



TUGAS AKHIR – RC18-4803

**PERANCANGAN JALAN REL DAN GEOMETRI TRASE
DARI PONOROGO – SLAHUNG UNTUK REAKTIVASI**

CUT MUNAWWARAH
NRP. 03111540007003

Dosen Pembimbing I:
Ir. Wahyu Herijanto, MT.

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



TUGAS AKHIR – RC18-4803

**PERANCANGAN JALAN REL DAN GEOMETRI TRASE
DARI PONOROGO – SLAHUNG UNTUK REAKTIVASI**

CUT MUNAWWARAH
NRP. 03111540007003

Dosen Pembimbing I:
Ir. Wahyu Herijanto, MT.

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



FINAL PROJECT – RC18-4803

**THE PLANNING RAILWAYS AND GEOMETRIC
TRACK OF PONOROGO – SLAHUNG TO
REACTIVATION**

CUT MUNAWWARAH
NRP. 03111540007003

Supervisor:
Ir. Wahyu Herijanto, MT.

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

**PERENCANAAN JALAN REL DA GEOMETRI
TRASE DARI PONOROGO - SLAHUNG UNTUK
REAKTIVASI**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

pada

**Program Studi S-1 Reguler Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:

CUT MUNAWWARAH

NRP. 03111540007003

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir.

1. Ir. Wahyu Herjanto, MT



SURABAYA, JANUARI 2020

PERANCANGAN JALAN REL DAN GEOMETRI TRASE DARI PONOROGO – SLAHUNG UNTUK REAKTIVASI

Nama Mahasiswa : Cut Munawwarah
NRP : 03111540007003
Departemen : Teknik Sipil FTSPK – ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Wahyu Herijanto, MT.

ABSTRAK

Moda transportasi kereta api menjadi salah satu jenis transportasi darat yang cukup penting di Indonesia. Melalui Departemen Perhubungan, pemerintah telah menyusun program revitalisasi pembangunan infrastruktur transportasi kereta api. Adapun tujuan pengaktifan kembali jalur rel kereta api Ponorogo-Slahung diharapkan dapat terjadi penurunan volume kepadatan kendaraan dengan mengalihkan pengangkutan barang dari menggunakan truck menjadi menggunakan kereta api.

Metode yang digunakan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini adalah mengidentifikasi masalah yang terjadi pada saat ini di lokasi reaktivasi, mencari beberapa studi literatur yang terkait untuk menambah informasi apa saja yang perlu dilakukan untuk membantu pengerjaan tugas akhir, mengumpulkan data primer melalui survei pengamatan lapangan (Recognaisance Survey) yang dibutuhkan seperti kondisi rel eksisting, stasiun yang dilalui, dan tata guna lahan, melakukan pengumpulan data sekunder seperti peta topografi, data kereta api penumpang, brosur bantalan, dan data lokomotif yang digunakan untuk perhitungan konstruksi jalan rel. Kemudian melakukan pengolahan data, evaluasi kondisi eksisting dan konsep reaktivasi. Setelah itu melakukan analisis perancangan geometri menggunakan TCRP report 155 untuk perhitungan geometri yaitu berupa alinyemen horizontal untuk proyeksi sumbu jalan rel pada bidang horizontal yang terdiri dari garis lurus dan lengkungan, dari perhitungan geometri juga didapatkan alinyemen vertikal yaitu proyeksi sumbu jalan rel pada

bidang vertikal yang melalui sumbu jalan rel. Melakukan perhitungan konstruksi jalan rel berupa bantalan, ballas, subballas, profil rel, sambungan, penambat, dan wesel.

Dari hasil analisis perhitungan, didapatkan trase yang digunakan yaitu trase eksisting dengan menggunakan kereta LRT sebagai alternatif. Berdasarkan perhitungan geometrik rel dengan desain kecepatan 40 km/jam dan lengkung horizontal direncanakan berupa S-C-S dengan jumlah 9 tikungan. Untuk perhitungan konstruksi jalan rel menggunakan jenis rel 115 RE berdasarkan TCRP report 155, bantalan beton menggunakan produk dari PT. WIKA BETON yaitu tipe S-35 dengan panjang bantalan untuk lebar sepur 1435 mm yaitu 2440 mm.

Kata kunci: Kereta Api, Revitalisasi, Konstruksi Jalan Rel, Ponorogo, Slahung, LRT.

THE PLANNING RAILWAYS AND GEOMETRIC TRACK OF PONOROGO – SLAHUNG TO REACTIVATION

Nama Mahasiswa : Cut Munawwarah
NRP : 03111540007003
Departemen : Teknik Sipil FTSPK – ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Wahyu Herijanto, MT.

ABSTRACT

The mode of railways transportation is one of the most important types of land transportation in Indonesia. Through the Department of Transportation, the government has developed a revitalization program for the construction of railroad transportation infrastructure. The purpose of reactivating the Ponorogo-Slahung railroad is expected to reduce the volume of vehicle density by diverting the transportation of goods from using trucks to using trains.

The method used in solving Final Project is to identify problems that occur at this time at the reactivation site, look for some related literature studies to add to what information needs to be done to assist in the final project, collect primary data through a field observation survey (Recognition Survey) that needed such as existing railroad conditions, stations traversed, and land use, collecting secondary data such as topographic maps, passenger train data, bearing brochures, and locomotive data used for railroad construction calculations. Then do data processing, evaluation of existing conditions and reactivation concepts. After that, the analysis of geometry design using TCRP report 155 for geometry calculations is in the form of horizontal alignment for railroad axis projections in the horizontal plane consisting of straight lines and curvature, from geometry calculations also obtained vertical alignment ie railroad axis projections in the

vertical plane through railroad axis. Perform calculations of railroad construction in the form of bearings, ballasts, subballast, rail profiles, connections, fastening, and money orders.

From the results of the calculation analysis, it is found that the traces used are the existing traces using the LRT train as an alternative. Based on the geometric calculations of rails with a design speed of 40 km / h and horizontal curvature is planned in the form of S-C-S with a total of 9 bends. For the calculation of railroad construction using 115 RE rail types based on TCRP report 155, concrete bearings using products from PT. WIKA CONCRETE is type S-35 with a bearing length for 1435 mm track width which is 2440 mm.

Keywords: Train, Revitalization, Railroad Construction, Ponorogo, Slahung, LRT.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi ALLAH SWT Semesta Alam dan tidak memiliki sekutu dalam penciptaan alam ini. Sholat dan salam tidak lupa penulis ucapkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat, dan pengikut beliau sekalian. Dengan rahmat dan hidayat, dan juga izin ALLAH SWT penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Perancangan Jalan Rel dan Geometri Trase dari Ponorogo-Slahung Untuk Reaktivasi“ dengan baik dan lancar.

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

1. Allah Subbanallahu Wa Ta’ala yang telah memudahkan hamba-Nya dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Orang tua yang tiada hentinya selalu mendukung dan mendoakan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ir. Wahyu Herijanto, MT. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
4. Bapak Pujo Aji, ST, MT, Dr.techn. selaku dosen wali.
5. Dimas Probo Laksono, Dhaifan Ardiansyah, Achmad Mirza, Arlagant, dan Raqil yang telah membantu pengerjaan Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman S-58 yang telah berjuang bersama-sama menyelesaikan studi di Departemen Teknik Sipil ITS.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhir kata penulis mengharapkan, semoga Tugas Akhir ini dapat memenuhi harapan dan bermanfaat bagi kita semua.

Surabaya, Januari 2020

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Manfaat.....	4
1.6. Lokasi	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Rencana Induk Perkeretaapian Nasional 2030	7
2.2. Studi Terdahulu	10
BAB III METODOLOGI	17
3.1. Diagram Alir.....	17
3.1.1. Identifikasi Masalah.....	19
3.1.2. Studi Pustaka	19
3.2. Pengumpulan Data	19
3.3. Pengolaan Data.....	20
3.3.1. Evaluasi Kondisi Eksisting dan Konsep Reaktivasi	20

3.3.2.	Perencanaan Geometrik	21
3.3.3.	Alinyemen Horizontal.....	22
3.3.4.	Alinyemen Vertikal.....	27
3.3.5.	Perencanaan Kontruksi Jalan Rel.....	30
3.3.6.	Komponen Struktur Rel	33
3.3.7.	Bantalan Rel.....	37
3.3.8.	Komponen Penambat Rel	39
3.3.9.	Sambungan Rel	40
3.3.10.	Lapisan Balas dan Sub-Balas.....	40
3.3.11.	Wesel	43
3.3.12.	Gambar Rencana.....	44
3.3.13.	Kesimpulan	45
BAB IV ANALISIS DAN DATA.....		47
4.1.	Evaluasi Trase Yang Pernah Ada.....	47
4.2.	Hasil dan Pembahasan Survei Trase.....	49
4.3.	Konsep Reaktivasi.....	78
4.4.	Perencanaan Geometrik.....	80
4.4.1.	Perhitungan Sudut Azimuth dan Sudut Tikungan ..	80
4.4.2.	Perhitungan Lengkung Horizontal.....	83
4.4.3.	Alinyemen Vertikal.....	86
4.5.	Kontruksi Struktur Jalan Rel	89
4.5.1.	Kecepatan Rencana.....	89
4.5.2.	Beban Gandar	89
4.5.3.	Rencana Dimensi Profil Rel	89

4.5.4. Penentuan Tipe Bantalan	92
4.5.5. Penambat Rel	97
4.5.6. Sambungan Rel	98
4.5.7. Perencanaan Balas dan Sub Balas	99
4.5.8. Perencanaan Peron.....	103
4.5.9. Perencanaan Wesel	105
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	109
5.1 Kesimpulan.....	109
5.2 Saran.....	110
DAFTAR PUSTAKA.....	111

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Peta Lokasi Rencana.....	5
Gambar 3. 1	Diagram Alir	17
Gambar 3. 2	Lebar Jalan Rel dengan dimensi 1435 mm.	22
Gambar 3. 3	Lengkung S Horizontal	24
Gambar 3. 4	Lengkung horizontal dengan lengkung peralihan (Spiral-Circle-Spiral).....	24
Gambar 3. 5	Perencanaan Lengkung Vertikal	28
Gambar 3. 6	Lengkung Vertikal Cekung	29
Gambar 3. 7	Lengkung Vertikal Cembung.....	29
Gambar 3. 8	Ruang Bebas Lebar Rel 1435 mm Pada Jalur lurus untuk jalur single	32
Gambar 3. 9	Dimensi penampang rel	35
Gambar 3. 10	Posisi Beban pada Bantalan (Q).....	38
Gambar 3. 11	Komponen Penambat Rel	40
Gambar 3. 12	Penampang Melintang Lebar Jalan Rel pada Bagian Lurus 1435 mm	43
Gambar 3. 13	Penampang Melintang Lebar Jalan Rel pada Bagian Lengkung 1435 mm	43
Gambar 3. 14	Detail komponen wesel.....	44
Gambar 4. 1	Trase Jalan Rel Ponorogo – Slahung Yang Pernah ada	48
Gambar 4. 2	Stasiun Ponorogo	49
Gambar 4. 3	Rel kereta api yang sudah menjadi tiang.....	50
Gambar 4. 4	Rel kereta api yang sudah menjadi tiang.....	50
Gambar 4. 5	Patok milik PT.KAI	51
Gambar 4. 6	Patok milik PT.KAI	51
Gambar 4. 7	Patok milik PT.KAI	52
Gambar 4. 8	Patok PT.KAI.....	53
Gambar 4. 9	Jalan rel kereta api yang masih terlihat	53
Gambar 4. 10	Bekas rel kereta api	54
Gambar 4. 11	Patok bekas rel kereta api.....	55

Gambar 4. 12	Kondisi rel eksisting masih dapat terlihat.	55
Gambar 4. 13	Kondisi jalur rel kereta api.....	56
Gambar 4. 14	Kondisi rel.....	57
Gambar 4. 15	Dokumentasi rel	57
Gambar 4. 16	Kondisi jembatan jalan rel	58
Gambar 4. 17	Patok milik PT.KAI	59
Gambar 4. 18	Patok milik PT.KAI	59
Gambar 4. 19	Dokumentasi pondasi dan patok PT.KAI.	60
Gambar 4. 20	Kondisi Stasiun Jetis.....	61
Gambar 4. 21	patok milik PT.KAI.	61
Gambar 4. 22	Patok milik PT.KAI	62
Gambar 4. 23	Kondisi rel.....	63
Gambar 4. 24	Kondisi eksisting rel	64
Gambar 4. 25	Patok milik PT.KAI	64
Gambar 4. 26	Patok milik PT.KAI	65
Gambar 4. 27	Dokumentasi kondisi rel kereta api.....	66
Gambar 4. 28	Kondisi rel pada	66
Gambar 4. 29	Stasiun Balong	67
Gambar 4. 30	Dokumentasi kondisi rel	68
Gambar 4. 31	Dokumentasi	69
Gambar 4. 32	Papan tanda tanah milik PT.KAI.	70
Gambar 4. 33	Patok milik PT.KAI.	71
Gambar 4. 34	Dokumentasi papan tanda tanah milik PT.KAI. .	72
Gambar 4. 35	Patok milik PT.KAI	73
Gambar 4. 36	Patok milik PT.KAI	74
Gambar 4. 37	Dokumentasi papan tanda tanah milik PT.KAI ..	75
Gambar 4. 38	Patok milik PT.KAI.	76
Gambar 4. 39	Dokumentasi papan tanda tanah milik PT.KAI. .	77
Gambar 4. 40	Dokumentasi stasiun Slahung	77
Gambar 4. 41	Sampel Trase Pada Titik A, PI 1, PI 2	80
Gambar 4. 42	Sampel Lengkung Vertikal	86
Gambar 4. 43	Ukuran Penampang Rel 115 RE	91
Gambar 4. 44	Bantalan Beton.....	92

Gambar 4. 45 Dimensi Bantalan dan Posisi Beban	94
Gambar 4. 46 Komponen Penambat Rel	98
Gambar 4. 47 Penampang Melintang Lebar Jalan Rel 1435 mm	101
Gambar 4. 48 Bentuk Penampang LRT	102
Gambar 4. 49 Dimensi Peron Stasiun Ponorogo	105
Gambar 4. 50 Denah Stasiun Ponorogo	106
Gambar 4. 51 Denah Stasiun Jetis	107
Gambar 4. 52 Denah Stasiun Balong	107
Gambar 4. 53 Denah Stasiun Slahung	108

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Pengelompokan Lintas Berdasar pada kelandaian.....	22
Tabel 3. 2 Tegangan Ijin Profil Rel Berdasarkan Kelas Jalan	31
Tabel 3. 3 Jarak Ruang Bangun	33
Tabel 3. 4 Karakteristik Penampang Rel	34
Tabel 3. 5 Standar Saringan.....	41
Tabel 3. 6 Dimensi Penampang Rel Melintang	43
Tabel 3. 7 Nomor wesel dan kecepatan ijinnya	44
Tabel 4. 1 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Sudut Azimuth (α) dan Sudut Tikungan (Δ).....	82
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Alinyemen Horizontal	85
Tabel 4. 3 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Alinyemen Vertikal.....	88
Tabel 4. 4 PC Sleepers Dimension	92
Tabel 4. 5 PC Sleepers Dimension Specification	93
Tabel 4. 6 Perhitungan Fungsi Trigonometri Dari Momen di Bawah Rel dan Tengah Bantalan	95
Tabel 4. 7 Standar Saringan.....	100
Tabel 4. 8 Dimensi Penampang Rel Melintang	100
Tabel 4. 9 Dimensi Peron	105
Tabel 4. 10 Data Wesel Stasiun Ponorogo	106
Tabel 4. 11 Data Wesel Stasiun Jetis.....	107
Tabel 4. 12 Data Wesel Stasiun Balong	107
Tabel 4. 13 Data Wesel Stasiun Slahung	108

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Moda transportasi kereta api menjadi salah satu jenis transportasi darat yang cukup penting di Indonesia, sebab merupakan transportasi massal yang diminati oleh masyarakat. Namun hingga kini perkembangan industri ini belum maksimal seperti halnya industri jalan tol yang mengalami perkembangan sangat pesat. Sampai dengan 2008 panjang lintasan rel kereta api di Indonesia mencapai 4.813,000 km atau naik 0,2% dibandingkan 4.802.547 km pada tahun sebelumnya. Jumlah gerbong kereta api naik 5,8% yaitu dari 4.840 unit meningkat menjadi 5.120 unit. Sedangkan jumlah penumpang kereta api meningkat 10,9% dari 175 juta orang menjadi 194 juta orang pada 2008. (Indonesian Commercial Newsletter, Januari 2010)

Pembangunan infrastruktur kereta api merupakan salah satu rencana kerja yang mendapat prioritas pemerintah. Melalui Departemen Perhubungan, pemerintah telah menyusun program revitalisasi pembangunan infrastruktur transportasi kereta api dalam tahun 2010 ini. Program revitalisasi dan modernisasi perkeretaapian tahap pertama pada periode 2008-2010 sebagian sudah selesai dikerjakan. Diantaranya jalur ganda Patuguran-Purwokerto sepanjang 34,87 km dengan investasi Rp 498,98 miliar dan jalur ganda Petarukan-Larangan sepanjang 30,45 km senilai Rp 325,29 miliar. Jalur Petarukan-Larangan ini merupakan bagian dari jalur ganda kereta api lintas Tegal-Pekalongan sepanjang 60 km. Selain itu, pengadaan 75 unit kereta api yang terdiri dari sarana kereta ekonomi 35 unit, kereta komunitas 20 unit, kereta eksekutif 20 unit dan lokomotif 2 unit dengan total investasi sebesar Rp 92,98 miliar. Sedangkan revitalisasi tahap kedua sebagai kelanjutan dari revitalisasi tahap pertama, diperkirakan membutuhkan anggaran Rp 20 triliun dalam 5 tahun ke depan

periode 2010-2015. (Indonesian Commercial Newsletter, Januari 2010)

Jalur kereta api Ponorogo-Slahung merupakan salah satu jalur kereta api nonaktif di Jawa Timur yang menghubungkan Ponorogo dengan Slahung. Jalur ini sepenuhnya termasuk dalam Wilayah Aset VII Madiun serta digunakan untuk memperlancar arus pengangkutan penumpang dan distribusi barang dari Ponorogo menuju Madiun yang selanjutnya dikirim ke berbagai jurusan di Pulau Jawa serta diekspor ke Eropa. Kemudian jalur kereta api dilakukan perpanjangan untuk menghubungkan Ponorogo dengan tambang batu gamping di Slahung. (Situsbudaya.id, 2019)

Jalur kereta api Ponorogo-Balong resmi dibuka sejauh 17 kilometer pada tahun 1907. Kemudian seiring meningkatnya pengangkutan batu gamping ke Slahung, maka dilanjutkan perpanjangan rel kereta api Balong-Slahung dengan panjang jalur kereta api sejauh 25,5 km pada tahun 1922. Jalur kereta api Ponorogo-Slahung resmi ditutup pada tahun 1983 karena kalah bersaing dengan mobil pribadi dan angkutan umum. (Situsbudaya.id, 2019)

Pemerintah melalui Kementerian Perhubungan (Kemenhub) telah memiliki rencana jangka panjang proyek pembangunan infrastruktur kereta api di Pulau Jawa hingga tahun 2035 mendatang. Pada tahun 2035, Pulau Jawa akan memiliki jalur kereta api sepanjang 6.168 km. Kemenhub juga akan mengaktifkan jalur kereta api yang sudah mati, di antaranya Purwosari-Slahung sepanjang 118 km. (Subagja, 2017)

Jalan rel merupakan moda transportasi alternatif jika melihat potensi yang dimiliki kota Ponorogo karena sangat menguntungkan jika dibandingkan dengan moda transportasi lain karena memiliki kapasitas angkut tinggi (500 orang), hemat energi (0,002 liter/orang), aman, bebas hambatan, ramah lingkungan. Selain itu, jalan rel tidak menggunakan lahan seluas lahan jalan raya. (Ilmutekniksipil, 2013)

Adapun tujuan reaktivasi jalur rel kereta api Ponorogo-Slahung diharapkan dapat terjadi penurunan volume kepadatan kendaraan dengan mengalihkan pengangkutan barang dari menggunakan truck menjadi menggunakan kereta api dan mendongkrak perekonomian daerah tersebut dan potensi pariwisata khususnya di daerah tersebut dan pada umumnya Provinsi Jawa Timur. Potensi ekonomi yang terdapat di jalur Ponorogo-Slahung dominan pertanian, dan yang menjadi unggulan kabupaten Ponorogo adalah komoditas tanaman pangan seperti padi dan palawija.

Perancangan ulang dalam rencana reaktivasi jalur rel akan eksisting dari jalur rel Ponorogo-Slahung sesuai dengan Rencana Induk Perkeretaapian Nasional 2030 (RIPNAS 2030). Lebar sepur jalur kereta api Ponorogo-Slahung adalah 1435 mm dan desain rel Ponorogo-Slahung yaitu *single track*.

1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas maka dapat didapatkan rumusan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang geometrik dari trase eksisting yang sesuai dengan kriteria?
2. Bagaimana struktur jalan rel standar untuk trase jalan rel Ponorogo-Slahung?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan yang diharapkan dengan rumusan masalah diatas yaitu:

1. Dapat merencanakan geometrik dari trase eksisting yang sesuai kriteria.
2. Merencanakan struktur jalan rel standar untuk trase jalan rel Ponorogo-Slahung.

1.4. Batasan Masalah

Untuk batasan masalah dalam pengerjaan Tugas Akhir ini meliputi:

1. Perencanaan geometri jalan rel dari Ponorogo sampai Slahung.
2. Tidak membahas persinyalan dan stasiun.
3. Tidak menghitung kekuatan timbunan dan konstruksi perkuatan lereng.

1.5. Manfaat

Pada akhir setelah proposal TA ini selesai, diharapkan dapat bermanfaat bagi pemerintah untuk perencanaan reaktivasi pada pembangunan jalur rel kereta api Ponorogo-Slahung di Jawa Timur.

