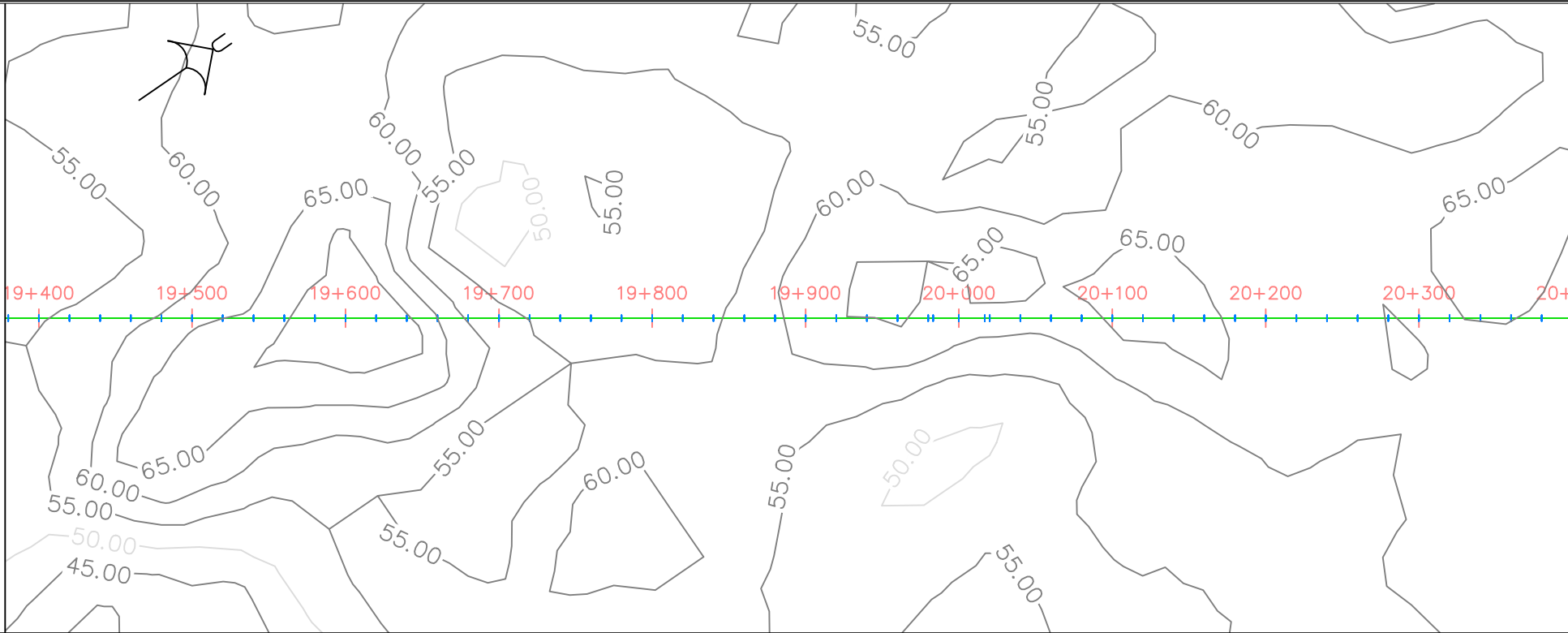


	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	SKALA	JUDUL GAMBAR	KETERANGAN	KODE GBR	NO. GBR
 <p>DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER</p>	<p>PERENCANAAN GEOMETRI JALAN REL UNTUK REAKTIVASI JALUR KERETA API PURWOKERTO - PURBALINGGA</p>	<p>Ir. Wahyu Herijanto, MT. NIP196209061989031012 Budi Rahardjo, ST, MT. NIP197001152003121001</p>	<p>Dhaifan Ardiansyah 03111540000117</p>	<p>Horizontal 1 : 400 Vertikal 1 : 500</p>	<p>Plan and Profile</p>			18
								JUMLAH GBR
								21