1.6. Lokasi

Lokasi yang ditinjau dalam pembuatan tugas akhir ini adalah kondisi eksisting jalur tunggal sepanjang Ponorogo-Slahung, seperti yang terlihat pada **Gambar 1.1**:



Gambar 1. 1 Peta Lokasi Rencana.

Sumber: <https://www.arcgis.com>

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Rencana Induk Perkeretaapian Nasional 2030

Visi Rencana Induk Perkeretaapian Nasional (Ripnas) 2030 sebagai mandat UU Nomor 23 Tahun 2007 tentang Perkertaapian adalah menggeser pola pilihan angkutan orang dan barang dengan menggunakan kereta api (KA). Dalam Ripnas target pasar angkutan penumpang pada tahun 2030 adalah sebesar 11 persen hingga 13 persen atau 660 juta orang dari 6,7 persen (202 juta orang) pada tahun 2009. Kereta api diharapkan akan mengangkut 275 juta orang per tahun di 15 wilayah perkotaan. Target ini sangatlah kecil, ini pasti terlampaui. Ripnas sudah 6 tahun berlalu, saatnya mengevaluasi pencapaian mandat yang terkandung di dalam dokumen kebijakan ini. Sasaran 2030 angkutan barang sebesar 15 persen-17 persen (4,4 miliar ton) kurang dari 1 persen (18,95 juta ton) pada tahun 2009. Total biaya perwujudan implementasi Ripnas diperkirakan menelan biaya Rp 877 triliun, dan diharapkan 70 persen pendanaan berasal dari entitas swasta. Sejumlah rencana jaringan rel baru pun akan dibangun di seluruh pulau di tanah air. (Lubis, 2017)

Sasaran pengembangan jaringan dan layanan perkeretaapian yang ingin dicapai pada tahun 2030 antara lain jaringan nasional sepanjang 12.100 km (tersebar di Pulau Jawa-Bali, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan Papua), termasuk jaringan kereta api kota/perkotaan sepanjang 3.800 km. Selain itu, pengembangan pelayanan perkeretaapian di Jawa, Bali, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan Papua direncanakan mampu melayani perjalanan penumpang sebesar 929,5 juta orang per tahun. Di wilayah Sumatera, target yang ingin dicapai adalah terwujudnya Trans Sumatera Railways yang menghubungkan jalur kereta yang sudah ada, yaitu di Nanggroe Aceh Darussalam, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Sumatera Selatan, dan Lampung. Sarana dan prasarana perkeretaapian yang meliputi jalur, stasiun, dan fasilitas operasi kereta api rencananya akan dibangun dalam enam tahap hingga tahun 2030. Sementara di Pulau Jawa, sasaran

pengembangan adalah mengoptimalkan jaringan yang telah ada melalui program peningkatan, rehabilitasi, reaktivasi lintas non-operasi, serta peningkatan kapasitas lintas melalui pembangunan jalur ganda dan jalan pintas. Sarana perkeretaapian rencananya dibangun dalam sembilan tahap, termasuk pengembangan layanan kereta cepat lintas Merak-Jakarta-Cirebon-Semarang-Surabaya-Banyuwangi. Untuk jaringan kereta api di Kalimantan, menyoar pengembangan jaringan dan layanan yang menghubungkan wilayah sumber daya alam atau kawasan produksi, khususnya angkutan batubara, dengan pelabuhan. Hingga tahun 2030, pembangunan ini direncanakan dilakukan dalam tiga tahap. Sementara di Sulawesi, ada lima tahap pembangunan prasarana perkeretaapian, yang meliputi kereta api perkotaan Makassar dan Manado serta layanan yang menghubungkan pusat kota dengan bandara. Adapun di Papua, menyoar pembangunan layanan yang menghubungkan sumber daya alam dengan pelabuhan, selain pengembangan layanan kereta perintis. Di Bali, sasaran pengembangan jaringan jalur kereta api adalah meningkatnya aksesibilitas masyarakat serta program pariwisata. Adapun di Pulau Madura, menghidupkan kembali jalur kereta api yang menghubungkan Kamal dengan Sumenep. Terakhir di Pulau Batam, sasarannya meningkatkan akses masyarakat terhadap infrastruktur transportasi di kawasan perbatasan, pelabuhan, dan bandara. (keretaapi.info, 2016)

Program utama untuk merealisasikan kebijakan yang telah ditetapkan berdasarkan RIPNAS 2030 salah satunya adalah pengembangan jaringan dan layanan kereta api antar-kota (termasuk kereta api regional) dimaksudkan untuk mengurangi beban angkutan orang di jalan. Dengan adanya daya angkut yang besar, kereta api antar kota dapat menjadi moda transportasi utama yang menghubungkan pusat-pusat kegiatan nasional di pulau-pulau besar (Jawa-Bali, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan Papua). Perkembangan kereta api antar kota membutuhkan dukungan prasarana dan sarana yang mampu memberi layanan prima sehingga tujuan pengurangan beban jalaln raya dapat

tercapai. Pengembangan prasarana dilakukan dengan peningkatan track modulus yang mengarah pada penggunaan rel tipe R.54 pada lintas utama dengan bantalan beton berjarak sekitar 60 cm satu sama lain dan konstruksi balas yang jauh lebih kuat sehingga mampu mendukung lalulintas kereta api yang lebih cepat dengan tekanan gandar lebih besar (tekanan gandar minimum 22,5 ton pada semua jalurutama dan tekanan gandar minimum 25 ton pada rel baru dan jembatan pada semua jalur utama) dan penggunaan lebar sepur 1435 mm pada pengembangan jalur baru diluar Pulau Jawa, sedangkan dalam bidang sarana adalah penggunaan kereta api yang lebih cepat, lebih besar kapasitasnya (pada kereta api barang direncanakan menggunakan rolling stock double decker) dan ramah lingkungan. Penggunaan sarana kereta api yang lebih cepat dan lebih besar kapasitasnya ini harus didukung oleh space yang aman khususnya pada jembatan dan terowongan.

Perkembangan jumlah kereta api yaitu pertumbuhan jumlah lokomotif dalam periode lima tahun terakhir 2004-2008 pertumbuhan rata-rata jumlah lokomotif yang dioperasikan sangat minim yaitu - 0,9% per tahun. Pada 2004 jumlah lokomotif masih 354 unit, namun dalam tahun-tahun berikutnya terus mengalami penurunan sehingga berkurang menjadi hanya 341 unit pada 2008. Kondisi lokomotif yang dioperasikan saat ini bervariasi, dengan tingkat laik operasi berkisar dari 30%-95%. Dari sejumlah 341 unit lokomotif yang ada pada 2008, hampir seluruhnya sudah tua yaitu sekitar 82% berumur antara 16 tahun-30 tahun. Sementara sisanya bahkan sudah mencapai umur di atas 30 tahun. (Indonesian Commercial Newsletter, Januari 2010)

Penurunan jumlah lokomotif disebabkan karena sebagian besar sudah tua. Selain itu juga kurang ketersediaan suku cadang dari luar negeri karena tidak diproduksi lagi. Disamping itu PT. KAI sebagai operator kereta api belum mempunyai dana yang cukup untuk membeli kereta api baru. Menurunnya kondisi sarana seperti lokomotif dan kereta api merupakan problem berat yang dihadapi oleh PT KAI, sebab berpengaruh terhadap kualitas pelayanan kepada masyarakat. Sampai dengan 2008 jumlah

lokomotif yang siap dioperasikan sebanyak 341 unit terdiri dari 303 unit (88,8%) merupakan jenis Lok besar. Pengoperasian Lok besar ini terbanyak di Jawa yaitu 172 unit, di Sumatera Selatan 90 unit, di Sumatera Utara 30 unit dan Sumatera Barat 11 unit.

2.2. Studi Terdahulu

Anugrah, (2015) melakukan studi reaktivasi jalur rel Kedungjati – Tuntang dengan jalur double track dan lebar sepur 1435 mm adalah salah satu jalur yang berpotensi untuk diaktifkan kembali oleh pemerintah. Reaktivasi bertujuan agar volume lalu lintas angkutan barang dari menggunakan truk pada jalur jalan Kedungjati-Tuntang dapat mengalih menggunakan kereta api sehingga kepadatan dapat berkurang. Sebelumnya perlu diketahui kepadatan terjadi dikarenakan jalur tersebut merupakan jalur utama yang menghubungkan Provinsi Jawa Tengah bagian selatan dan utara. Dan juga diharapkan dari reaktivasi ini dapat mengatasi pula permasalahan yang timbul di masyarakat seperti kemacetan, kecelakaan lalu-lintas, serta umur perkerasaan yang pendek dapat terasi dengan optimal.

Metode reaktivasi jalur rel Kedungjati-Tuntang yaitu penulis mengidentifikasi masalah yang terjadi pada saat ini di daerah reaktivasi dan juga mencari beberapa studi literatur yang akan dipergunakan untuk menambah informasi mengenai apa saja yang perlu dilakukan untuk reaktivasi jalur rel kereta api agar dapat membantu penyelesaian Tugas Akhir. Setelah itu penulis melakukan pengumpulan data yang dibutuhkan seperti data topografi, setelah data yang dikumpulkan lengkap, penulis melakukan perencanaan bentuk trase jalan kereta api yang baru, setelah trase didapatkan dilakukan perancangan geometri kereta api yang baru berupa alinyemen horizontal dan vertikal. Setelah melakukan perancangan geometri penulis merancang detail potongan. Setelah detail potongan didapat penulis merencanakan struktur tipikal jalan rel meliputi profil rel, bantalan, balas, dll. Setelah data alinyemen vertikal dan detail struktur didapat maka data tersebut digunakan untuk membuat gambar potongan

melintang tiap STA yang selanjutnya digunakan untuk menghitung volume galian dan timbunan.

Dari hasil perancangan diperlukan beberapa pembangunan jembatan pada jalur rel Kedungjati-Tuntang ini antara lain pada STA 7+500, 13+500, 17+000, dan pada STA 21+000. Lebar sepur yang digunakan adalah 1435 mm sesuai anjuran RIPNAS 2030 dengan beban gandar 22.5 ton dan menggunakan rel tipe R54 ASCE 136. Bantalan yang digunakan adalah Monoblock Sleepers of German Railways dengan jarak antar bantalan 60 cm. Dengan sistem penambat elastis Pandrol tipe e2000. Jarak dari rel ke tepi balas atas pada jalur lurus 315 cm dan pada tikungan 385 cm dan tebal balas atas didapat 29 cm dan lapisan balas bawah ditetapkan 25 cm. Hasil perhitungan volume galian dan timbunan tanpa menghitung galian dan timbunan akibat pembuatan jembatan adalah volume galian 3.372.866,494 m³ dan volume timbunan 668.197,996 m³.

Hazubi, (2015) melakukan studi perencanaan geometri jalan rel Socah – Sampang. Pemerintah dalam Rencana Induk Perkeretaapian Nasional (RIPNAS) berupaya untuk mengembangkan moda transportasi kereta api. Transportasi kereta api ini diharapkan menjadi penggerak utama dalam perekonomian nasional. Ditargetkan pada tahun 2030 jaringan rel di Indonesia tersebar diseluruh pulau besar di Indonesia. Termasuk pulau Madura. Salah satu jalur yang akan beroperasi adalah jalur Socah – Sampang. Jalur ini memiliki potensi yang tinggi, karena nantinya akan beroperasi pelabuhan peti kemas Internasional Socah.

Metode reaktivasi jalur rel Socah - Sampang yaitu penulis mengidentifikasi masalah yang terjadi pada saat ini di daerah reaktivasi dan juga mencari beberapa studi literatur yang akan dipergunakan untuk menambah informasi mengenai apa saja yang perlu dilakukan untuk reaktivasi jalur rel kereta api agar dapat membantu penyelesaian Tugas Akhir. Kemudian penulis melakukan pengumpulan data seperti peta topografi yang ada, data lokomotif,

dan brosur WIKA mengenai bantalan. Setelah data yang dibutuhkan terkumpul penulis melakukan pengolahan data yang meliputi mencari alternatif rute jalan rel menggunakan metode *multi criteria analysis*. Setelah mendapatkan rute alternatif penulis melakukan analisis alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal yang sesuai dengan peraturan dari PM. No 60 tahun 2012. Setelah analisis perhitungan geometri selesai dilakukan perhitungan kontruksi jalan rel seperti penentuan jenis rel, perencanaan bantalan, perencanaan penambat rel, perencanaan balas, dan perencanaan subgrade. Setelah perhitungan kontruksi selesai dilakukan perencanaan emplasemen stasiun. Setelah pengolahan selesai kemudian penulis melakukan analisis rencana anggaran biaya.

Dari hasil perencanaan hasil analisa dengan kriteria pembebasan lahan, galian timbunan, sungai, dan lokasi komersial, dan panjang jalan rel didapatkan alternatif trase 1 dengan bobot tertinggi. Oleh karena itu, alternatif trase 1 dijadikan sebagai trase yang dipilih untuk perencanaan dengan panjang sekitar 67 km dan 11 sungai. Struktur yang digunakan didapatkan sebagaimana berikut: rel yang digunakan adalah R 54, passing ton tahunan > 20 juta ton, beban gandar 18 ton, dengan lebar sepur 1067 mm, jarak bantalan beton 60 cm, lebar bahu balas 30 cm, tipe penambat adalah padrol (elastis ganda). Dengan biaya yang dibutuhkan dalam pembangunan jalan rel ini adalah sebesar Rp. 1.081.898.010.000,-.

Ardian, (2017) melakukan studi perancangan alternatif geometrik dan struktur jalan rel untuk reaktivasi jalur Magelang – Temanggung – Parakan. Dalam RIPNAS 2030 jalur Magelang – Temanggung – Parakan merupakan jalur yang akan direaktivasi kembali pada tahun 2030. Adapun tujuan dari reaktivasi jalur Magelang – Temanggung – Parakan adalah agar masyarakat memiliki alternatif moda transportasi lain dikarenakan jalur jalur Magelang – Temanggung – Parakan tersebut memiliki tingkat

volume kendaraan semakin meningkat sehingga menyebabkan kemacetan dan banyak kerugian yang ditimbulkan baik dari segi ekonomi maupun non-ekonomi.

Metode reaktivasi jalur Magelang – Temanggung – Parakan tersebut mengacu pada literatur PM No. 60 Tahun 2012, TCRP, PM No. 29 Tahun 2011 dan peraturan lainnya. Dalam perancangan alternatif geometrik dan struktur jalan rel untuk reaktivasi jalur Magelang – Temanggung – Parakan yaitu penulis mulai dengan mengidentifikasi masalah yang terdapat pada trase eksisting jalur Magelang – Temanggung – Parakan dan kemudian mencari beberapa studi terdahulu yang terkait dengan proses perancangan jalur rel Magelang – Temanggung – Parakan. Setelah itu penulis melakukan pengumpulan data yaitu data primer seperti survei kondisi eksisting dan dokumentasi kondisi eksisting dan juga data sekunder seperti topografi, bantalan dan brosur rel.

Kemudian penulis melakukan evaluasi kondisi rel eksisting dan konsep reaktivasi untuk mengetahui moda transportasi yang sesuai dengan kondisi eksisting untuk dioperasikan. Setelah melakukan evaluasi kondisi rel eksisting dan konsep reaktivasi penulis menentukan penentuan trase dengan *multi criteria analysis* dan setelah mendapatkan trase yang akan digunakan maka penulis mulai melakukan perencanaan geometrik berupa alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal. Setelah mendapatkan hasil perencanaan geometrik penulis melakukan perencanaan struktur jalan rel yaitu penentuan profil rel, bantalan rel, balas dan sub-balas, kemudian penentuan layout emplasemen. Setelah semua hasil dari perencanaan didapatkan maka penulis melakukan gambar rencana untuk jalur Magelang – Temanggung – Parakan.

Dari perencanaan tersebut maka didapatkan hasil untuk perancangan alternatif geometrik dan struktur jalan rel untuk reaktivasi jalur Magelang – Temanggung – Parakan adalah trase terpilih yaitu trase 1 atau trase eksisting dengan total nilai sebesar 187,324 serta menggunakan kereta LRT sebagai alternatif.

Berdasarkan perhitungan geometrik rel dengan desain kecepatan 60 km/jam dan lengkung horizontal direncanakan berupa S-C-S dan Full Circle, didapatkan 37 tikungan Full Circle dan 45 tikungan S-C-S. Untuk perhitungan konstruksi jalan rel didapatkan jenis rel yaitu JIS 42, bantalan beton menggunakan produk dari PT. BKA Beton dengan jarak tiap bantalan 60 cm.

Sakti, (2017) melakukan studi perancangan alternatif geometrik jalan rel untuk reaktivasi jalur kereta api Yogyakarta-Magelang. Dalam wacana pemerintah dalam mengaktifkan kembali jalur rel di Jawa dan Sumatera, jalur kereta api Yogyakarta-Magelang merupakan salah satu jalur rel dalam wacana tersebut. Adapun tujuan dari pembangunan tersebut adalah mempermudah akses wisatawan saat berkunjung menuju objek wisata Candi Borobudur karena selama ini, akses Borobudur hanya melalui jalur darat dan membutuhkan waktu dan jarak tempuh yang tidak sedikit. Dengan pembangunan sarana transportasi ini diharapkan dapat meningkatkan perkembangan pariwisata daerah Yogyakarta-Magelang.

Metode reaktivasi penulis melakukan dengan pengumpulan data dan survey kondisi eksisting pada jalur rel kereta api Yogyakarta-Magelang. Pengumpulan data meliputi data primer dan data sekunder yaitu jalur eksisting jalur kereta api Yogyakarta Magelang, topografi wilayah sekitar jalur rencana, serta survey kondisi eksisting jalur kereta api Yogyakarta-Magelang, setelah itu penulis menentukan konsep reaktivasi dan melakukan pemilihan trase yang terbaik dalam perancangan jalur rel kereta api Yogyakarta-Magelang dengan *Multi Criteria Analysis* (MCA). Dengan data primer dan sekunder tersebut penulis dapat melakukan analisis dan perencanaan geometrik jalan rel sesuai dengan ketentuan yang berlaku (Peraturan Menteri Perhubungan (PM) No. 60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Rel Kereta Api). Setelah itu dilakukan proses pengolahan data dan perhitungan perencanaan geometrik yaitu

alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal. Kemudian setelah data perencanaan geometrik didapatkan penulis melakukan perencanaan struktur jalan rel dan setelah didapatkan hasil struktur jalan rel, penulis melakukan gambar rencana dari jalan rel Yogyakarta-Magelang.

Dari hasil analisis dan perhitungan yang dilakukan reaktivasi Jalur Kereta Api Yogyakarta-Magelang menggunakan konsep reaktivasi kereta tipe LRT dengan lebar gauge 1067 mm dan kecepatan rencana 60 km/jam dengan geometrik jalan rel sepanjang 43,96 km. Trase yang terpilih untuk reaktivasi Jalur Kereta Api Yogyakarta-Magelang yaitu menggunakan trase eksisting yang memiliki bobot 260,28 poin yang mana merupakan poin tertinggi dari analisis multi kriteria untuk trase alternatif lainnya.

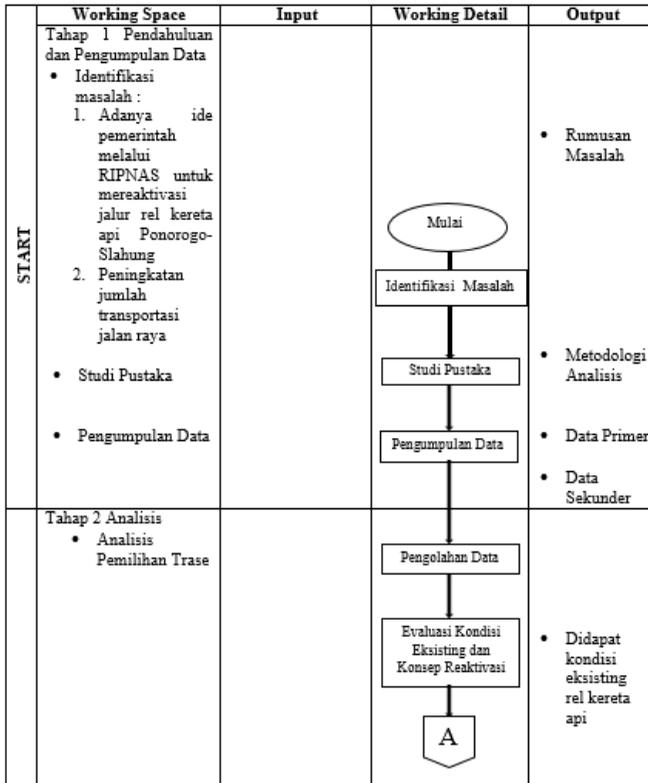
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

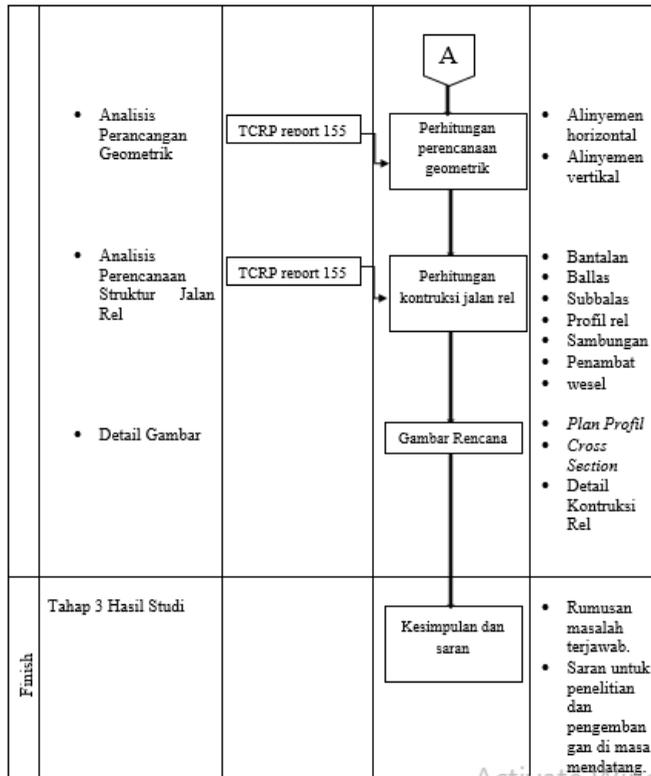
Metodologi dalam proses pengerjaan Tugas Akhir sebagai berikut merupakan tahap-tahap yang harus dilakukan untuk mencapai tujuan yang direncanakan.

3.1. Diagram Alir

Urutan perencanaan dari proses pengerjaan Tugas Akhir dari awal hingga selesai dapat dilihat pada diagram alir pada **Gambar 3.1**



Gambar 3. 1 Diagram Alir



Gambar 3. 1 Diagram Alir (lanjutan)

3.1.1. Identifikasi Masalah

Pada tahap ini akan melakukan identifikasi masalah yang ada pada kondisi rel eksisting Ponorogo-Slahung berdasarkan hasil survey lapangan agar perancangan sesuai dengan kondisi eksisting.

3.1.2. Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan untuk menambah informasi mengenai kereta api yang dapat menunjang penyelesaian Tugas Akhir ini. Dari studi pustaka ini didapatkan kriteria desain yang nantinya akan digunakan dalam pengolahan data. Beberapa literatur terkait antara lain sebagai berikut:

- a) Anugrah, (2015) *Reaktivasi Jalur Rel Kedungjati – Tuntang Dengan Jalur Double Track Dan Lebar Sepur 1435 mm*. Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- b) Hazubi, (2015) *Geometric Jalan Rel Socah – Sampang*. Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- c) Ardian, (2017) *Studi Perancangan Alternatif Geometrik Dan Struktur Jalan Rel Untuk Reaktivasi Jalur Magelang – Temanggung – Parakan*. Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- d) Sakti, (2017) *Perancangan Alternatif Geometrik Jalan Rel Untuk Reaktivasi Jalur Kereta Api Yogyakarta-Magelang*. Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- e) *Transit Cooperative Research Program Report 155*.
- f) PM. 60 tahun 2012
- g) Buku dan jurnal Terkait

3.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang harus dilakukan dalam pengerjaan Tugas Akhir untuk perencanaan jalur eksisting kereta api Ponorogo-Slahung adalah data primer dan sekunder. Berikut ini akan dijelaskan kebutuhan data primer dan sekunder:

1. Data Primer
 - Survey pengamatan lapangan (*Recognisance Survey*):
 - Kondisi rel eksisting
 - Stasiun yang dilalui
 - Tata guna lahan
2. Data Sekunder
 - Peta topografi untuk mengetahui kontur pada lokasi eksisting.
 - PT.INKA untuk mendapatkan data penumpang kereta api .
 - Brosur batalan dari PT.WIKA yaitu untuk mengetahui jenis bantalan dengan sepur yang digunakan..
 - Data spesifikasi teknis yaitu untuk perencanaan konstruksi jalan rel.

3.3. Pengolaan Data

Setelah data Primer dan sekunder sudah dikumpulkan maka dilakukan pengolahan data. Perhitungan dilakukan untuk mengetahui hasil dari proses perencanaan selanjutnya, Pengolahan data yang dilakukan meliputi kondisi rel eksisting, perhitungan geometrik jalan rel dan perencanaan konstruksi jalan rel.

3.3.1. Evaluasi Kondisi Eksisting dan Konsep Reaktivasi

Evaluasi kondisi eksisting yaitu dilakukan dengan survey lapangan langsung untuk mengetahui kondisi dari trase tersebut dan setelah dilakukan evaluasi kemudian dapat dilakukan penentuan konsep reaktivasi pada jalur tersebut. Penentuan konsep reaktivasi dilakukan untuk mendapatkan moda transportasi yang sesuai untuk beroperasi pada kondisi rel eksisting yang sudah ditinjau, dimana secara umum jenis kereta tersebut adalah *heavy rail* atau *light rail*. Selain menghasilkan jenis kereta yang akan dioperasikan, penentuan konsep reaktivasi juga dilakukan untuk

mengetahui stasiun-stasiun yang dilewati dan akan di reaktivasi kembali.

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

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

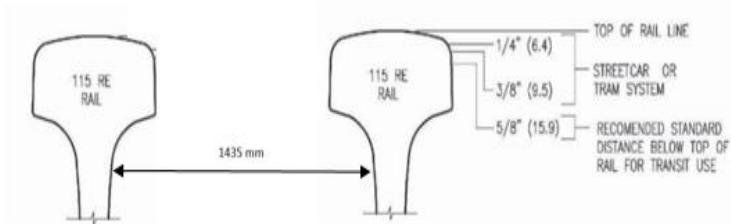
Selain kriteria di atas, untuk pemilihan jenis kereta juga mempertimbangkan kriteria medan yang akan dilalui seperti medan yang datar, menanjak ataupun berkelok hingga radius kecil. Sehingga apakah diperlukan jenis kereta *heavy rail* atau *light rail*.

3.3.2. Perencanaan Geometrik

Dalam Tugas Akhir ini akan dilakukan perencanaan sesuai dengan ketentuan yang tercantum dalam *Transit Cooperative Research Program Report 155*, dan referensi pendukung lainnya. Pada lengkungan perlu diadakan penyesuaian-penyesuaian terhadap jari-jari tikungan yang harus disesuaikan dengan kecepatan rencana dan juga sesuai dengan kondisi eksisting untuk mendapatkan keamanan, kenyamanan, ekonomis dan tidak mengganggu lingkungan di sekitarnya.

3.3.2.1. Lebar Sepur

Standar lebar sepur menurut *American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association (AREMA)* adalah 1.435 mm. Pengukur standar diukur dari atas kepala rel yaitu 6.4 mm dan diukur 15.9 mm di bawah permukaan tapak roda seperti pada **Gambar 3.2**



Gambar 3. 2 Lebar Jalan Rel dengan dimensi 1435 mm.
(Sumber: *Transit Cooperative Research Program Report 155*)

3.3.2.2. Kelandaian Medan

Berdasarkan kelandaian dari sumbu jalan rel kelandaian dapat dibedakan atas beberapa kelompok seperti pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3. 1 Pengelompokan Lintas Berdasar pada 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 (PVI) of vertical curves)	6.0%
Desired Maximum Short Sustained Grade (no more than 500 feet [150 meters] between PVI) 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: *Transit Cooperative Research Program Report 155*)

3.3.3. Alinyemen Horizontal

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

3.3.3.1. Lengkung Lingkaran

Dua bagian lurus, yang perpanjangannya saling membentuk sudut harus dihubungkan dengan lengkung yang berbentuk lingkaran, dengan atau tanpa lengkung – lengkung peralihan. Untuk menentukan besarnya kecepatan rencana, besarnya jari-jari minimum dengan lengkung peralihan (S Kelas Jalan Rel Landai Penentu Maksimum C-S) atau tanpa lengkung peralihan (SS dan *Full Circle*) yang diijinkan. Jari-jari kurva minimum ditentukan oleh karakteristik fisik kendaraan. Untuk sebagian besar desain LRT modern, baik lantai tinggi atau rendah, jari-jari minimum yang paling umum adalah 25 meter. Beberapa kendaraan dapat menggunakan dengan jari-jari 18 meter tergantung kondisi trase eksisting.

3.3.3.2. Lengkung Peralihan (Transisi)

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):

$$L_s = 0,008 \times V \times E_a \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana:

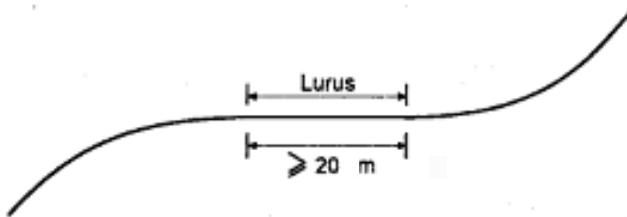
L_s = panjang minimal lengkung peralihan (m).

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

V = kecepatan rencana (km/jam)

3.3.3.3. Lengkung S

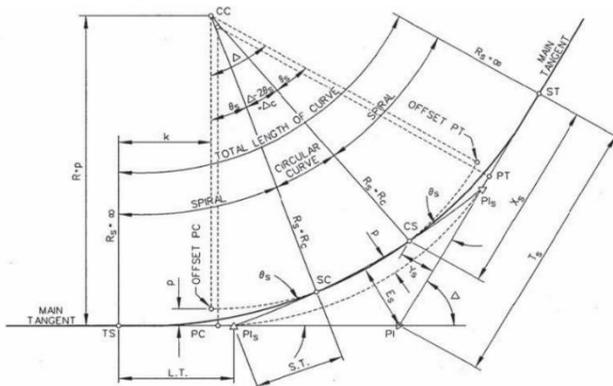
Terjadi apabila 2 lengkung dari suatu lintas yang berbeda arah lengkungnya terletak bersambungan. Antara kedua lengkung yang berbeda arah ini harus ada bagian lurus sepanjang paling sedikit 20 meter di luar lengkung peralihan seperti yang terlihat pada **Gambar 3.3**



Gambar 3. 3 Lengkung S Horizontal
(Sumber: Utomo, 2009)

3.3.3.4. Menentukan Alinyemen Horizontal

Untuk merencanakan suatu lengkung 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: *Transit Cooperative Research Program Report 155*)

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

a. Peninggian Rel

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

Dimana:

E = Peninggian rel (mm)

V = Kecepatan rencana (Km/jam)

R = Jari-jari rencana (m)

b. Panjang lengkung peralihan

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

Dimana:

L_s = Panjang lengkung peralihan (m)E_a = Peninggian rel (mm)

V = Kecepatan rencana (Km/jam)

c. Sudut lengkung peralihan

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

Dimana:

θ_s = Sudut lengkung peralihan (m)L_s = Panjang lengkung peralihan (m)

R = Jari-jari rencana (m)

d. Panjang lengkung lingkaran

$$L_c = \frac{\Delta c - 2\theta_s}{D_c} \times 100 \dots \dots \dots (3.5)$$

Dimana:

L_c = Panjang lengkung lingkaran (m)Δ_c = Sudut tikungan rencana (°)θ_s = Sudut lengkung peralihan (m)D_c = Degree Of Curve (°)

e. Jarak dari busur lingkaran tergeser terhadap sudut tangen

$$P = L_s \times \frac{\theta_s}{12} - \frac{\theta_s^3}{335} + \frac{\theta_s^5}{15840} \dots \dots \dots (3.6)$$

Dimana:

P = Jarak dari busur lingkaran tergeser terhadap sudut tangen (m)

Ls = Panjang lengkung peralihan (m)

Θs = Sudut lengkung peralihan (m)

f. Jarak dari titik Ts ke titik SC

$$k = L_s \times \left(\frac{1}{2} - \frac{\theta_s^2}{60} + \frac{\theta_s^4}{2160} - \frac{\theta_s^6}{131040} \right) \dots (3.7)$$

Dimana:

k = Jarak dari titik Ts ke titik SC (m)

Ls = Panjang lengkung peralihan (m)

Θs = Sudut lengkung peralihan (m)

g. Jarak dari titik TS ke titik PI (m)

$$T_s = (R + p) \times \operatorname{tg}\left(\frac{1}{2}\Delta\right) + K \dots \dots \dots (3.8)$$

Dimana:

Ts = Jarak dari titik TS ke titik PI (m)

R = Jari-jari rencana (m)

P = Jarak dari busur lingkaran tergeser terhadap sudut tangen (m)

Δ = Sudut tikungan rencana (°)

K = Jarak dari titik Ts ke titik SC (m)

h. Jarak eksternal total dari PI ke tengah Lc

$$E_s = (R+p) \cos\left(\frac{1}{\cos\frac{\Delta}{2}} - 1\right) + p \dots \dots \dots (3.9)$$

Dimana:

Es = Jarak eksternal total dari PI ke tengah Lc (m)

R = Jari-jari rencana (m)

p = Jarak dari busur lingkaran tergeser terhadap sudut tangen (m)

Δ = Sudut tikungan rencana ($^{\circ}$)

i. Jarak dari titik TS ke titik proyeksi pusat Y_s

$$X_s = L_s \times \left(1 - \frac{\theta_s^2}{10} + \frac{\theta_s^4}{216} - \frac{\theta_s^6}{9360} \right) \dots \dots (3.10)$$

Dimana:

X_s = Jarak dari titik TS ke titik proyeksi pusat Y_s (m)

L_s = Panjang lengkung peralihan (m)

Θ_s = Sudut lengkung peralihan (m)

j. Jarak dari titik SC ke garis proyeksi TS

$$Y_s = L_s \times \left(\frac{\theta_s}{3} - \frac{\theta_s^3}{42} + \frac{\theta_s^5}{1320} - \frac{\theta_s^7}{75600} \right) \dots (3.11)$$

Dimana:

Y_s = Jarak dari titik SC ke garis proyeksi TS (m)

L_s = Panjang lengkung peralihan (m)

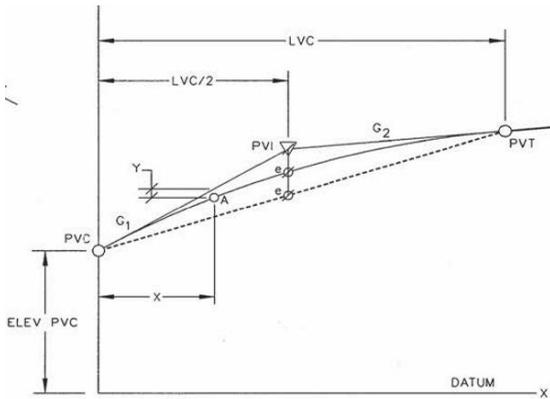
Θ_s = Sudut lengkung peralihan (m)

3.3.4. Alinyemen Vertikal

Alinemen vertikal adalah proyeksi sumbu jalan rel pada bidang vertikal yang melalui sumbu jalan rel.

3.3.4.1. Menentukan Alinyemen Vertikal

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



Gambar 3.5 Perencanaan Lengkung Vertikal
(Sumber: Transit Cooperative Research Program Report 155)

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

$$y = \frac{1}{2} x r x X \dots\dots\dots(3.12)$$

$$e = \frac{g2-g1}{8} x LVC \dots\dots\dots(3.13)$$

$$r = \frac{g1-g2}{LVC} \dots\dots\dots(3.14)$$

$$Rv = \frac{Lvc}{0.01 (G2-G1)} \dots\dots\dots (3.15)$$

$$\text{Elevasi PVC} = PV1 - G1x \frac{1}{2} xLVC \dots\dots(3.16)$$

$$\text{Elevasi PVT} = PV1 - G2x \frac{1}{2} xLVC \dots\dots(3.17)$$

Keterangan:

y = Panjang titik A ke titik Y

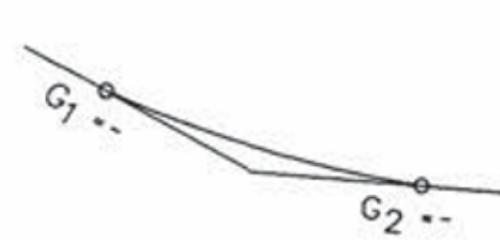
e = Panjang titik PVI ke titik e

Rv = jari-jari lengkung vertikal (m)

LVC = Panjang lengkung (kelipatan 100 ft)

Terdapat dua macam lengkung vertikal yaitu lengkung vertikal cekung dan cembung seperti pada **Gambar 3.6** dan **Gambar 3.7** dibawah.

a. Lengkung vertikal cekung (-)



Gambar 3. 6 Lengkung Vertikal Cekung
(Sumber: TCRP report 155)

b. Lengkung vertikal cembung (+)



Gambar 3. 7 Lengkung Vertikal Cembung
(Sumber: TCRP report 155)

3.3.4.2. Peninggian Rel

Pada lengkungan, elevasi rel pada bagian luar dibuat lebih tinggi sedangkan rel bagian dalam elevasinya tetap. Hal ini dilakukan untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang terjadi pada rangkaian kereta api. Besar peninggian yang terjadi pada jalan rel dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$E = 12 \times \frac{V^2}{R} \dots\dots\dots (3.18)$$

Dimana:

$$E = \text{Peninggian rel (mm)}$$

V	= kecepatan rencana (Km/jam)
R	= Jari – jari rencana (m)

3.3.5. Perencanaan Kontruksi Jalan Rel

Perencanaan konstruksi jalan rel ini didasarkan pada TCRP Report 155. Perencanaan konstruksi yang dilakukan meliputi: Perencanaan 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. (Menteri Perhubungan RI, 2012)

3.3.5.1. Kecepatan dan Beban Gandar

A. Kecepatan Rencana

Kecepatan Rencana merupakan kecepatan yang akan digunakan untuk merencanakan konstruksi jalan rel. Kecepatan rencana dapat dihitung seperti dibawah ini:

a) Untuk perencanaan struktur jalan rel.

$$V \text{ rencana} = 1,25 \times V \text{ maks} \dots\dots\dots(3.19)$$

b) Untuk perencanaan peninggian

$$V \text{ rencana} = c \times \frac{\sum Ni \times Vi}{\sum Ni} \dots\dots\dots (3.20)$$

Dimana:

C = 1,25

Ni = Jumlah Kereta api yang lewat

Vi = Kecepatan Operasi

- c) Untuk perencanaan x jari-jari lengkung lingkaran dan lengkung peralihan
 $V_{rencana} = V_{maks}$ (3.21)

B. Beban Gandar

Beban gandar adalah beban yang diterima oleh jalan rel dari satu gandar. Berdasarkan dari PT.INKA beban gandar untuk lebar jalan rel dengan dimensi 1435 mm untuk LRT adalah sebesar 12 ton.

C. Standart Jalan Rel

Standar jalan rel bertujuan untuk memenuhi kapasitas muatan jalan rel yang akan melintas.

- Klasifikasi Jalan Rel

Jalan rel diklasifikasikan berdasarkan daya angkut lintas per tahunnya, seperti yang tercantum pada **Tabel 3.2**

Tabel 3. 2 Tegangan Ijin Profil Rel Berdasarkan Kelas Jalan

Kelas Jalan	Daya Angkut Lintas (juta ton/tahun)	Kecepatan Rencana (km/jam)	Beban Gandar (ton)	Beban Roda Dinamis (kg)	Jenis Rel	Tegangan Dasar Rel (kg/cm ²)	Tegangan Ijin (kg/cm ²)
I	>20	120	18	19940	R-60	1042.3	1325
					R-54	1176.8	
II	10 -20	110	18	16241	R-54	1128.2	1325
					R-50	1231.8	
III	5-10	100	18	15542	R-54	1097.7	1663
					R-50	1178.8	
					R-42	1476.3	
IV	2.5-5	90	18	14842	R-54	1031	1843
					R-50	1125.8	
					R-42	1410	
V	>2.5	80	18	14144	R-42	1343.5	2000

(Sumber: Peraturan Dinas No.10 dan Penjelasannya)

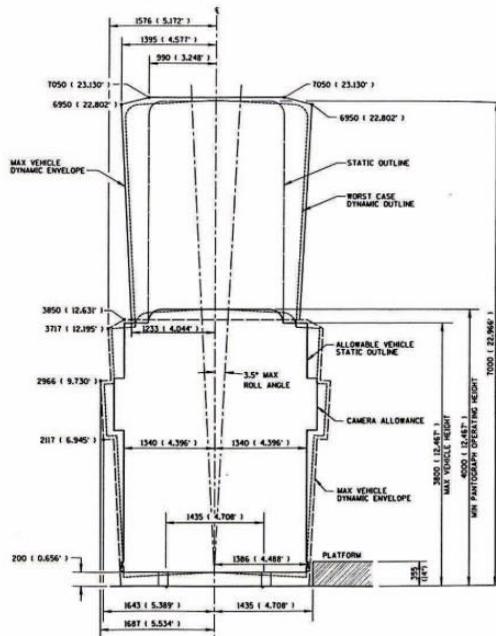
3.3.4.2. Pengalokasian Ruang Operasi

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.

A. Ruang Bebas

Ruang bebas adalah ruang di atas jalan rel yang senantiasa harus bebas dari segala rintangan dan benda penghalang. 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 LRT , dapat dilihat pada **Gambar 3.8**.



Gambar 3. 8 Ruang Bebas Lebar Rel 1435 mm Pada Jalur lurus untuk jalur single

(Sumber: *Transit Cooperative Research Program Report 155*)

B. Ruang Bangun

Ruang bangun adalah ruang disisi sepur yang senantiasa harus bebas dari segala bangunan tetap antarlain: 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)

3.3.6. Komponen Struktur Rel

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

3.3.6.1. Penentuan Dimensi Rel

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

ditetapkan sesuai dengan kelas jalannya. Jika suatu dimensi rel dengan beban roda tertetu menghasilkan $\sigma < \sigma$ ijin, maka dimensi rencana dianggap cukup.

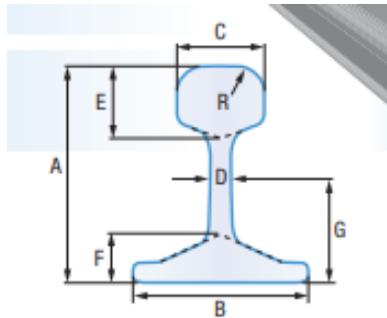
A. Karakteristik Penampang Rel

Karakteristik penampang rel harus memenuhi syarat dan ketentuan dimensi rel seperti yang tertera pada **Tabel 3.4.** dan **Gambar 3.9**

Tabel 3. 4 Karakterisitik Penampang Rel

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

(Sumber: *Transit Cooperative Research Program Report 155*)



Gambar 3. 9 Dimensi penampang rel

B. Dasar Perhitungan Jalan Rel

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. Alur perhitungan tegangan ijin yang terjadi pada rel akan dijelaskan dengan rumus sebagai berikut:

- Beban dinamis roda (Pd)

$$P_s = \frac{\text{Beban Gandar}}{2} \dots \dots \dots (3.22)$$

$$P_d = P_s + 0,01 \times P_s \times \left(\frac{V}{1,609} - 5 \right) \dots \dots \dots (3.23)$$

Dimana:

Pd = Beban dinamis roda (kg)

Ps = Beban statis roda (kg)

V = Kecepatan rencana (km/jam)

- Dumping factor (λ)

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{K}{4 \times E \times I_x}} \dots \dots \dots (3.24)$$

Dimana:

λ = Dumping factor (cm-1)

- K = Modulus elastisitas jalan rel = 180
kg/cm²
- E = Modulus elastisitas struktur rel =
2,1 x 10⁶ kg/cm²
- I_x = Momen inersia rel terhadap sumbu x-x
(cm⁴)

- Momen maksimum (Ma)

$$M_o = \left(\frac{Pd}{4 \times \lambda} \right) \dots \dots \dots (3.25)$$

$$M_a = 0,85 \times M_o \dots \dots \dots (3.26)$$

Dimana:

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

P_d = Beban dinamis roda (kg)

λ = Dumping factor

M_a = Momen maksimum (kg.cm)

- Tegangan ijin (σ)

$$\sigma = \frac{(M_a \times Y_b)}{I_x} \dots \dots \dots (3.27)$$

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

$$S_{base} = \frac{M_a}{W_b} \dots \dots \dots (3.28)$$

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).