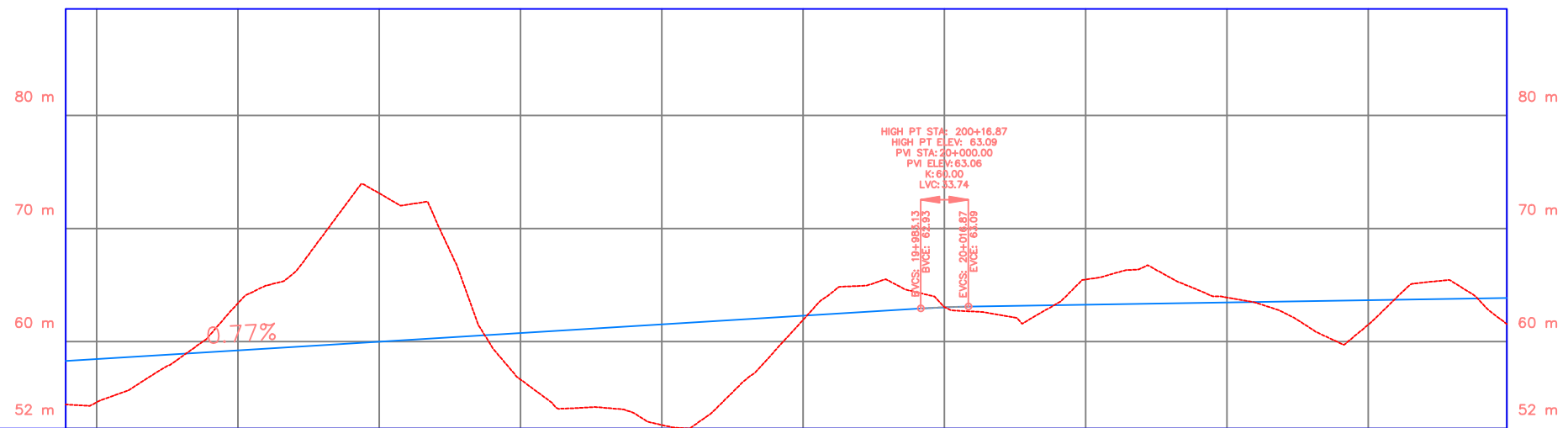


	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	SKALA	JUDUL GAMBAR	KETERANGAN	KODE GBR	NO. GBR
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	PERENCANAAN GEOMETRI JALAN REL UNTUK REAKTIVASI JALUR KERETA API PURWOKERTO - PURBALINGGA	Ir. Wahyu Herijanto, MT. NIP196209061989031012 Budi Rahardjo, ST, MT. NIP197001152003121001	Dhaifan Ardiansyah 03111540000117	Horizontal 1 : 400 Vertikal 1 : 500	Plan and Profile			19
								JUMLAH GBR
								21

MATCH LINE - 19
AT STATION - 19+378.00
PREVIOUS SHEET NUMBER - 19



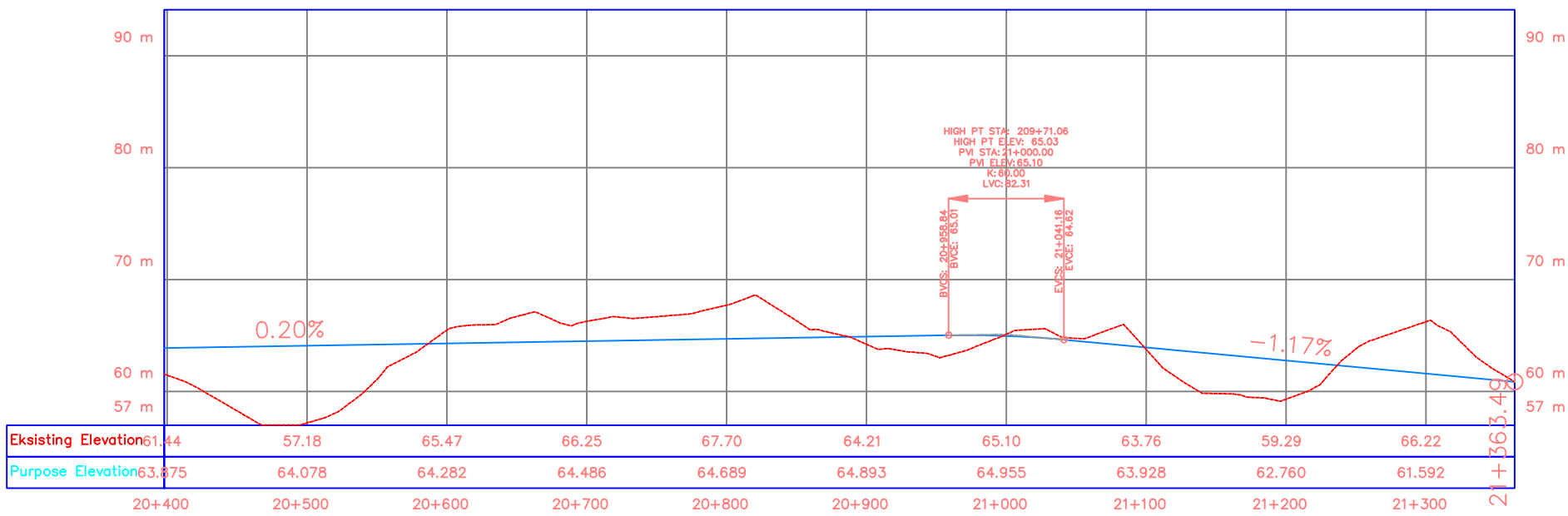
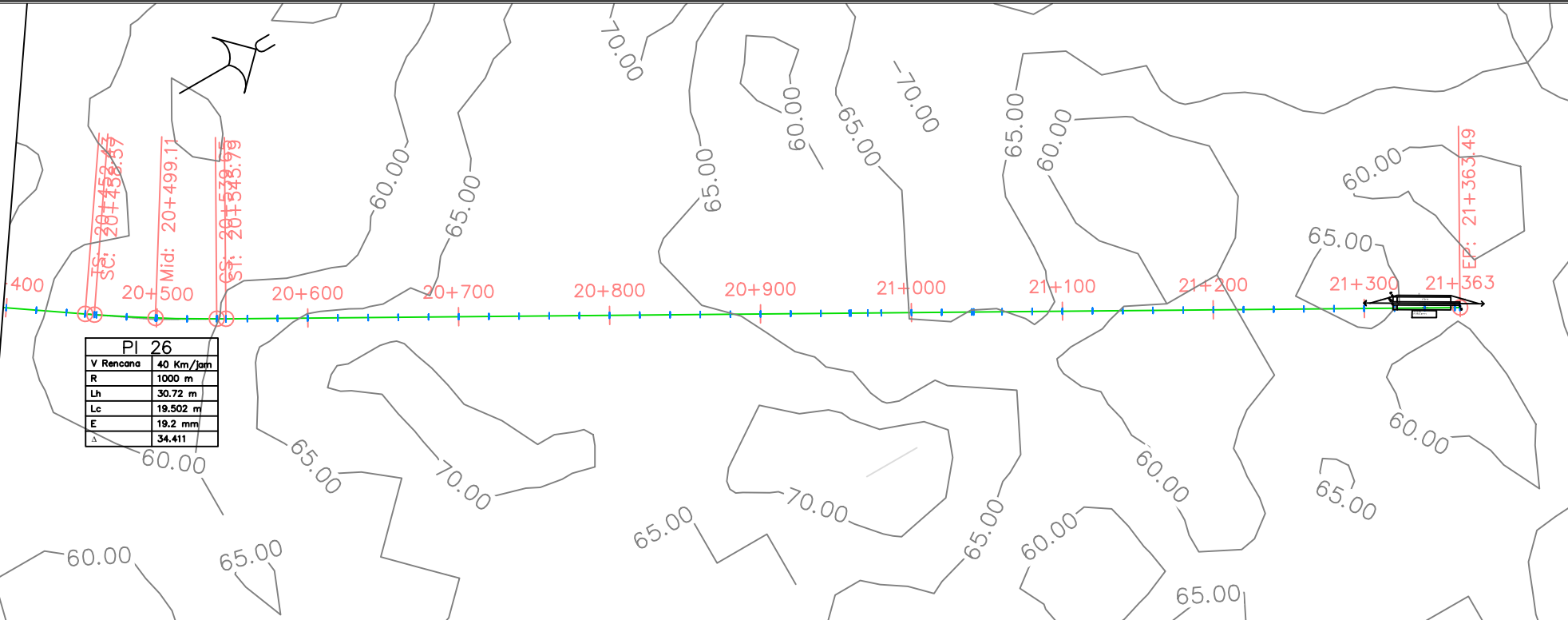
MATCH LINE - 20
AT STATION - 20+398.00
NEXT SHEET NUMBER - 21