3.3.7. 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 *workability*, 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.

3.3.7.1. Syarat Bantalan Beton

Menurut PM No 60 Tahun 2012, Bantalan beton merupakan struktur prategang maka harus memenuhi syarat sebagai berikut (untuk lebar jalan rel = 1435 mm):

- Kuat tekan karakteristik beton tidak kurang dari 600 kg/cm²
- Mutu baja prategang dengan tegangan putus (*tensile strength*) minimum sebesar 16.876 kg/cm² (1.655 MPa).
- harus mampu memikul momen minimum sebesar +2300 kg.m pada bagian dudukan rel dan -2100 kg m pada bagian tengah bantalan.
- Dimensi bantalan beton:
 - Panjang = 2.440 mm
 - Lebar maksimum = 330 mm
 - Tinggi maksimum = 220 mm
- Kontrol Kekuatan Beton

- Modulus Elastisitas berdasarkan nilai f_{cu}
 $E = 6400 \times \sqrt{f_{cu}} \dots \dots \dots (3.29)$

Dimana:

- E = Modulus elastisitas (kg/cm²)
- f_{cu} = Mutu beton

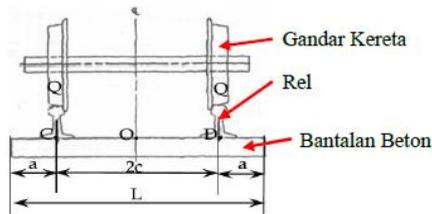
- Perhitungan λ beton di bawah rel dan tengah bantalan.

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{K}{4 \times E \times I_x}} \dots \dots \dots (3.30)$$

Dimana:

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

• Perhitungan Momen di Titik C dan D



Gambar 3. 10 Posisi Beban pada Bantalan (Q)
 (Sumber: *Transportation Research Board*, 2012)

$$Q = 60\% \times Pd \dots \dots \dots (3.31)$$

Dimana:

- Q = Beban yang diterima bantalan (kg)

Momen di titik C/D =

$$\frac{Q}{4\lambda} \times \frac{1}{(\sin\lambda \times L) + (\sinh\lambda \times L)} \times \left[\begin{array}{l} (2 \times \cosh^2 \lambda a) \times (\cos 2\lambda c + \cosh \lambda L) - \\ (2 \times \cosh^2 \lambda a) \times (\cosh 2\lambda c + \cos \lambda L) - \\ (\sinh 2\lambda a) \times (\sin 2\lambda c + \sinh \lambda L) - \\ (\sin 2\lambda a) \times (\sinh 2\lambda c + \sinh \lambda L) \end{array} \right] \dots (3.32)$$

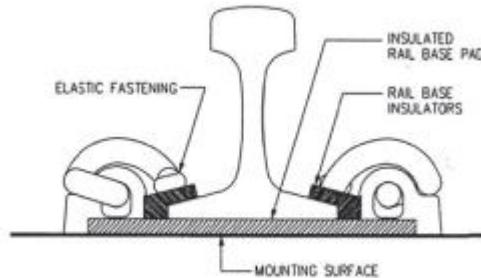
- Perhitungan momen di titik O (tengah bantalan)

$$-\frac{Q}{2\lambda} \times \frac{1}{(\sin\lambda \times L) + (\sinh\lambda \times L)} \times \left[\begin{array}{l} (\sinh \lambda c) \times (\sin \lambda c + \sinh \lambda (L-c)) + \\ (\sin \lambda c) \times (\sinh \lambda c + \sinh \lambda (L-c)) + \\ (\cosh \lambda c) \times (\cos \lambda (L-c)) - \\ (\cos \lambda c) \times (\cosh \lambda (L-c)) \end{array} \right] \dots (3.33)$$

3.3.8. Komponen Penambat Rel

Penambat rel berfungsi untuk mengaitkan batang rel dengan bantalan yang menjadi tumpuan batang rel tersebut agar batang rel tetap menyatu pada bantalannya dan berfungsi untuk menjaga kelebaran track (*track gauge*). Adapun penambat rel dibagi menjadi 2 yaitu penambatan rel kaku dan penambat rel elastis. Penambat rel kaku misalnya baut, mur, paku rel, sekrub, atau menggunakan tarpon yang dipasang menggunakan pelat landas (tempat perletakan batang rel juga lubang penambat) yang juga berfungsi untuk melindungi permukaan bantalan dari tindihan batang rel dan mentranfer beban *axle load* yang diterima dari rel di atasnya ke bantalan yang berada di bawahnya. Penambat kaku kini sudah tidak layak digunakan untuk jalan rel dengan frekuensi dan *axle load* yang tinggi. Namun demikian tetap diperlukan sebagai penambat rel pada bantalan kayu yang dipasang pada jalur wesel, jembatan, dan terowongan. Sedangkan penambat rel elastis adalah penambat yang dibuat untuk menghasilkan jalan rel kereta api yang berkualitas tinggi, yang biasanya digunakan pada jalan rel kereta api yang memiliki frekuensi dan *axle load* yang tinggi. Karena sifatnya yang elastis sehingga mampu mengabsorpsi getaran pada rel saat rangkaian KA melintas, oleh karena itu

perjalanan kereta api menjadi lebih nyaman dan dapat mengurangi resiko kerusakan pada rel maupun bantalannya. Detail penyusun komponen alat penambat dapat dilihat pada **Gambar 3.11**



Gambar 3. 11 Komponen Penambat Rel

(Sumber: *Transit Cooperative Research Program Report 155*)

3.3.9. Sambungan Rel

Sambungan rel merupakan konstruksi yang mengikat dua ujung rel yang bertujuan untuk operasi kereta api tetap aman dan nyaman. *Flash butt welding* adalah proses pengelasan yang dilakukan dengan dua ujung besi rel yang ingin dilas , kemudian diberi muatan listrik yang besar , ketika terjadi kontak maka akan terjadi kilatan listrik yang berfungsi memanaskan dan melelehkan kedua rel. Ketika rel sudah menyatu maka rel akan diratakan dan diperhalus saat masih berpijar. *Thermit welding* adalah penyambungan atau pengelasan antara dua batang rel melalui suatu reaksi kimia dengan menggunakan thermit (besioksida dengan bubuk aluminium).

3.3.10. Lapisan Balas dan Sub-Balas

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

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

3.3.10.1. Sub Balas

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

Lapisan sub-balas terdiri dari kerikil halus, kerikil sedang atau pasir kasar yang memenuhi syarat sebagai berikut:

Tabel 3. 5 Standar Saringan

Standar Saringan ASTM	Presentase Lolos (%)
2 ½'	100
¾'	55 – 100
No. 4	25 – 95
No. 40	5 – 35
No. 200	0 - 10

(Sumber: Menteri Perhubungan RI. 2012. **Peraturan Menteri Nomor 60 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api.**)

Untuk ketentuan sub-balas harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

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

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

3.3.10.2. Balas

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

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

Kemiringan lereng lapisan balas atas tidak boleh lebih curam dari 1:2, dan bahan balas atas dihampar hingga mencapai sama dengan elevasi bantalan. Material yang digunakan sebagai pembentuk balas harus memenuhi syarat berikut: Balas harus terdiri dari batu pecah (25 – 60) mm dan memiliki kapasitas ketahanan yang baik, ketahanan gesek yang tinggi dan mudah dipadatkan:

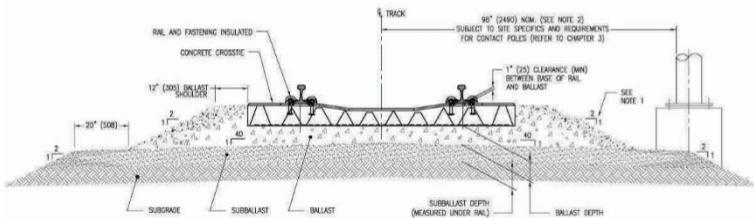
- a) Material balas harus bersudut banyak dan tajam;
- b) Porositas maksimum 3%;
- c) Kuat tekan rata-rata maksimum 1000 kg/cm²;
- d) Specific gravity minimum 2,6;
- e) Kandungan tanah, lumpur dan organik maksimum 0,5%;
- f) Kandungan minyak maksimum 0,2%;
- g) Keausan balas sesuai dengan test Los Angeles tidak boleh lebih dari 25%.

Berikut adalah detail dimensi balas dan sub balas berdasarkan TCRP Report 155 dijelaskan pada **Tabel 3.6**, **Gambar 3.12** dan **Gambar 3.13** di bawah ini

Tabel 3. 6 Dimensi Penampang Rel Melintang

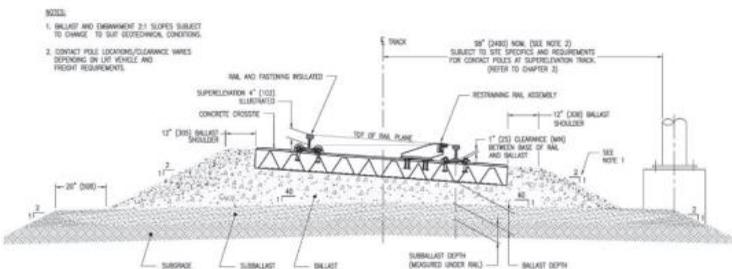
V maks km/jam	d1 cm	bs cm	k1 cm	d2 cm	k2 cm
95	25.5	60.5	365.8	20	365.8

(Sumber: *Transit Cooperative Research Program Report 155*)



Gambar 3. 12 Penampang Melintang Lebar Jalan Rel pada Bagian Lurus 1435 mm

(Sumber: *Transit Cooperative Research Program Report 155*)



Gambar 3. 13 Penampang Melintang Lebar Jalan Rel pada Bagian Lengkung 1435 mm

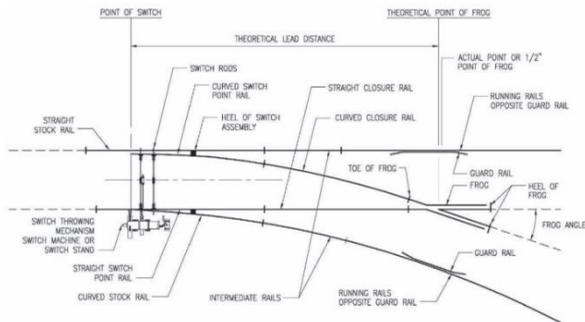
(Sumber: *Transit Cooperative Research Program Report 155*)

3.3.11. Wesel

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

sepur ke sepur yang lain. Wesel terdiri atas komponen-komponen sebagai berikut:

1. Lidah
2. Jarum beserta sayap-sayapnya
3. Rel lantak
4. Rel paksa
5. Sistem Penggerak



Gambar 3. 14 Detail komponen wesel
(Sumber: TCRP Report 155)

Tabel 3. 7 Nomor wesel dan kecepatan ijinnya

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

(Sumber: Menteri Perhubungan RI. 2012. **Peraturan Menteri Nomor 60** Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api.)

3.3.12. Gambar Rencana

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*, dan gambar potongan konstruksi jalan rel.

3.3.13. Kesimpulan

Kesimpulan merupakan hasil dari analisis perhitungan dan pengolahan data sekunder trase rel Ponorogo - Slahung.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

ANALISIS DAN DATA

Pada bab ini akan membahas tentang Analisis trase yang akan diterapkan pada jalur kereta api trase Ponorogo - Slahung. Dalam penentuan trase menggunakan trase eksisting yang pernah ada. Dan perencanaan geometrik menggunakan TCRP Report 155.

4.1. Evaluasi Trase Yang Pernah Ada

Jalur kereta api Ponorogo-Balong resmi dibuka sejauh 17 kilometer pada tahun 1907. Kemudian seiring meningkatnya pengangkutan batu gamping ke Slahung, maka dilanjutkan perpanjangan rel kereta api Balong-Slahung dengan panjang jalur kereta api sejauh 25,5 km pada tahun 1922. Jalur kereta api Ponorogo-Slahung resmi ditutup pada tahun 1983 karena kalah bersaing dengan mobil pribadi dan angkutan umum

Survey lapangan digunakan secara langsung guna untuk mengetahui kondisi trase yang pernah ada. Survey dilakukan dengan menyusuri trase yang pernah ada mulai dari Stasiun Ponorogo, Stasiun Jetis, Stasiun Balong sampai Stasiun Slahung dengan panjang trase ± 25.5 km. Survey dilakukan dengan mengidentifikasi bukti trase yang pernah ada melalui patok – patok milik PT. KAI yang terdapat di sepanjang trase Ponorogo – Slahung. Berikut adalah hasil survey penulis pada **Gambar 4.1** dibawah:



Gambar 4. 1 Trase Jalan Rel Ponorogo – Slahung Yang Pernah ada

4.2. Hasil dan Pembahasan Survei Trase

Hasil survei dibagi menjadi beberapa lokasi disekitar patok PT KAI yang memiliki kondisi lingkungan serupa. Berdasarkan hasil survei trase rel yang pernah ada, maka solusi yang akan digunakan untuk reaktivasi jalan rel Ponorogo – Slahung adalah sebagai berikut:

1. Koordinat $7^{\circ}51'41.84''\text{S}$ $111^{\circ}28'09.80''\text{E}$

Jalan rel kereta api jalur Ponorogo - Slahung masih menggunakan rel single track untuk saat ini. Emplasmen tidak dapat memperkirakan berapa jalur karena kondisi rel yang sudah tidak utuh akibat telah tertimbun tanah. Kondisi stasiun Ponorogo sekarang beralih fungsi mejadi pasar penduduk sekitar seperti pada **Gambar 4.2**.



Gambar 4.2 Stasiun Ponorogo

2. Koordinat $7^{\circ}52'15.95''\text{S}$ $111^{\circ}28'31.79''\text{E}$

Jalan rel kereta api jalur Ponorogo – Slahung sudah tidak terlihat dipermukaan namun masih terdapat beberapa sisa peninggalan berupa rel kereta api yang sudah menjadi tiang pada trase Ponorogo –Slahung seperti pada **Gambar 4.3**.



Gambar 4. 3 Rel kereta api yang sudah menjadi tiang

3. Koordinat $7^{\circ}52'15.95''S$ $111^{\circ}28'41.33''E$

Pada titik ini yaitu terdapat di jalan gajah mada, kondisi jalan rel tidak dapat terlihat karena tertimbun jalan raya. Namun jalan gajah mada ditikungan masih terdapat bekas rel kereta api yang sudah menjadi tiang seperti pada **Gambar 4.4**.



Gambar 4. 4 Rel kereta api yang sudah menjadi tiang

4. Koordinat $7^{\circ}52'15.07''\text{S}$ $111^{\circ}28'56.95''\text{E}$

Pada lokasi titik tersebut melintasi bunderan yang merupakan jalan rel Ponorogo – Slahung. Meskipun rel kereta api sudah tidak terlihat karena tertimbun jalan raya tetapi masih terdapat patok milik PT.KAI yang menandakan kepemilikan tanah masih sah milik PT.KAI seperti pada **Gambar 4.5**.



Gambar 4.5 Patok milik PT.KAI

5. Koordinat $7^{\circ}52'14.53''\text{S}$ $111^{\circ}29'16.15''\text{E}$

Kondisi Jalan rel saat ini berbatasan langsung dengan jalan raya dan pertokoan. Hanya terdapat patok milik PT.KAI seperti pada **Gambar 4.6**.



Gambar 4.6 Patok milik PT.KAI

6. Koordinat $7^{\circ}52'17.11''\text{S}$ $111^{\circ}29'33.67''\text{E}$

Kondisi jalan rel kereta api jalur Ponorogo – Slahung sudah tidak terlihat dipermukaan karena sudah menjadi pertokoan, namun masih terdapat beberapa sisa peninggalan patok PT.KAI seperti pada **Gambar 4.7**.



Gambar 4. 7 Patok milik PT.KAI

7. Koordinat $7^{\circ}52'38.30''\text{S}$ $111^{\circ}29'34.17''\text{E}$

Pada titik ini kondisi jalan rel tidak dapat terlihat karena tertimbun tanah dan berbatasan dengan jalan raya hanya terdapat patok PT.KAI seperti pada **Gambar 4.8**.



Gambar 4. 8 Patok PT.KAI.

8. Koordinat $7^{\circ}52'54.99''S$ $111^{\circ}29'32.95''E$

Kondisi eksisting jalan rel saat ini masih dapat terlihat berupa rel kereta api yang masih utuh, namun terdapat bangunan diatasnya seperti pada **Gambar 4.9**.



Gambar 4. 9 Jalan rel kereta api yang masih terlihat

9. Koordinat $7^{\circ}53'07.12''\text{S}$ $111^{\circ}29'31.24''\text{E}$

Pada titik ini kondisi jalan rel tidak dapat terlihat karena tertimbun dengan bangunan pertokoan tanah dan berbatasan dengan jalan raya hanya terdapat patok bekas rel kereta api seperti pada **Gambar 4.10**.



Gambar 4. 10 Bekas rel kereta api

10. Koordinat $7^{\circ}53'28.82''\text{S}$ $111^{\circ}29'25.85''\text{E}$

Kondisi Jalan rel saat ini tidak terlihat lagi karena tertimbun tanah dan jalan rel berbatasan langsung dengan jalan raya dan pagar bangunan rumah. Hanya terdapat patok bekas rel kereta api seperti pada **Gambar 4.11**.



Gambar 4. 11 Patok bekas rel kereta api

11. Koordinat $7^{\circ}53'44.93''S$ $111^{\circ}29'21.76''E$

Pada trase ini rel eksting masih dapat ditemukan. Lokasi rel terletak disebelah kanan jalan raya dari Ponorogo ke Slahung. Namun, lokasi rel eksisting bersampingan dengan perumahan warga seperti pada **Gambar 4.12**.



Gambar 4. 12 Kondisi rel eksisting masih dapat terlihat.

12. Koordinat $7^{\circ}54'08.60''S$ $111^{\circ}29'14.16''E$

Kondisi rel eksisting pada trase ini, rel masih dapat dilihat dengan jelas dan rel berbatasan dengan pemukiman warga. Untuk pengaktifan kembali dengan jalur ganda pada titik ini perlu diadakan pembebasan lahan seperti pada **Gambar 4.13**.



Gambar 4.13 Kondisi jalur rel kereta api

13. Koordinat $7^{\circ}54'23.87''S$ $111^{\circ}29'03.48''E$

Pada lokasi terdapat bekas jalan rel Ponorogo–Slahung yang kondisinya rel eksisting masih dapat terlihat dengan jelas. Lokasi rel sejajar dengan jalan raya dan usaha warga setempat terlihat pada **Gambar 4.14**.



Gambar 4. 14 Kondisi rel

14. Koordinat $7^{\circ}54'44.48''S$ $111^{\circ}29'03.60''E$

Pada lokasi terdapat bekas jalan rel Ponorogo – Slahung yang kondisi rel masih terlihat dengan jelas dan juga terdapat patok dan papan tanda tanah milik PT. KAI. Terlihat pada **Gambar 4.15**.



Gambar 4. 15 Dokumentasi rel

15. Koordinat $7^{\circ}55'07.85''\text{S}$ $111^{\circ}28'56.28''\text{E}$

Pada lokasi ini terdapat sisa jembatan jalan rel Ponorogo – Slahung dimana masih ada bekas pondasi jembatan yang masih dapat terlihat meskipun kondisi jembatan sudah sangat tidak bagus. Jika dilakukan reaktivasi pada lokasi ini maka jembatan harus dibangun baru karena rangka pada jembatan sudah tidak ada seperti pada **Gambar 4.16**.



Gambar 4. 16 Kondisi jembatan jalan rel

16. Koordinat $7^{\circ}55'41.25''\text{S}$ $111^{\circ}28'44.36''\text{E}$

Pada titik ini rel sudah tidak dapat ditemukan namun terdapat sisa peninggalan jalur kereta api Ponorogo – Slahung berupa patok milik PT.KAI yang terdapat ditengah persawahan. jika dilakukan reaktivasi pada lokasi ini maka dibutuhkan pembebasan lahan persawahan seperti pada **Gambar 4.17**.



Gambar 4. 17 Patok milik PT.KAI

17. Koordinat $7^{\circ}56'01.44''S$ $111^{\circ}28'34.90''E$

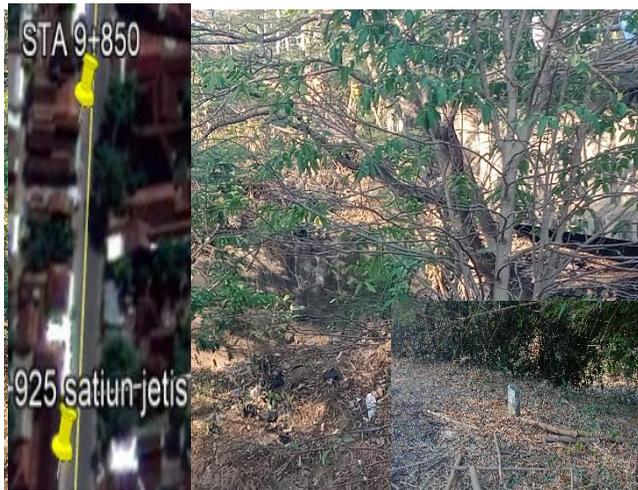
Pada lokasi ini hanya terdapat patok milik PT.KAI yang menunjukkan tanah masih resmi milik PT.KAI untuk kondisi rel eksisting sudah tidak dapat terlihat seperti pada **Gambar 4.18**.



Gambar 4. 18 Patok milik PT.KAI.

18. Koordinat $7^{\circ}56'02.79''S$ $111^{\circ}28'34.79''E$

Pada titik ini rel sudah tidak dapat ditemukan namun terdapat sisa peninggalan jalur kereta api Ponorogo – Slahung berupa sisa pondasi jembatan dan patok milik PT.KAI. jika dilakukan reaktivasi pada lokasi ini maka dibutuhkan kontruksi jembatan baru untuk menghubungkan trase selanjutnya seperti pada **Gambar 4.19**.



Gambar 4. 19 Dokumentasi pondasi dan patok PT.KAI.

19. Koordinat $7^{\circ}56'03.92''S$ $111^{\circ}28'33.95''E$

Stasiun Jeris berada disebelah kanan jalan raya Gajahmada dari arah Ponorogo. Kondisi bangunan stasiun Jetis masih cukup baik. Didepan bangunan stasiun terdapat papan tanda tanah milik aset PT. KAI. Masih ada dan terlihat jelas tulisan “Aset milik PT.Kereta Api Indonesia (Persero)” pada dinding stasiun. Jika ingin melakukan reaktivasi pada stasiun jetis, maka perlu dilakukan perbaikan bangunan. Untuk kondisi Stasiun Jetis Seperti pada **Gambar 4.20**.



Gambar 4. 20 Kondisi Stasiun Jetis

20. Koordinat $7^{\circ}56'25.08''S$ $111^{\circ}28'26.00''E$

Pada lokasi ini tidak terdapat bekas jalan rel Ponorogo – Slahung yang kondisi rel sudah tertimbun tanah tetapi terdapat patok dan papan tanda tanah milik PT. KAI. Terlihat pada **Gambar 4.21**.



Gambar 4. 21 patok milik PT.KAI.

21. Koordinat $7^{\circ}56'51.20''S$ $111^{\circ}28'17.11''E$

Pada titik ini rel sudah tidak dapat ditemukan namun terdapat sisa peninggalan jalur kereta api Ponorogo – Slahung berupa patok milik PT.KAI yang terdapat ditengah persawahan. jika dilakukan reaktivasi pada lokasi ini maka dibutuhkan pembebasan lahan persawahan seperti pada **Gambar 4.22**.



Gambar 4. 22 Patok milik PT.KAI

22. Koordinat $7^{\circ}57'13.10''S$ $111^{\circ}28'08.06''E$

Kondisi rel eksisting, rel masih dapat dilihat dengan jelas dan rel berbatasan dengan pemukiman warga. Untuk pengaktifan kembali dengan jalur ganda pada titik ini perlu diadakan pembebasan lahan seperti pada **Gambar 4.23**.



Gambar 4. 23 Kondisi rel

23. Koordinat $7^{\circ}57'32.97''\text{S}$ $111^{\circ}28'00.96''\text{E}$

Kondisi eksisting rel sudah tidak dapat terlihat karena tertimbun tanah. Posisi rel terletak bersebelahan dengan jalan raya. Pada titik ini terdapat patok dan papan tanda tanah milik PT. KAI. Terlihat pada **Gambar 4.24**.



Gambar 4. 24 Kondisi eksisting rel

24. Koordinat $7^{\circ}57'38.45''S$ $111^{\circ}27'51.33''E$

Pada lokasi ini jalan rel eksisting berada di Jl. Ngasinan kondisi sudah tertimbun tanah dan lokasi rel eksisting bersampingan dengan perumahan warga. Dokumentasi survei lapangan dan letak lokasi ini dapat dilihat pada **Gambar 4.25**.



Gambar 4. 25 Patok milik PT.KAI

25. Koordinat $7^{\circ}57'32.56''\text{S}$ $111^{\circ}27'10.96''\text{E}$

Pada titik ini kondisi rel eksisting, rel tidak dapat dilihat karena tertimbun tanah dan rel berbatasan dengan pemukiman warga. Untuk pengaktifan kembali dengan jalur ganda pada titik ini perlu diadakan pembebasan lahan seperti pada **Gambar 4.26**.



Gambar 4. 26 Patok milik PT.KAI

26. Koordinat $7^{\circ}57'30.67''\text{S}$ $111^{\circ}26'53.87''\text{E}$

Pada lokasi sudah tidak terdapat bekas jalan rel Ponorogo-Slahung. Batang rel sudah tidak ada yang tersisa namun terdapat papan tanda tanah milik PT. KAI. Terlihat pada **Gambar 4.27**.



Gambar 4. 27 Dokumentasi kondisi rel kereta api

27. Koordinat $7^{\circ}57'28.63''\text{S}$ $111^{\circ}26'35.01''\text{E}$

Pada trase ini rel eksting masih dapat ditemukan. Lokasi rel terletak disebelah kanan jalan raya dari Ponorogo ke Slahung. Namun, lokasi rel eksisting bersampingan dengan perumahan warga seperti pada **Gambar 4.28**.



Gambar 4. 28 Kondisi rel pada

28. Koordinat $7^{\circ}57'27.31''\text{S}$ $111^{\circ}26'21.72''\text{E}$

Stasiun Balong berada di Jl. Raya Balong, kondisi bangunan stasiun Balong saat ini masih cukup baik dan masih terlihat jelas tulisan “Balong” di dinding stasiun. Seperti pada **Gambar 4.29**.



Gambar 4. 29 Stasiun Balong

29. Koordinat $7^{\circ}57'40.05''\text{S}$ $111^{\circ}26'08.92''\text{E}$

Di samping jalan terlihat ada papan aset milik PT. KAI berdiri dan juga berada di pemukiman warga. Lokasi rel tidak dapat ditemukan lagi karena tertimbun tanah. Jika ingin melakukan reaktivasi pada lokasi ini maka sebagian pemukiman penduduk harus dibongkar seperti pada **Gambar 4.30**.



Gambar 4. 30 Dokumentasi kondisi rel

30. Koordinat $7^{\circ}58'11.02''S$ $111^{\circ}25'54.91''E$

Pada lokasi ini sudah tidak terdapat bekas jalan rel Ponorogo-Slahung. Batang rel sudah tidak ada yang tersisa namun terdapat patok dan papan tanda tanah milik PT. KAI. Terlihat pada **Gambar 4.31**.



Gambar 4. 31 Dokumentasi

31. Koordinat $7^{\circ}58'38.19''S$ $111^{\circ}25'45.63''E$

Pada titik ini rel sudah tidak dapat ditemukan namun terdapat sisa peninggalan jalur kereta api Ponorogo – Slahung berupa patok milik PT.KAI yang terdapat di pemukiman rumah warga. jika dilakukan reaktivasi pada lokasi ini maka dibutuhkan pembebasan pemukiman rumah warga seperti pada **Gambar 4.32**.



Gambar 4. 32 Papan tanda tanah milik PT.KAI.

32. Koordinat $7^{\circ}58'52.55''S$ $111^{\circ}25'41.71''E$

Kondisi eksisting rel sudah tidak dapat terlihat karena tertimbun tanah. Posisi rel terletak di pemukiman rumah warga. Pada titik ini terdapat patok milik PT. KAI. Terlihat pada **Gambar 4.33**.



Gambar 4. 33 Patok milik PT.KAI.

33. Koordinat $7^{\circ}59'21.53''S$ $111^{\circ}25'33.68''E$

Pada lokasi ini rel sudah tidak dapat ditemukan namun terdapat sisa peninggalan jalur kereta api Ponorogo – Slahung berupa papan tanda tanah milik PT.KAI yang terdapat ditengah persawahan. jika dilakukan reaktivasi pada lokasi ini maka dibutuhkan pembebasan lahan persawahan seperti pada **Gambar 4.34**.



Gambar 4. 34 Dokumentasi papan tanda tanah milik PT.KAI.

34. Koordinat $7^{\circ}59'38.10''S$ $111^{\circ}25'30.10''E$

Kondisi Jalan rel saat ini tidak terlihat lagi karena tertimbun tanah dan jalan rel berbatasan langsung dengan dinding bangunan dan pagar bangunan rumah warga. Hanya terdapat patok bekas rel kereta api seperti pada **Gambar 4.35**.



Gambar 4. 35 Patok milik PT.KAI

35. Koordinat $8^{\circ}00'05.21''S$ $111^{\circ}25'22.13''E$

Kondisi eksisting rel sudah tidak dapat terlihat karena tertimbun tanah. Posisi rel terletak di belakang pemukiman rumah warga. Pada titik ini terdapat patok milik PT. KAI. Terlihat pada **Gambar 4.36**.



Gambar 4. 36 Patok milik PT.KAI

36. Koordinat $8^{\circ}00'41.17''S$ $111^{\circ}25'07.97''E$

Pada titik ini rel sudah tidak dapat ditemukan namun terdapat sisa peninggalan jalur kereta api Ponorogo – Slahung berupa papan tanda tanah milik PT.KAI yang terdapat di persawahan. jika dilakukan reaktivasi pada lokasi ini maka dibutuhkan pembebasan lahan persawahan seperti pada **Gambar 4.37**.



Gambar 4. 37 Dokumentasi papan tanda tanah milik PT.KAI

37. Koordinat $8^{\circ}01'12.79''S$ $111^{\circ}25'02.49''E$

Terdapat di Jl. Jend. A. Yani. Dtitik ini kondisi rel eksisting sudah tidak terlihat karena tertimbun dengan tanah dan pemukiman rumah warga. Jika dilakukan reaktivasi pada koordinat ini maka dibutuhkan pembebasan lahan pemukiman rumah warga seperti **Gambar 4.38**.



Gambar 4. 38 Patok milik PT.KAI.

38. Koordinat $8^{\circ}00'28.45''S$ $111^{\circ}24'56.68''E$

Pada titik ini jalan rel sudah menjadi area perkebunan. Hanya terdapat patok milik PT. KAI yang menandakan tanah masih resmi milik PT.KAI. Seperti pada **Gambar 4.39**.



Gambar 4. 39 Dokumentasi papan tanda tanah milik PT.KAI.

39. Koordinat $8^{\circ}01'54.52''S$ $111^{\circ}24'50.5''E$

Kondisi bangunan stasiun Slahung saat ini masih cukup baik dan terlihat dengan jelas tulisan “Slahung”, namun disekitar stasiun sudah menjadi pemukiman rumah warga seperti pada **Gambar 4.40**.



Gambar 4. 40 Dokumentasi stasiun Slahung

Jika dilakukan reaktivasi maka dibutuhkan pembebasan lahan pemukiman rumah warga agar stasiun dapat digunakan seperti semula.

4.3. Konsep Reaktivasi

Kondisi rel berdasarkan hasil survey yang sudah dilakukan maka disimpulkan kebanyakan dari trase jalan rel Ponorogo-Slahung beralih fungsi menjadi pemukiman warga, persawahan, perkebunan dan juga terdapat banyak jalan rel yang sudah tertimbun tanah maupun jalan raya. Beberapa stasiun yang dilewati juga beralih fungsi salah satu menjadi pasar dan ada juga terbengkalai kosong. Penentuan konsep reaktivasi dilakukan beberapa pertimbangan ditinjau berdasarkan hasil survey untuk menentukan moda transportasi kererta apa yang sesuai berdasarkan kondisi eksisting yang dapat dioperasikan pada trase tersebut. Untuk menentukan konsep reaktivasi dari hasil survey tersebut menjadi pertimbangan dimana secara umum jenis kereta tersebut adalah *heavy rail* atau *light rail*. Adapun beberapa pertimbangan dalam memilih jenis kereta antara lain:

a. Posisi Rel Terhadap Jalan Dan Pemukiman

Kondisi rel lingkungan sekitar dari hasil survey adalah beberapa trase jalan rel masih terlihat utuh namun ada juga banyak trase jalan rel yang sudah tertimbun tanah, jalan raya, maupun beralih fungsi menjadi persawahan warga dan perkebunan. Trase jalan rel sebelumnya merupakan akses yang melewati pemukiman sekitar dan akses menuju perkotaan Ponorogo-Slahung. dari akses jalan dan beberapa melewati pemukiman warga dan juga perkotaan. Maka diperlukan jenis moda kereta api yang dapat digunakan dan memberi pengaruh terhadap aktivitas disekitar. Ketersedian ruang bangun untuk jalan rel masih cukup luas karena meskipun beberapa berbatasan dengan rumah warga tetapi dibagian belakang masih terdapat lahan kosong seperti

persawahan. Pada daerah ini akan direncanakan satu jalur trase kereta api karena didaerah Ponorogo - Slahung termaksud wilayah yang tidak padat penduduk.

b. Posisi Lahan Eksisting Di Kawasan Perkotaan

Kondisi trase eksisting di sepanjang jalur Ponorogo-Slahung ini terdapat beberapa tikungan yang memiliki jari jari tikungan yang besar dan melintasi perkotaan Ponorogo-Slahung, namun jari-jari tikungan akan disesuaikan berdasarkan kondisi eksisting seperti pemukiman warga sekitar. Menurut hasil survey maka disimpulkan jenis moda kereta api yang sesuai dengan kondisi tersebut adalah jenis *Light Rail Transit* (LRT) karena salah satu kelebihan dari LRT merupakan salah satu sistem kereta api penumpang yang dapat beroperasi dikawasan perkotaan yang konstruksinya ringan dan bisa berjalan dengan lalu lintas lain. Oleh karena itu akan lebih mudah untuk merencanakan jenis kereta yang sesuai dengan kondisi eksisting jalur Ponorogo – Slahung.

c. Kecepatan rencana

Kecepatan rencana yang akan digunakan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini adalah 40 km/jam. Karena berdasarkan kondisi eksisting dari hasil suvey lapangan yang sudah dijelaskan diatas. Berdasarkan acuan yang digunakan yaitu *TCRP Report 155* jenis kereta *Light Rail* dapat menggunakan kecepatan operasional antara 65 km/jam sampai 90 km/jam. Tetapi juga dapat menggunakan kecepatan dibawah kecepatan operasional tergantung dari kondisi eksisting daerah yang akan direncanakan.

Maka dari kesimpulan diatas maka direncanakan moda transportasi yang akan digunakan untuk perencanaan trase dari Ponorogo-Slahung adalah moda transportasi *Light Rail Transit* (LRT) dengan lebar sepur 1435 mm, dengan kecepatan rencana 40 km/jam.

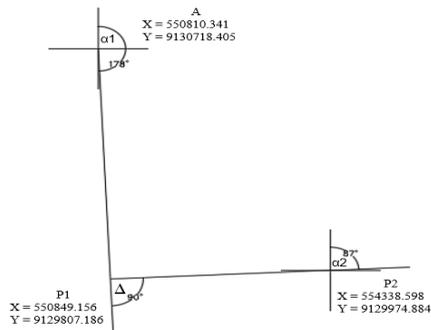
4.4. Perencanaan Geometrik

Dalam merencanakan perhitungan geometrik jalan rel terdapat beberapa faktor yang harus diperhatikan yaitu:

- Trase yang digunakan adalah trase eksisting.
- Kecepatan rencana adalah 40 km/jam.
- Menggunakan lebar sepur 1435 mm.
- 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 dengan sampel trase pada titik A, PI 1, PI 2 yang akan ditampilkan pada **Gambar 4.41**:



Gambar 4. 41 Contoh Trase Pada Titik A, PI 1, PI 2

a) Mencari nilai ΔX dan ΔY

$$\begin{aligned} \text{Koordinat } \Delta X (\text{PI 1}) &= X(\text{PI 1}) - X(\text{A}) \\ &= 550849.156 - 550810.341 \\ &= 38.815 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Koordinat } \Delta Y (\text{PI 1}) &= Y(\text{PI 1}) - Y(\text{A}) \\ &= 9129807.186 - 9130718.405 \\ &= -911.219 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Koordinat } \Delta X (\text{PI 2}) &= X(\text{PI 2}) - X(\text{PI 1}) \\ &= 554338.598 - 550849.156 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 3489.442 \\
 \text{Koordinat } \Delta Y \text{ (PI 2)} &= Y(\text{PI 2}) - Y(\text{PI 1}) \\
 &= 9129974.884 - 9129807.186 \\
 &= 167.698
 \end{aligned}$$

b) Mencari Panjang trase tiap titik (L)

$$\begin{aligned}
 \text{Titik A ke titik PI 1} &= \sqrt{\Delta X (\text{PI 1})^2 + \Delta Y (\text{PI 1})^2} \\
 &= \sqrt{38.815^2 + (-911.219)^2} \\
 &= 912.045
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Titik PI 1 ke titik PI 2} &= \sqrt{\Delta X (\text{PI 2})^2 + \Delta Y (\text{PI 2})^2} \\
 &= \sqrt{3489.442^2 + 167.698^2} \\
 &= 3493.469
 \end{aligned}$$

c) Mencari sudut azimuth

$$\begin{aligned}
 \text{Sudut } \alpha 1 \text{ (Kuadran 2)} &= \tan^{-1} \times \frac{\text{koordinat } \Delta X (\text{PI 1})}{\text{koordinat } \Delta Y (\text{PI 1})} + 180 \\
 &= \tan^{-1} \times \frac{38.815}{-911.219} + 360 \\
 &= 177.561
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sudut } \alpha 2 \text{ (Kuadran 1)} &= \tan^{-1} \times \frac{\text{koordinat } \Delta X (\text{PI 2})}{\text{koordinat } \Delta Y (\text{PI 2})} \\
 &= \tan^{-1} \times \frac{3489.442}{167.698} + 180 \\
 &= 87.249
 \end{aligned}$$

d) Mencari sudut tikungan PI 1

$$\begin{aligned}
 &= \text{sudut azimuth PI 2} - \text{sudut} \\
 &\text{azimuth PI 1} \\
 &= 87.249 - 177.561 \\
 &= -90.312
 \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan lebih lengkap dari perhitungan azimuth (α) dan sudut tikungan (Δ) disajikan pada **Tabel 4.1**

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Sudut Azimuth (α) dan Sudut Tikungan (Δ)

Titik	Koordinat		Δ		Panjang Trase	Kuadran	Azimuth ($^{\circ}$)	Sudut Tikungan
	x	y	x	y				
A	550810.341	9130718.405						
P1	550849.156	9129807.186	38.815	-911.219	912.045	2	177.561	-90.312
P2	554338.598	9129974.884	3489.442	167.698	3493.469	1	87.249	94.419
P3	554292.94	9128407.001	-45.658	-1567.883	1568.548	3	181.668	15.111
P4	552861.815	9123660.467	-1431.125	-4746.534	4957.591	3	196.779	31.334
P5	552689.838	9123506.231	-171.977	-154.236	231.008	3	228.113	-26.965
P6	550400.082	9117586.94	-2289.756	-5919.291	6346.731	3	201.148	76.466
P7	547244.141	9118008.792	-3155.941	421.852	3184.010	4	277.614	-82.960
P8	546509.53	9115199.259	-734.611	-2809.533	2903.985	3	194.653	10.934
P9	546147.491	9114443.182	-362.039	-756.077	838.287	3	205.587	-205.587
B	545604.035	9112139.98	-543.456	-2303.202	2366.450			

4.4.2. Perhitungan Lengkung Horizontal

Perencanaan alinyemen horizontal menggunakan parameter lengkung SCS (*Spiral-Circle-Spiral*). Berikut adalah contoh perhitungan lengkung horizontal pada titik P1 menggunakan parameter dibawah ini:

- ΔPI = - 90.132
 - 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)
- $$\begin{aligned} L_s &= 0,008 \times V \times E \\ &= 0,008 \times 40 \times 96 \\ &= 30,72 \text{ m} \end{aligned}$$
- c) Sudut lengkung peralihan / spiral (Θ_s)
- $$\begin{aligned} \Theta_s &= \frac{1}{2} \times \frac{L_s}{R} \\ &= \frac{1}{2} \times \frac{30,72}{200} \\ &= 0.0768 \text{ rad} = 4.4025^\circ \end{aligned}$$
- d) Panjang Lengkung circle (Lc)
- $$\begin{aligned} L_c &= \frac{\Delta c - 2\theta_s}{Dc} \times 100 \\ &= \frac{90,132 - 2(4.4025^\circ)}{873.188} \times 100 \\ &= 9.334 \text{ m} \end{aligned}$$
- e) Jarak dari busur lingkaran tergeser terhadap sudut tangen
- $$\begin{aligned} p &= L_s \times \frac{\theta_s}{12} - \frac{\theta_s^3}{335} + \frac{\theta_s^5}{15840} \\ &= 30,72 \times \frac{4.4025}{12} - \frac{4.4025^3}{335} + \frac{4.4025^5}{15840} \\ &= 6,67 \text{ m} \end{aligned}$$

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)

$$\begin{aligned} Ts &= (R + p) \times \operatorname{tg}\left(\frac{1}{2}\Delta\right) + k \\ &= (200 + 6,67) \times \operatorname{tg}(-90.132/2) + 9,07 \\ &= 502,1048 \text{ m} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} E &= (R+p) \cos\left(\frac{1}{\cos\frac{\Delta}{2}} - 1\right) + p \\ &= (200+6,67) \cos\left(\frac{1}{\cos\frac{-90,132}{2}} - 1\right) + 6,67 \\ &= 1707,773 \text{ m} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} Xs &= Ls \times \left(1 - \frac{\theta s^2}{10} + \frac{\theta s^4}{216} - \frac{\theta s^6}{9360} \right) \\ &= 30,72 \times \left(1 - \frac{4,4035^2}{10} + \frac{4,4035^4}{216} - \frac{4,4035^6}{9360} \right) \\ &= 0.078 \text{ m} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} Ys &= Ls \times \left(\frac{\theta s}{3} - \frac{\theta s^3}{42} + \frac{\theta s^5}{1320} - \frac{\theta s^7}{75600} \right) \\ &= 30,72 \times \left(\frac{4,4025}{3} - \frac{4,4025^3}{42} + \frac{4,4025^5}{1320} - \frac{4,4025^7}{75600} \right) \\ &= 8,1330 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan lebih lengkap dari perhitungan alinyemen horizontal disajikan pada **Tabel 4.2** Perhitungan Alinyemen Horizontal.