Existing Elevation	54.64	63.40	73.12	56.65	52.63	61.94	63.06	65.50	63.91	61.50
Purpose Elevation	58.464	59.230	59.996	60.762	61.528	62.294	63.036	63.264	63.467	63.671
	19+400	19+500	19+600	19+700	19+800	19+900	20+000	20+100	20+200	20+300

<p>DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER</p>	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	SKALA	JUDUL GAMBAR	KETERANGAN	KODE GBR	NO. GBR
	PERENCANAAN GEOMETRI JALAN REL UNTUK REAKTIVASI JALUR KERETA API PURWOKERTO - PURBALINGGA	Ir. Wahyu Herijanto, MT. NIP196209061989031012 Budi Rahardjo., ST, MT. NIP197001152003121001	Dhaifan Ardiansyah 0311154000117	Horizontal 1 : 400 Vertikal 1 : 500	Plan and Profile			20
								JUMLAH GBR 21

MATCH LINE - 20
 AT STATION - 20+398.00
 PREVIOUS SHEET NUMBER - 20



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

JUDUL TUGAS AKHIR
 PERENCANAAN GEOMETRI JALAN REL
 UNTUK REAKTIVASI JALUR KERETA API
 PURWOKERTO - PURBALINGGA

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

NAMA MAHASISWA
 Dhaifan Ardiansyah
 0311154000117

SKALA
 Horizontal 1 : 400
 Vertikal 1 : 500

JUDUL GAMBAR
 Plan and Profile

KETERANGAN
 KODE GBR
 NO. GBR

21
 JUMLAH GBR
 21

BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama Dhaifan Ardiansyah, dilahirkan di Jakarta pada 23 Desember 1995, merupakan anak ke-2 (kedua) dari 2 (dua) bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD 13 Pagi Jakarta Timur, SMPN 139 Jakarta Timur dan SMAN 91 Jakarta Timur. Setelah lulus dari SMAN 91 Jakarta Timur tahun 2015, penulis melanjutkan studi di S1 Departemen

Teknik Sipil FTSPK ITS melalui program Sbmptn dan terdaftar dengan NRP 03111540000117. Di departemen Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang studi Transportasi Rel. Untuk komunikasi dengan penulis dapat menghubungi 088808554287 atau lewat email dhaifan1995@gmail.com