Tabel 4. 2 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Alinyemen Horizontal

Titik	Δ (°)	R min (m)	R rencana (m)	R rencana (feet)	V rencana (km/jam)	V rencana (m/s)	Lt (m)	Da	E(mm)	Ls(m)	θ_s	p	k	Ts	Es	Lc	Xs	Ys
A																		
P1	90.312	25	200	656	40	11.11	22.8	873.188	96	30.72	4.403	6.67638	9.07	502.105	1707.773	9.334	0.709	8.133
P2	94.419	25	300	984	40	11.11	22.8	582.125	64	20.48	1.957	2.919877	9.06	35.132	277.529	15.548	13.906	10.120
P3	15.111	25	200	656	40	11.11	22.8	873.188	96	30.72	4.403	6.67638	9.07	680.250	1875.452	0.722	0.709	8.133
P4	31.334	25	200	656	40	11.11	22.8	873.188	96	30.72	4.403	6.67638	9.07	0.642	966.325	2.580	0.709	8.133
P5	26.965	25	200	656	40	11.11	22.8	873.188	96	30.72	4.403	6.67638	9.07	278.327	1512.605	2.080	0.709	8.133
P6	76.466	25	200	656	40	11.11	22.8	873.188	96	30.72	4.403	6.67638	9.07	131.195	1413.234	7.749	0.709	8.133
P7	82.960	25	200	656	40	11.11	22.8	873.188	96	30.72	4.403	6.67638	9.07	162.793	915.598	8.492	0.709	8.133
P8	10.934	25	200	656	40	11.11	22.8	873.188	96	30.72	4.403	6.67638	9.07	-210.787	1474.924	0.244	0.709	8.133
P9	205.587	25	200	656	40	11.11	22.8	873.188	96	30.72	4.403	6.67638	9.07	-240.481	849.149	22.536	0.709	8.133
B	0.000	25	200	656	40	11.11	22.8	873.188	96	30.72	4.403	6.67638	9.07	9.072	1379.850	-1.008	0.709	8.133

4.4.3. Alinyemen Vertikal

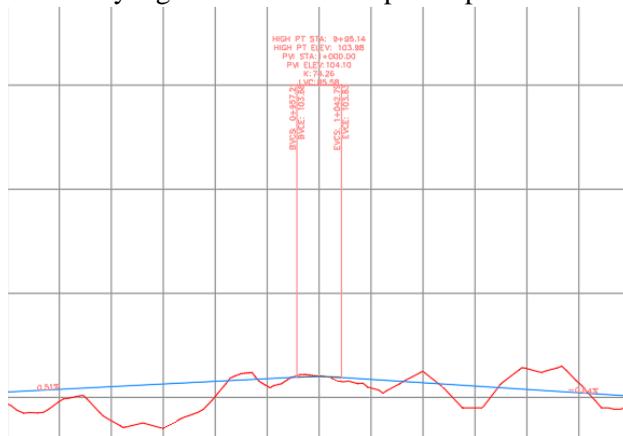
Alinyemen vertikal atau biasa juga disebut penampang melintang jalan didefinisikan sebagai perpotongan antara potongan bidang vertikal dengan badan jalan arah memanjang (Sukirman, 1994). Berikut ini adalah parameter yang harus dikerjakan dalam menentukan perhitungan alinyemen vertikal:

A. Elevasi Eksisting

Penentuan elevasi titik koordinat dilakukan dengan membagi trase sepanjang ± 25500 m. Untuk perhitungan elevasi dilakukan dengan melihat program Civil 3D. Untuk gradient maksimum pada jalan rel untuk LRT menurut TCRP Report 155 sebesar 4.0 %.

B. Perhitungan Lengkung Vertikal

Untuk contoh perhitungan akan diambil titik STA 1+000. Parameter yang dibutuhkan ditampilkan pada **Gambar 4.42**



Gambar 4.42 Contoh Lengkung Vertikal

- Vrencana = 40 km/jam
- Elevasi PVI = +104.10 m (Elevasi rencana)
- G1 = 0.51%

- $$\begin{aligned} \bullet \quad G2 &= -0.64\% \\ Lvc &= \frac{AV^2}{215} \\ &= \frac{g1-g2}{215} = \frac{0.51\% - (-0.64\%) \times 40^2}{215} \\ &= 85.581 \text{ m} \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned} Rv &= \frac{Lvc}{0.01(g2-g1)} \\ &= \frac{85.581 \text{ m}}{0.01(-0.64\% - 0.51\%)} \\ &= 98.41 \text{ m} \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned} e &= \frac{(g2-g1)}{8} \times Lvc \\ &= \frac{(-0.64\% - 0.51\%)}{8} \times 85.58 \text{ m} \\ &= 0.123 \text{ m} \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned} \text{Elevasi PVC} &= PV1 - G1 \times \frac{1}{2} \times Lvc \\ &= 104.10 - 0.54\% \times \frac{1}{2} \times 85.58 \\ &= 103.88 \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned} \text{Elevasi PVT} &= PV1 - G2 \times \frac{1}{2} \times Lvc \\ &= 104.10 - (-0.64\% \times \frac{1}{2} \times 85.58) \\ &= 104.37 \end{aligned}$$

Untuk detail hasil perhitungan lebih lengkap dari perencanaan lengkung vertikal, akan disajikan pada **Tabel 4.3** Perhitungan Alinyemen Vertikal

4.5. Kontruksi Struktur Jalan Rel

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai struktur jalan rel yang akan digunakan untuk geometri jalan rel Ponorogo – Slahung.

4.5.1. Kecepatan Rencana

Kecepatan Rencana merupakan kecepatan yang akan digunakan untuk merencanakan konstruksi jalan rel. Kecepatan rencana dapat dihitung seperti dibawah ini:

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

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

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

4.5.2. Beban Gandar

Beban Gandar adalah beban yang diterima oleh jalan rel dari satu gandar, untuk beban gandar LRT dengan lebar sepur 1435 mm adalah 12 ton. Jadi pada perencanaan kereta api trase Ponorogo – Slahung digunakan kereta api jenis *Light Rail Transit* (LRT) beban gandar yang direncanakan yaitu 12 ton.

4.5.3. Rencana Dimensi Profil Rel

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

Tipe Rel	= 115RE
Berat Rel Permeter	= 56.9 kg/m
Momen Inersia (Ix)	= 2726 cm ⁴
Modulus Elastisitas (E)	= 2,1x10 ⁶ kg/cm ²
Luas Penampang (S)	= 72.37 cm ²
Jarak tepi bawah ke garis netral (G)	= 82.55 mm
Beban Gandar LRT	= 12 Ton
Tekanan ijin rel	= 2000 kg/cm ²
Tekanan dasar rel	= 1343,5 kg/cm ²
Tahanan Momen Dasar (Zx)	= 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 (Pd)

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

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

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

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

$$P_{dinamis} = 7564,51 \text{ kg}$$

b. Dumping Faktor (λ)

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{180}{4 \times (4,7 \times 10^5) \times 2726}}$$

$$\lambda = 0,00942 \text{ cm}^{-1}$$

c. Momen Maksimum (M_a)

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

$$M_o = \frac{7564,51 \text{ kg}}{4 \times 0,00942}$$

$$M_o = 200841,736 \text{ kg.cm}$$

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

$$M_a = 0,85 \times 200841,736$$

$$M_a = 170.715,4762 \text{ kg.cm}$$

d. Cek terhadap Tegangan Izin rel

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

$$\sigma_{izin} = \frac{(170715,4762 \times 8,25)}{2726}$$

$$\sigma_{izin} = 516,655 \text{ kg/cm}^2 < 2000 \text{ kg/cm}^2$$

Memenuhi syarat (OK)

e. Cek terhadap Tegangan Dasar Rel

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

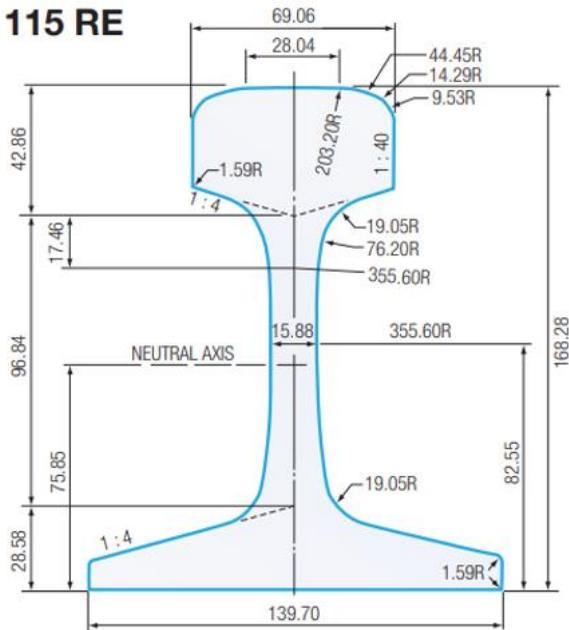
$$S_{base} = \frac{170715,4762}{295}$$

$$S_{base} = 578,7 \text{ kg/cm}^2 < 1343,5 \text{ kg/cm}^2$$

Memenuhi Syarat (OK)

Maka dari hasil perhitungan diatas tipe rel 115 RE dapat digunakan sebagai perencanaan jalan rel karena tegangan yang terjadi memenuhi syarat. Dimensi rel terpilih dapat dilihat pada **Gambar 4.43** di bawah ini:

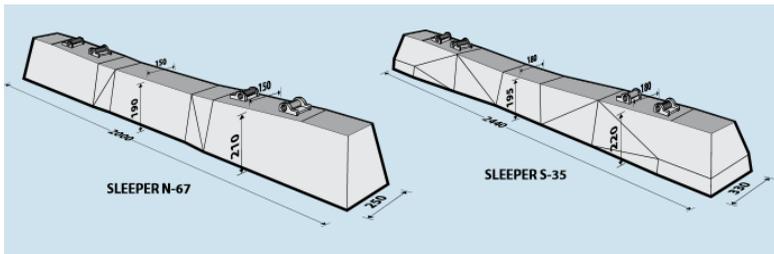
AREMA 115 RE



Gambar 4. 43 Ukuran Penampang Rel 115 RE

4.5.4. Penentuan Tipe Bantalan

Berdasarkan PM No. 60 Tahun 2012 untuk perencanaan tipe bantalan kereta api trase Ponorogo – Slahung menggunakan jenis bantalan beton dikarenakan saat ini jenis bantalan yang paling sering digunakan adalah bantalan beton yang dinilai lebih mudah dalam pengadaan, lebih tahan lama, serta lebih ekonomis. Pada tugas akhir ini perencanaan bantalan menggunakan bantalan beton buatan PT. WIKA.



Gambar 4. 44 Bantalan Beton

Sumber: PT. WIKA Beton

Untuk jalur kereta api Ponorogo - Slahung menggunakan lebar sepur 1435 mm, maka tipe bantalan yang digunakan adalah tipe bantalan S-35. Untuk dimensi dan spesifikasinya bantalan akan ditampilkan pada **Tabel 4.4**

Tabel 4. 4 *PC Sleepers Dimension*

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

Sumber: PT. WIKA Beton

Tabel 4. 5 PC Sleepers Dimension Specification

Type *1 **	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
5-35	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

- Lebar sepur = 1435 mm
- Panjang bantalan = 2440 mm
- Kekuatan material (f_c') = K-600
- Momen inersia bantalan:
 - Di bawah rel (A) = 21974,5490 cm⁴
 - Di tengah bantalan (B) = 17488,9339 cm⁴
- Kemampuan momen:
 - Di bawah rel (+) = 2300 kgm
 - Di bawah rel (-) = 1500 kgm
 - Di tengah bantalan (+) = 1300 kgm
 - Di tengah bantalan (-) = 2100 kgm

- Nilai modulus elastisitas:

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

$$E = 6400 \times \sqrt{52} \text{ mpa}$$

$$E = 46151,05 \text{ mpa} = 4,7 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

- Dumping faktor (λ):

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

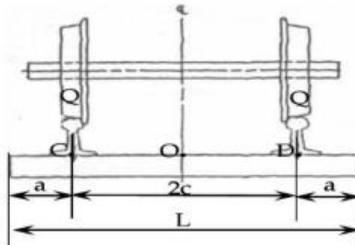
Dengan menggunakan rumus di atas, didapatkan nilai λ :

- λ di bawah rel = 0,0120
- λ di tengah bantalan = 0,0131

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 dapat digambar seperti pada **Gambar 4.45**:



Gambar 4.45 Dimensi Bantalan dan Posisi Beban

- | | |
|--------------------------------------|---|
| a) Panjang bantalan (L) | = 2440 mm = 244 cm |
| b) Lebar sepur | = 1435 mm = 143,5 cm |
| c) Jarak as rel ke tepi bantalan (a) | $= \frac{2440 - 1435}{2} - \frac{C_{rel}}{2}$
$= \frac{1005}{2} - \frac{68,5}{2} = 468,25mm$ |
| d) Jarak antar as rel (c) | $= 244 - (46,82 + 46,82)$
$= \frac{150,36}{2} = 75,18 cm$ |
| e) λ di bawah rel | = 0,0120 |
| f) λ di tengah bantalan | = 0,0131 |
| g) Q | = 60% x Pd
= 60% x 7564,512kg
= 4538,707 kg |

Kemudian untuk memudahkan perhitungan nilai trigonometri (λ) maka digunakan *software* bantuan yaitu *Microsoft*

Excel. Hasil perhitungan nilai trigonometri (λ) dari momen di bawah rel dan tengah bantalan dapat dilihat pada **Tabel 4.6**:

Tabel 4. 6 Perhitungan Fungsi Trigonometri Dari Momen di Bawah Rel dan Tengah Bantalan

Keterangan	Momen Pada	Momen Pada
	Bawah Rel	Tengah Bantalan
$\sin \lambda L$	0.051123891	0.055860829
$\sinh \lambda L$	0.05116849	0.055919023
$\cosh \lambda a$	1.000096239	1.000057458
$\cosh 2 \lambda c$	1.000496727	1.000593151
$\cosh \lambda L$	1.001308251	1.001562248
$\cos \lambda a$	0.999951882	0.999942543
$\sinh 2 \lambda a$	0.019621272	0.021441383
$\sin 2 \lambda c$	0.031512572	0.034434211
$\sinh 2 \lambda c$	0.031523009	0.034447828
$\sin 2 \lambda a$	0.019618754	0.021438098
$\cos 2 \lambda c$	0.999503356	0.999406967
$\cos \lambda L$	0.998692319	0.998438565
$\sinh \lambda c$	0.015759547	0.017221361
$\sin \lambda c$	0.015758243	0.017219658
$\sin \lambda (L-c)$	0.035379907	0.038659776
$\sinh \lambda (L-c)$	0.035394679	0.03867905
$\cosh \lambda c$	1.000124174	1.000148277
$\cos \lambda (L-c)$	0.999373935	0.999252431
$\cos \lambda c$	0.999875831	0.999851731
$\cosh \lambda (L-c)$	1.000626196	1.000747755

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

- Momen di bawa rel (Momen C/D):

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

$$= 94476.98 \times 9.7758 \times 0,001156$$

$$= 1067.265 \text{ kg.cm} < 230000 \text{ kg.cm (Memenuhi)}$$

- Momen di tengah bantalan (Momen O):

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

$$= -172916 \times 8.946 \times 0,000726$$

$$= -1123.27 \text{ kg.cm} < -210000 \text{ kg.cm (Memenuhi)}$$

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

Kelebihan dengan menggunakan bantalan beton adalah

- Stabilitas baik
- Cocok untuk kecepatan dan frekuensi kereta api yang tinggi
- Umur konstruksi lebih panjang.
- Biaya pemeliharaan yang rendah.
- Pengendalian mutu bahan lebih mudah
- Proses pembuatannya relatif mudah pembuatannya

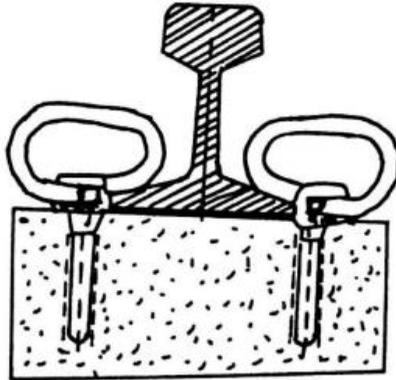
- Komponen lebih sedikit dibandingkan dengan jenis lainnya.

4.5.5. Penambat Rel

Penambat rel berfungsi untuk mengaitkan batang rel dengan bantalan yang menjadi tumpuan batang rel tersebut agar batang rel tetap menyatu pada bantalannya dan berfungsi untuk menjaga kelebaran track (*track gauge*). Adapun penambat rel dibagi menjadi 2 yaitu penambatan rel kaku dan penambat rel elastis. Penambat rel kaku misalnya baut, mur, paku rel, sekrub, atau menggunakan tarpon yang dipasang menggunakan pelat landas (tempat perletakan batang rel juga lubang penambat) yang juga berfungsi untuk melindungi permukaan bantalan dari tindihan batang rel dan mentranfer beban *axle load* yang diterima dari rel di atasnya ke bantalan yang berada di bawahnya. Penambat kaku kini sudah tidak layak digunakan untuk jalan rel dengan frekuensi dan *axle load* yang tinggi. Namun demikian tetap diperlukan sebagai penambat rel pada bantalan kayu yang dipasang pada jalur wesel, jembatan, dan terowongan. Sedangkan penambat rel elastis adalah penambat yang dibuat untuk menghasilkan jalan rel kereta api yang berkualitas tinggi, yang biasanya digunakan pada jalan rel kereta api yang memiliki frekuensi dan *axle load* yang tinggi. Karena sifatnya yang elastis sehingga mampu mengabsorpsi getaran pada rel saat rangkaian KA melintas, oleh karena itu perjalanan kereta api menjadi lebih nyaman dan dapat mengurangi resiko kerusakan pada rel maupun bantalannya

Jenis penambat yang digunakan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini adalah penambat elastis yaitu jenis DE-Clip yang mempunyai kelebihan yaitu kuat jepit mencapai 1000 kgf, dapat melawan puntir, komponen penambat tidak banyak dan sederhana, dan juga dapat menjadi penambat elastis ganda dengan *rubber pad*. Penambat elastis memiliki kuat jepit yang tinggi dan memberikan

perlawanan rangkai minimum sebesar 10.7 kN (menurut AREA). Berikut ini adalah komponen penyusun alat penambatnya:



Gambar 4. 46 Komponen Penambat Rel

4.5.6. Sambungan Rel

Sambungan rel merupakan konstruksi yang mengikat dua ujung rel yang bertujuan untuk operasi kereta api tetap aman dan nyaman. *Flash butt welding* adalah proses pengelasan yang dilakukan dengan dua ujung besi rel yang ingin dilas, kemudian diberi muatan listrik yang besar, ketika terjadi kontak maka akan terjadi kilatan listrik yang berfungsi memanaskan dan melelehkan kedua rel. Ketika rel sudah menyatu maka rel akan diratakan dan diperhalus saat masih berpijar. *Termit welding* adalah penyambungan atau pengelasan antara dua batang rel melalui suatu reaksi kimia dengan menggunakan termit (besioksida dengan bubuk aluminium).

Pada penyelesaian tugas akhir ini sambungan rel menggunakan *flash butt welding* dikarenakan menurut TCRP Report 155 untuk sambungan rel dianjurkan untuk menggunakan *Flash butt welding* yang merupakan standar yang disarankan dan

juga mengacu kepada proyek pembangunan LRT JABODEBEK. Adapun kelebihan dari *Flash butt welding* salah satunya adalah proses pengelasan *Flash butt welding* hanya membutuhkan waktu 15 menit per titik las, sedangkan *Termit welding* membutuhkan waktu hingga 25-30 menit per titik.

4.5.7. Perencanaan Balas dan Sub Balas

Ballasted Track merupakan jenis trek yang paling umum digunakan dalam angkutan kereta ringan (LRT). Adapun perencanaan yang dilakukan untuk trek balas adalah tebal dan lebar untuk masing-masing balas dan sub balas. Perhitungan parameter-parameter dan hasil tebal yang sudah ada dari TCRP yaitu untuk dimensi balas dan sub balas.

Tebal Balas = 255 mm (25,5 cm)

Tebal Sub Balas = 200 mm (20 cm)

A. Balas

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.

Material pembentuk balas harus memenuhi syarat berikut:

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

B. Sub Balas

Lapisan sub-balas berfungsi sebagai lapisan penyaring (filter) antara tanah dasar dan lapisan balas dan 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 4.7**, **Tabel 4.8**, **Gambar 4.47** dan **Gambar 4.48** dibawah ini.

Tabel 4. 7 Standar Saringan

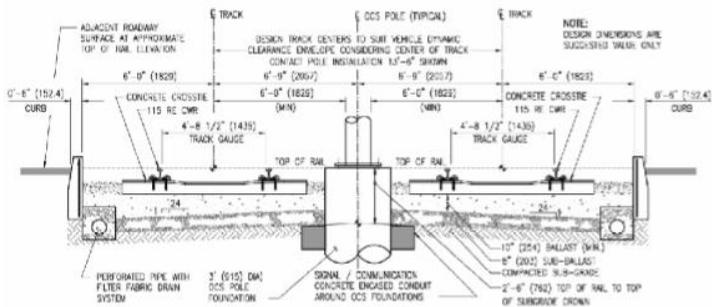
Standar Jaringan ASTM	Presentase Lolos (%)
2 ½"	100
¾"	50-100
No. 4	25-95
No. 40	5-35
No. 200	0-10

Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan RI 60 Tahun 2012

Tabel 4. 8 Dimensi Penampang Rel Melintang

V maks km/jam	d1 cm	bs cm	k1 cm	d2 cm	k2 cm
95	25.5	60.5	365.8	20	365.8

(Sumber: TCRP Report 155)

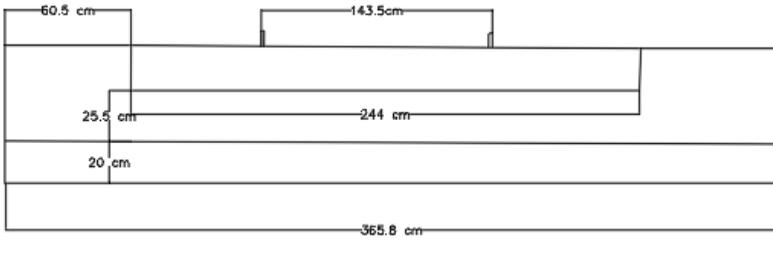


Gambar 4. 47 Penampang Melintang Lebar Jalan Rel 1435 mm
Sumber: TCRP Report 155

Perencanaan jalan rel Ponorogo – Slahung menggunakan dimensi badan jalan rel sebagai berikut:

- d1 = 25.5 cm
- bs = 60.5 cm
- k1 = 365.8 cm
- d2 = 20 cm
- k2 = 365.8 cm

Untuk detail lebih jelas mengenai bentuk penampang jalan rel Ponorogo - Slahung dapat dilihat pada **Gambar 4.48**.



Gambar 4. 48 Bentuk Penampang LRT

Untuk pengecekan kekuatan tanah dengan menggunakan tebal balas dari TCRP maka dapat menggunakan persamaan dari *Japan National Railway* dimana persamaan tersebut harus memenuhi syarat tegangan dasar tanah yaitu kurang dari 1,4 kg/cm². Perhitungan tegangan pada tanah dasar dapat dilihat sebagai berikut: Diketahui:

Tebal ballas = 200 mm (TCRP)

Tebal Sub-Ballas = 255 mm (TCRP)

$$\sigma_2 = \frac{58 \cdot \sigma_1}{10 + d^{1,35}} < 1,4 \text{ kg/cm}^2$$

Dimana:

d = tebal balas total (cm)

σ_1 = tegangan dari persamaan balok di atas bidang elastis

σ_2 = tegangan yang terjadi pada tanah dasar

- Menentukan nilai σ_1

$$\sigma_1 = \frac{Pd \times \lambda}{2 \times b} \times \frac{1}{(\sin \lambda \times L) + (\sinh \lambda \times L)} \times \left[\begin{array}{l} (2 \times \cosh^2 \lambda a) \times (\cos 2\lambda c + \cosh \lambda L) - \\ (2 \times \cosh^2 \lambda a) \times (\cosh 2\lambda c + \cos \lambda L) - \\ (\sinh 2\lambda a) \times (\sin 2\lambda c + \sinh \lambda L) - \\ (\sin 2\lambda a) \times (\sinh 2\lambda c + \sinh \lambda L) \end{array} \right]$$

$$= 1.946 \text{ kg/cm}^2$$

- Menentukan nilai σ_2

$$\sigma_2 = \frac{58 \cdot \sigma_1}{10 + d^{1,35}} < 1,4 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \sigma_2 &= \frac{58 \times 1.946}{10 + 45.5^{1,35}} < 1,4 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0.6164 < 1.4 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

4.5.8. Perencanaan Peron

Peron adalah jalan kecil yang sejajar dengan rel kereta api tempat lalu lalang penumpang. Persyaratan peron yang ditentukan adalah sebagai berikut:

- Panjang peron sesuai dengan rangkaian terpanjang kereta api penumpang yang beroperasi.
- Tinggi peron adalah setinggi lantai kereta
- Beda tinggi maksimal antara peron dan lantai kereta adalah 50 mm
- 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 sampel perhitungan dimensi peron akan digunakan Stasiun Ponorogo. Jenis kereta yang digunakan adalah Light Rail Transit (LRT), berdasarkan data yang didapat dari PT.INKA dimensi moda kereta api yang digunakan adalah:

- Konfigurasi = $Mc1 - T - Mc2$
- Total Panjang kereta = $Mc1 + T + Mc2$
= 51,6 m
- Lebar kereta = 2.650 mm
- Tinggi kereta = 3.600 mm
- Kapasitas penumpang duduk = 80 penumpang
- Kapasitas penumpang berdiri = 320 penumpang.

A. Panjang Peron

Untuk Panjang peron dihitung menggunakan ketentuan dibawah ini:

$$\begin{aligned} L_p &= 2 \times (\text{Panjang KA} + \text{Penghubung Rangkaian}) \\ &= 2 \times (51,6 \text{ m}) \\ &= 2 \times 51,6 \text{ m} = 103.2 \text{ m} \end{aligned}$$

B. Lebar Peron

$$\begin{aligned} b &= \frac{0,64 \text{ m}^2/\text{orang} \times V \times L F}{I} \\ b &= \frac{0,64 \text{ m}^2/\text{orang} \times 400 \times 80\%}{103.2} \\ &= 1.984 \text{ m} \end{aligned}$$

Menurut PM 29 tahun 2011 tentang “Persyaratan Teknis Bangunan Kereta Api” lebar peron diatas tidak boleh kurang dari ketentuan lebar peron minimum. Dalam perencanaan geometri jalan rel Ponorogo - Slahung ini menggunakan moda *Light Rail Transit* (LRT) dengan tinggi lantai kereta adalah 1.000 mm yang masuk kedalam jenis peron tinggi dengan dimensi peron seperti **Tabel 4.20** Dibawah ini:

Tabel 4. 9 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

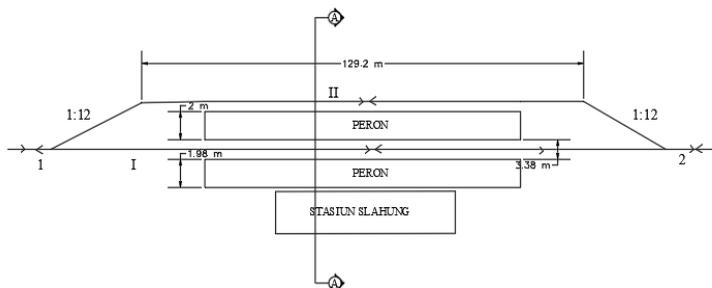
Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan RI 29 Tahun 2011

C. Jarak Antar Peron

Jarak antar peron merupakan jarak antar tepi peron atau lebar kereta yang sudah ditambahkan dengan celah antara kereta dengan peron pada masing-masing sisi kereta. Jarak antar peron untuk LRT adalah sama dengan lebar ruang bebas kereta api LRT yaitu 2680 mm.

D. Tinggi Peron

Tinggi peron adalah setinggi lantai kereta, untuk Stasiun Ponorogo direncanakan menggunakan peron tinggi dengan tinggi peron 1000 mm. Dari seluruh perhitungan diatas dapat divisualisasikan dimensi peron seperti pada **Gambar 4.49**



Gambar 4. 49 Dimensi Peron Stasiun Ponorogo

4.5.9. Perencanaan Wesel

Setelah melakukan perencanaan peron maka dilakukan perencanaan wesel. Wesel merupakan konstruksi jalan rel yang paling rumit dengan beberapa persyaratan dan ketentuan pokok yang harus dipatuhi. Untuk pembuatan komponen-komponen

wesel yang penting khususnya mengenai komposisi kimia dari bahannya. Jenis wesel yang digunakan adalah jenis wesel 1:12 dikarenakan pada umumnya di Indonesia menggunakan jenis wesel 1:12. Untuk panjang siding rel kereta api adalah sepanjang 12-15 m yaitu untuk menghindari agar kereta api saat masuk ke emplasemen tidak bertabrakan dengan peron dan juga berfungsi untuk mengkomodasi kebutuhan untuk lurus kereta api saat berenti di emplasemen. Berikut adalah data perencanaan wesel dan emplasemen stasiun baru:

A. Stasiun Ponorogo

Stasiun Ponorogo adalah salah satu stasiun non aktif kelas II di Indonesia. Kebutuhan *spoor siding* stasiun Ponorogo direncanakan untuk mengakomodasi kebutuhan untuk langsung dan untuk lurus kereta api. Denah pada Stasiun Ponorogo dijelaskan seperti pada **Gambar 4.50**, data teknis wesel dijelaskan pada **Tabel 4.10**



Gambar 4. 50 Denah Stasiun Ponorogo

Tabel 4. 10 Data Wesel Stasiun Ponorogo

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

B. Stasiun Jetis

Stasiun Jetis merupakan stasiun kereta api nonaktif di Indonesi. Stasiun Jetis termasuk dalam Wilayah Aset VII Madiun. untuk denah Stasiun jetis dijelaskan pada **Gambar 4.51**, dan data teknis wesel dijelaskan pada **Tabel 4.11**



Gambar 4. 51 Denah Stasiun Jetis

Tabel 4. 11 Data Wesel Stasiun Jetis

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

C. Stasiun Balong

Kebutuhan *spoor siding* stasiun Balong direncanakan untuk mengakomodasi kebutuhan untuk langsriran dan untuk lurusan. Denah Stasiun Balong dijelaskan pada **Gambar 4.52**, dan data teknis wesel dijelaskan pada **Tabel 4.12**



Gambar 4. 52 Denah Stasiun Balong

Tabel 4. 12 Data Wesel Stasiun Balong

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

D. Stasiun Slahung

Stasiun Slahung adalah stasiun kereta api nonaktif kelas II di Indonesia. Kebutuhan *spoor siding* stasiun Slahung direncanakan untuk mengakomodasi kebutuhan untuk langsriran

dan untuk lurus. Denah pada Stasiun Slahung dijelaskan seperti pada **Gambar 4.53**, data teknis wesel dijelaskan pada **Tabel 4.13**



Gambar 4. 53 Denah Stasiun Slahung

Tabel 4. 13 Data Wesel Stasiun Slahung

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

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa pemilihan perencanaan perhitungan geometrik jalan rel yaitu alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal Ponorogo - Slahung maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Untuk pemilihan trase menggunakan trase eksisting yang sudah ada dikarenakan trase yang sekarang masih dapat digunakan jadi tidak menggunakan MCA. Untuk perencanaan geometrik jalan rel digunakan:
 - Alinyemen Horizontal dan Vertikal
 - Rminimal LRT (TCRP) = 25 meter
 - Rrencana = 200 – 300 m
 - Vrencana = 40 km/jam
2. Untuk kontruksi jalan rel digunakan:
 - Lebar sepur = 1435 mm
 - V rencana = 50 km/jam
 - Beban Gandar LRT = 12 Ton
 - Bantalan = Tipe S-35(Produk Wika Beton)
 - Panjang Bantalan = 244 cm
 - Jarak Bantalan = 30,5 cm (TCRP)
 - Tebal Balas = 25,5 cm (TCRP)
 - Tebal Subbalas = 200 cm (TCRP)
 - Nomor wesel = W 12
 - Untuk dimensi tipe Rel 115 RE:
 - A = 168.28 mm
 - B = 139.70 mm
 - C = 69.06 mm
 - D = 15.88 mm

- E = 42.86 mm
- F = 28.58 mm
- G = 82.55 mm
- R = 203.2 mm
- S = 72.37 cm²
- Berat Rel = 56.9 Kg/m

Berdasarkan hasil perhitungan emplasemen baru, didapat hasil sebagai berikut:

- Jenis kereta api = Light Rail Transit (LRT)
- Panjang kereta api = 51.600 mm
- Lebar Kereta = 2.650 mm
- Panjang Peron = 103,2 m
- Jenis Peron = peron tinggi

5.2 Saran

Saran dalam perencanaan jalur kereta trase Ponorogo – Slahung adalah sebagai berikut:

1. Kondisi eksisting trase jalan rel Ponorogo-Slahung dapat berubah sewaktu-waktu. Kondisi lapangan sebaiknya ditinjau kembali jika akan dilakukan reaktivasi pada jalur rel kereta api tersebut.
2. Perencanaan konstruksi LRT Ponorogo-Slahung masih banyak terdapat kekurangan seperti penentuan bangunan stasiun, peron, diharapkan dapat menampung jumlah penumpang kereta api.
3. Perancangan alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal menggunakan peraturan TRCP dan merupakan saran dari penyusun dan perlu ditinjau kembali jika peraturan khusus LRT di Indonesia sudah ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Architec2812, 2017. *Peta Jalur Kereta Api Pulau Jawa*.
<<https://www.arcgis.com/home/item.html?id=d21eded5705f4a759e2a64a96594c68b>> (Tanggal akses: 5 April 2019).
- Ardian. 2017. *Studi Perancangan Alternatif Geometrik Dan Struktur Jalan Rel Untuk Reaktivasi Jalur Magelang – Temanggung – Parakan*. Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Anugrah. 2015. *Reaktivasi Jalur Rel Kedungjati – Tuntang Dengan Jalur Double Track Dan Lebar Sepur 1435 mm*. Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Direktorat Jendral Bina Marga, 1997. *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota Nomor 38*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan, Jakarys
- Federal Transit Administration, 2012. **TCRP Report 155: Track Design Handbook for Light Rail Transit**. Washington D. C.
- Hazubi. 2015. *Perencanaan Geometri Jalan Rel Socah - Sampang*. Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Ilmutekniksipil, 2013. *Sejarah Jalan Kereta Api*. https://www.ilmutekniksipil.com/teknik_lalulintas/sejarah-jalan-kereta-api (Tanggal akses: 7 April 2019).
- Indonesian Commercial Newsletter, januari 2010. *Perkembangan Infrastruktur Transportasi Kereta Api* <http://www.datacon.co.id/Infrastruktur2010KeretaApi.html> (Tanggal akses: 7 April 2019).
- Kereta-Api.Info. 2016. *Sasaran Pengembangan Dalam Rencana Induk Perkeretaapian Nasional Hingga Tahun 2030*. <https://kereta-api.info/sasaran-pengembangan-dalam-rencana-induk-perkeretaapian-nasional-hingga-tahun-2030-6114.htm> (Tanggal akses: 8 April 2019).

- Lubis. 2017. *Mengevaluasi Enam Tahun Rencan Induk Perkeretaapian Nasional 2030*. <https://properti.kompas.com/read/2017/12/06/111731121/mengevaluasi-enam-tahun-rencana-induk-perkeretaapian-nasional-2030?page=all> (Tanggal akses: 8 April 2019).
- 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.
- PJKA (1986). *Peraturan Dinas Nomor 10 tentang Perencanaan Konstruksi Jalan Rel* Bandung.
- Sakti. 2017. *Perancangan Alternatif Geometrik Jalan Rel Untuk Reaktivasi Jalur Kereta Api Yogyakarta-Magelang*. Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Situsbudaya. id. 2019. *Sejarah Jalur Kereta Api Ponorogo-Slahung*. <https://situsbudaya.id/tag/sejarah-jalur-kereta-api-ponorogo-slahung/> (Tanggal akses: 8 April 2019).
- Subagja. 2017. *Pulau Jawa Akan Miliki Jalur Kereta Api Sepanjang 6.168 Km di 2035*. <https://kumparan.com/kumparannews/pulau-jawa-akan-miliki-jalur-kereta-api-sepanjang-6-168-km-di-2035> (Tanggal akses: 8 April 2019).
- Utomo, S. H. T, 2009. *Jalan Rel*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Vuchic, Vukan R. 2007. *Urban Transit Systems and Technology*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

LAMPIRAN

RAILWAY CONCRETE PRODUCT

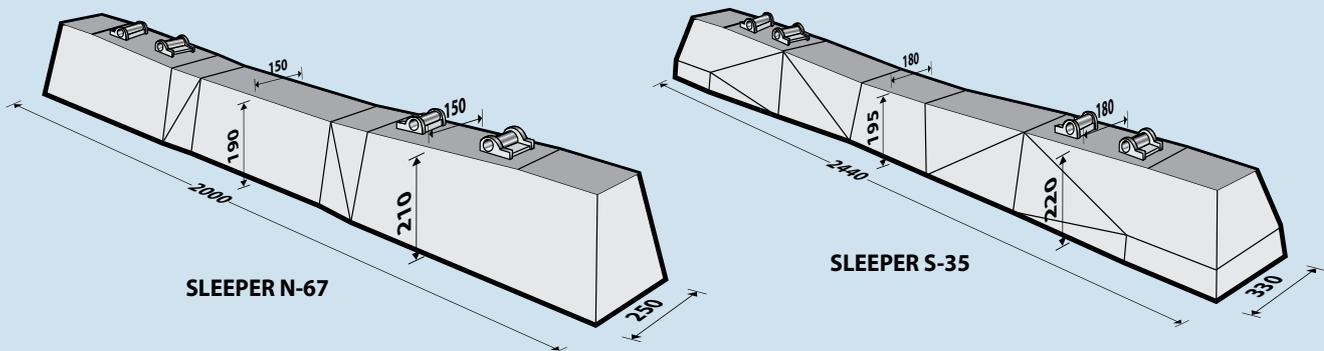
DESCRIPTION

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

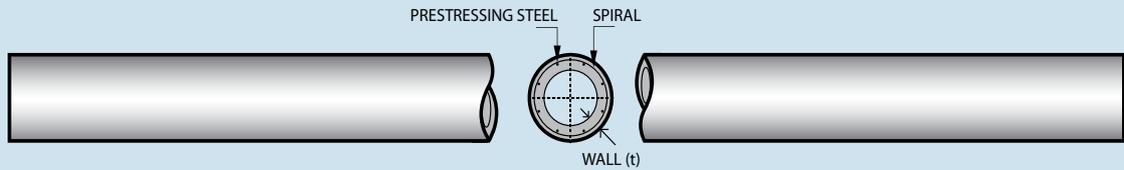
PC SLEEPERS SPECIFICATION

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

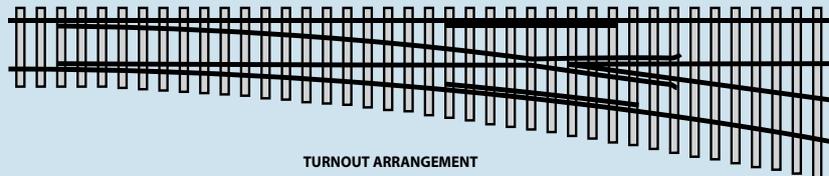
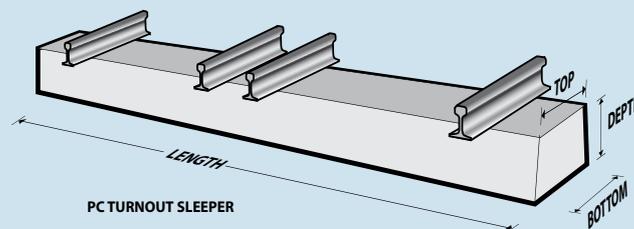
PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION | PC CATENARY POLES



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



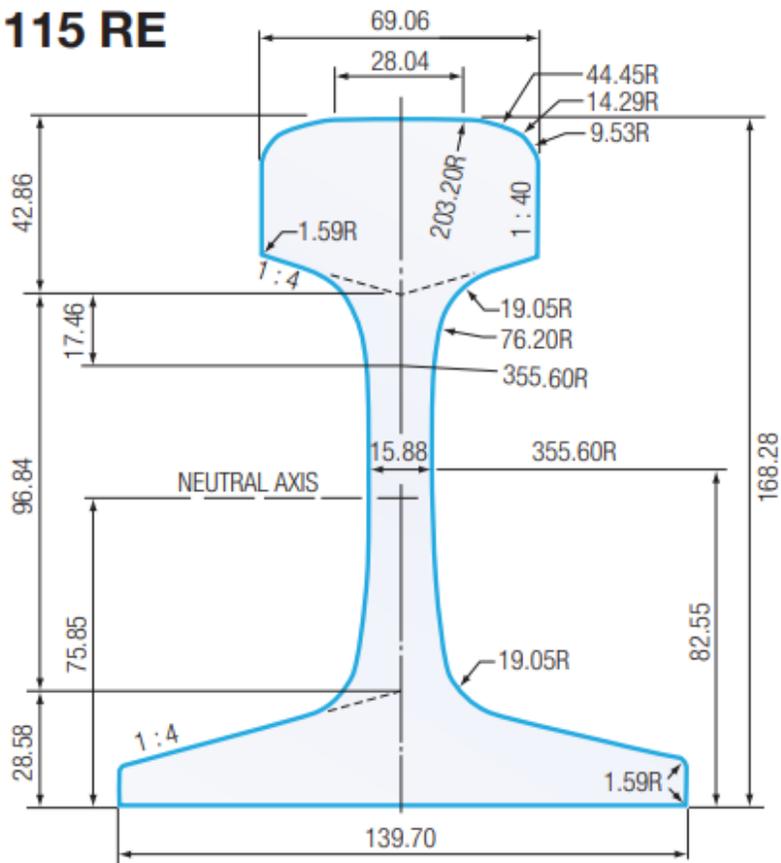
Railway Turnout

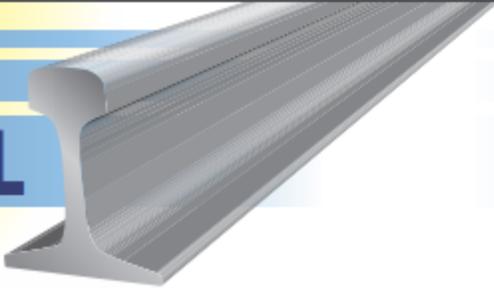


Railway Bridges

AREMA (American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association)

AREMA 115 RE

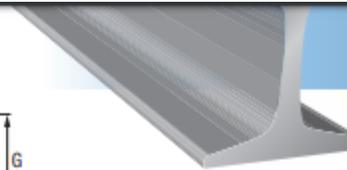
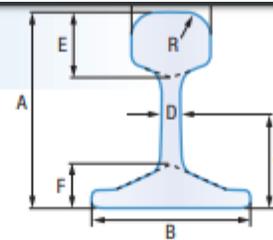




RAIL

Standard Dimensions and Weights

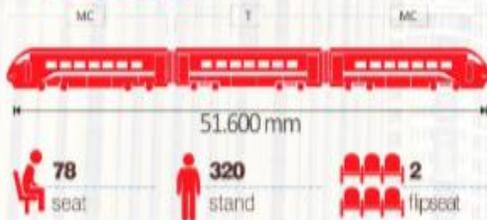
Specifications	Profile	Dimensions											
		A		B		C		D		E		F	
		mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	
AREMA 2015 Chapter 4 RAIL	115lbs	115RE 115-10	(168.28)	6-5/8	(139.70)	5-1/2	(69.06)	2-23/32	(15.88)	5/8	(42.86)	1-11/16	(28.58)
	136lbs	136RE 136-10	(185.74)	7-5/16	(152.40)	6	(74.61)	2-15/16	(17.46)	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



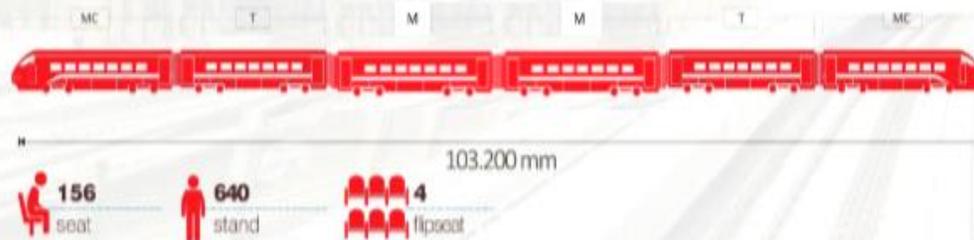
					Sectional Area		Weight		Moment of Inertia		Section Modulus			
					S		W		Ix		Head Zx		Base Zx	
in.	G		R		cm ²	in. ²	kg/m	lbs/yd	cm ⁴	in. ⁴	cm ³	in. ³	cm ³	in. ³
	mm	in.	mm	in.										
1-1/8	(82.55)	3-1/4	(203.2)	8	(72.37)	11.22	56.9	114.38	2726	65.5	295	18.0	359	21.9
			(254.0)	10										
1-3/16	(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	

TRAIN CAPACITY

400 INITIAL
PASSENGER CAPACITY



800 ULTIMATE
PASSENGER CAPACITY



LRT JABODEBEK



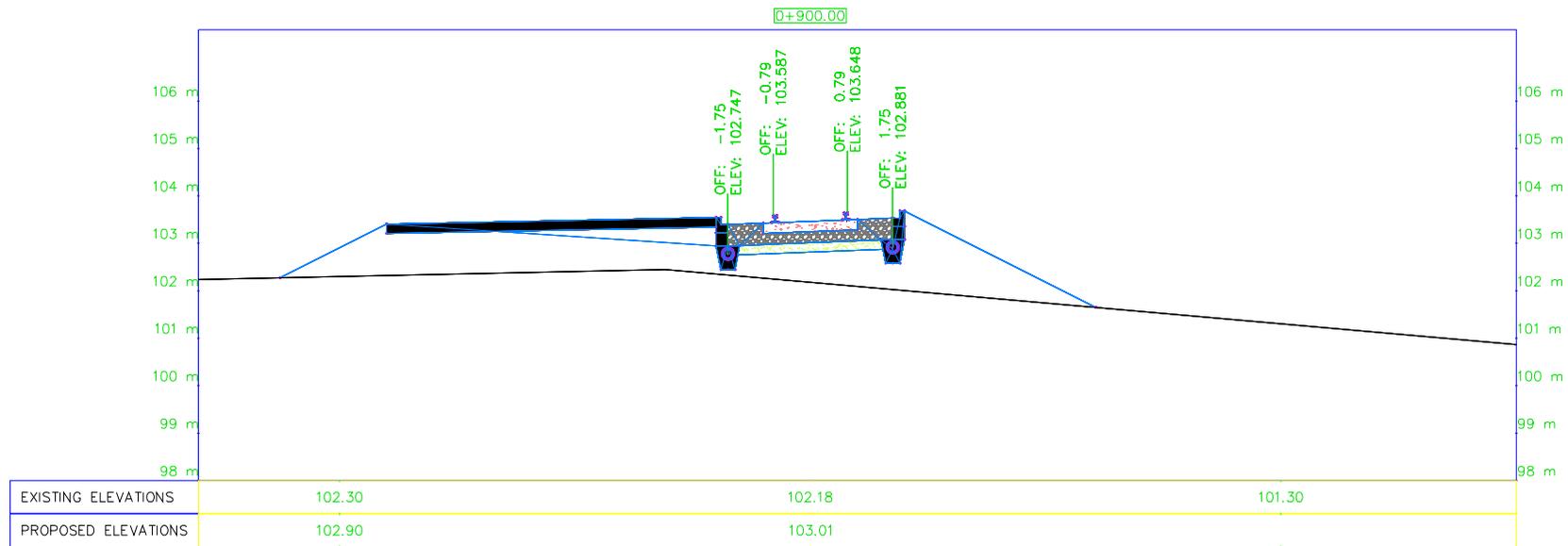
Spesifikasi Teknis

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





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

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

DOSEN PEMBIMBING
Ir. Wahyu Herijanto, MT.
NIP. 196209061989031012

NAMA MAHASISWA
Cut Munawwarah
03111540007003

SKALA
1 : 100

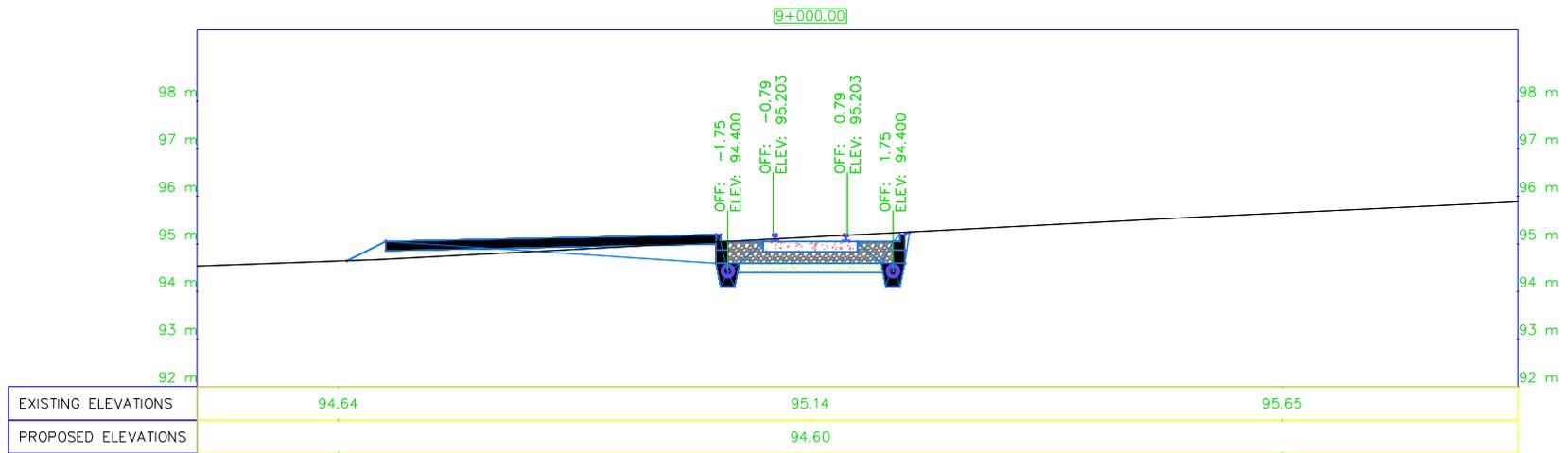
JUDUL GAMBAR
Cross Section

KETERANGAN

KODE GBR

NO. GBR

JUMLAH GBR



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

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

DOSEN PEMBIMBING
Ir. Wahyu Herijanto, MT.
NIP. 196209061989031012

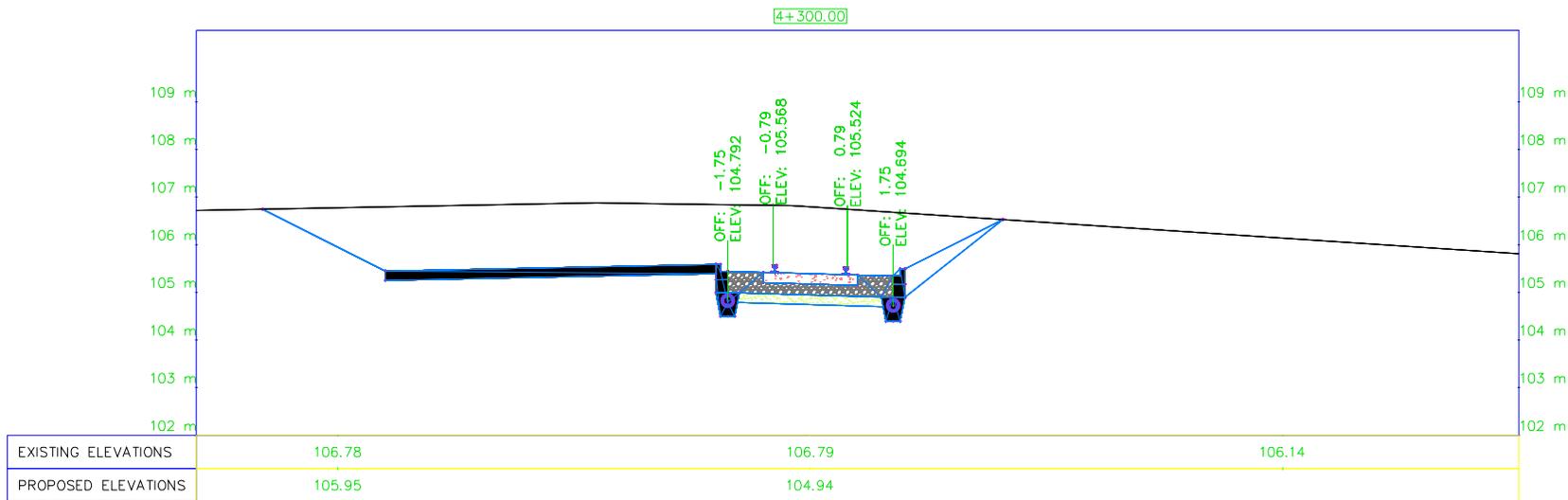
NAMA MAHASISWA
Cut Munawwarah
03111540007003

SKALA
1 : 100

JUDUL GAMBAR
Cross Section

KETERANGAN
KODE GBR
NO. GBR

JUMLAH GBR



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

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

DOSEN PEMBIMBING
Ir. Wahyu Herijanto, MT.
NIP. 196209061989031012

NAMA MAHASISWA
Cut Munawwarah
03111540007003

SKALA
1 : 100

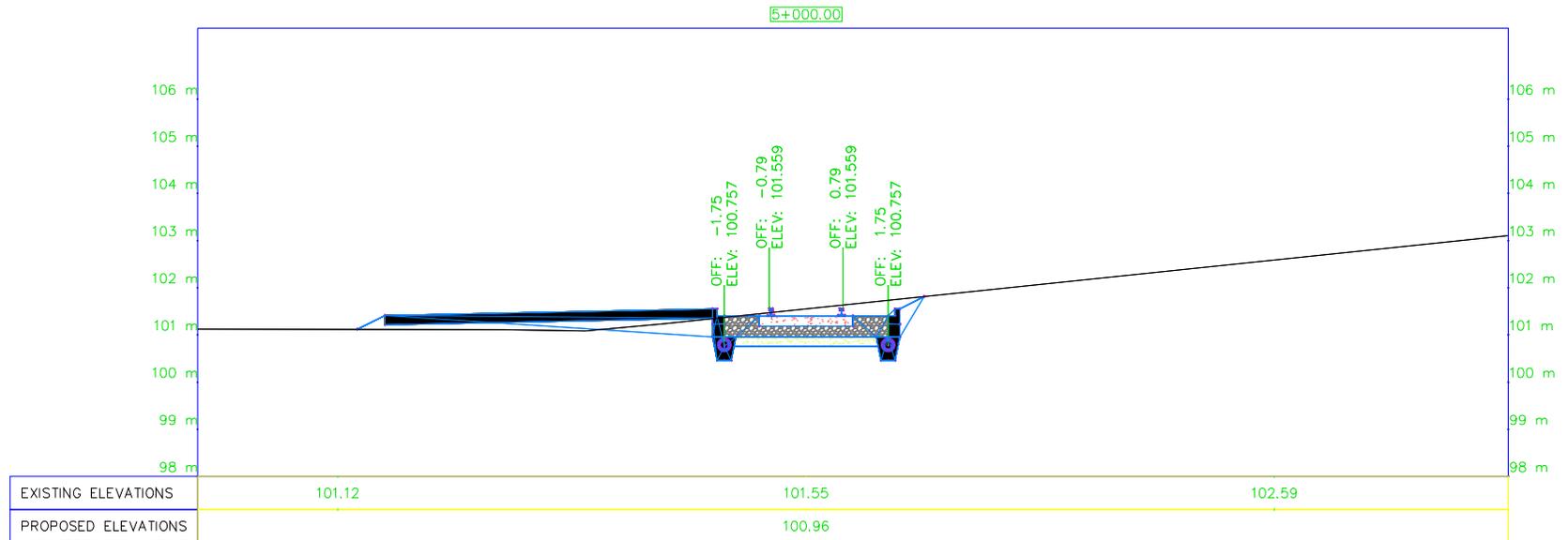
JUDUL GAMBAR
Cross Section

KETERANGAN

KODE GBR

NO. GBR

JUMLAH GBR



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

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

DOSEN PEMBIMBING
Ir. Wahyu Herijanto, MT.
NIP. 196209061989031012

NAMA MAHASISWA
Cut Munawwarah
03111540007003

SKALA
1 : 100

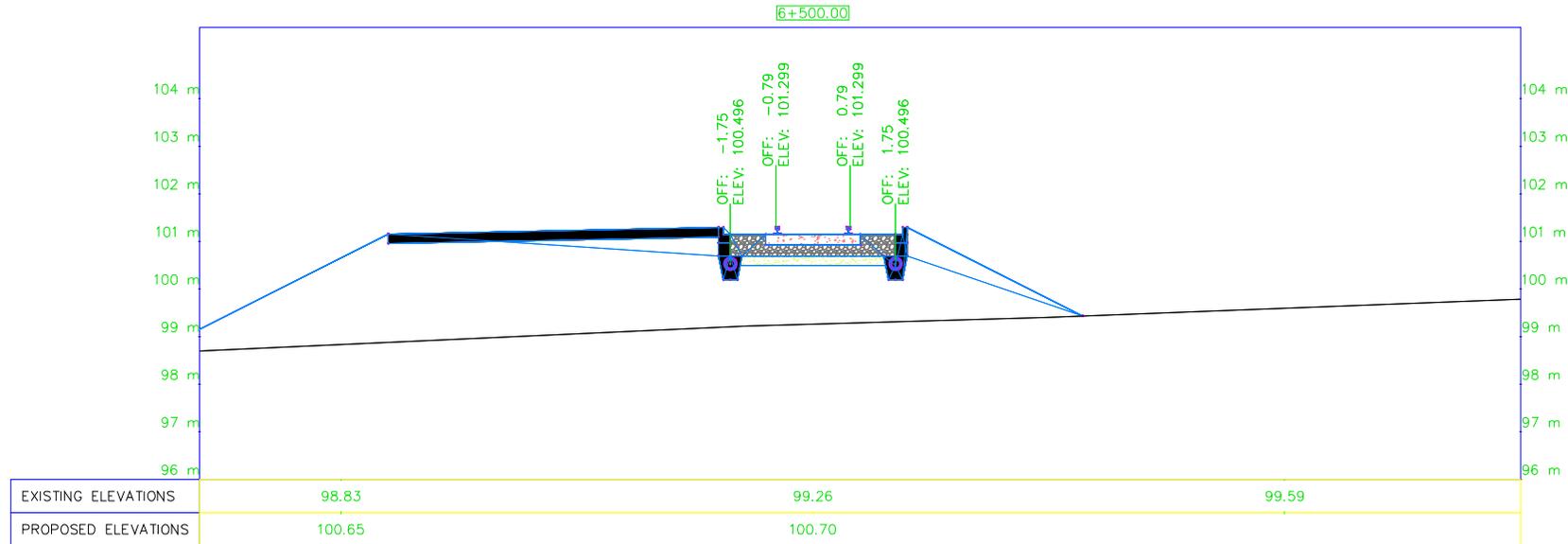
JUDUL GAMBAR
Cross Section

KETERANGAN

KODE GBR

NO. GBR

JUMLAH GBR



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

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

DOSEN PEMBIMBING
Ir. Wahyu Herijanto, MT.
NIP. 196209061989031012

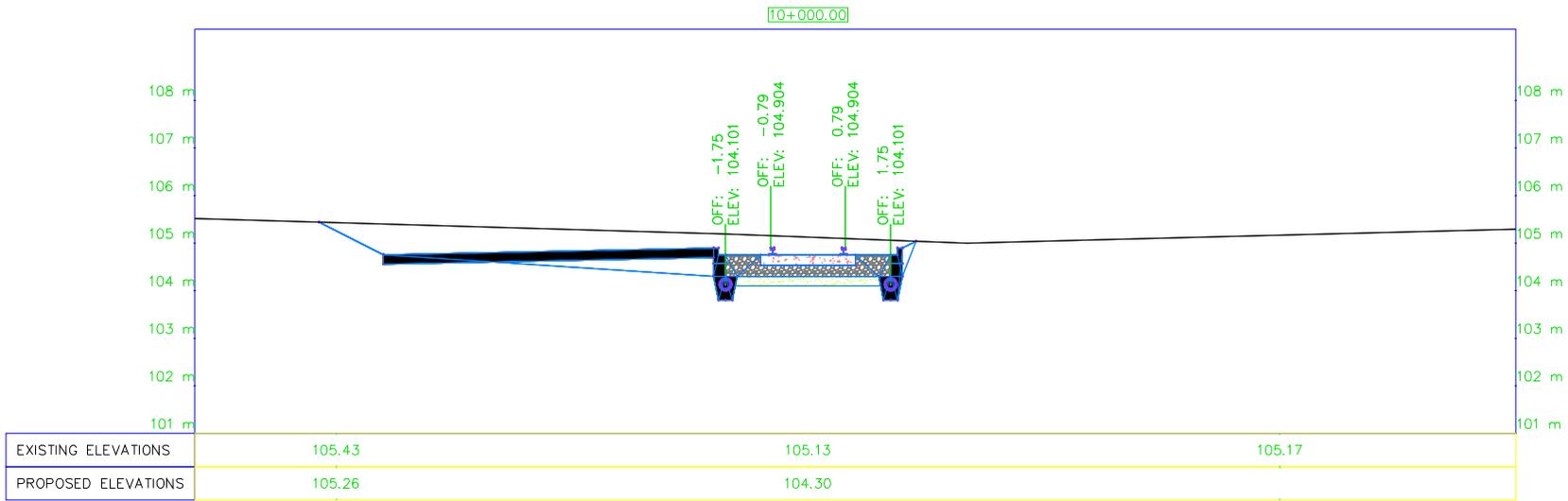
NAMA MAHASISWA
Cut Munawwarah
03111540007003

SKALA
1 : 100

JUDUL GAMBAR
Cross Section

KETERANGAN
KODE GBR
NO. GBR

JUMLAH GBR



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

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

DOSEN PEMBIMBING
Ir. Wahyu Herijanto, MT.
NIP. 196209061989031012

NAMA MAHASISWA
Cut Munawwarah
03111540007003

SKALA
1 : 100

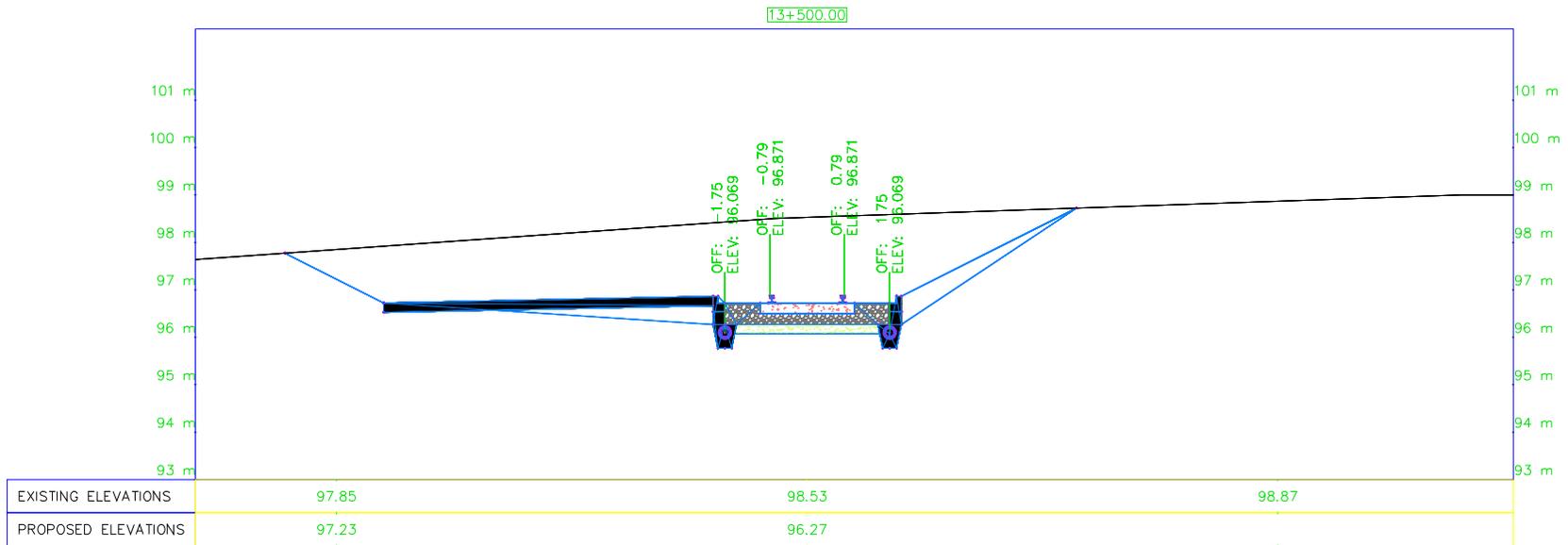
JUDUL GAMBAR
Cross Section

KETERANGAN

KODE GBR

NO. GBR

JUMLAH GBR



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

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

DOSEN PEMBIMBING
Ir. Wahyu Herijanto, MT.
NIP. 196209061989031012

NAMA MAHASISWA
Cut Munawwarah
03111540007003

SKALA
1 : 100

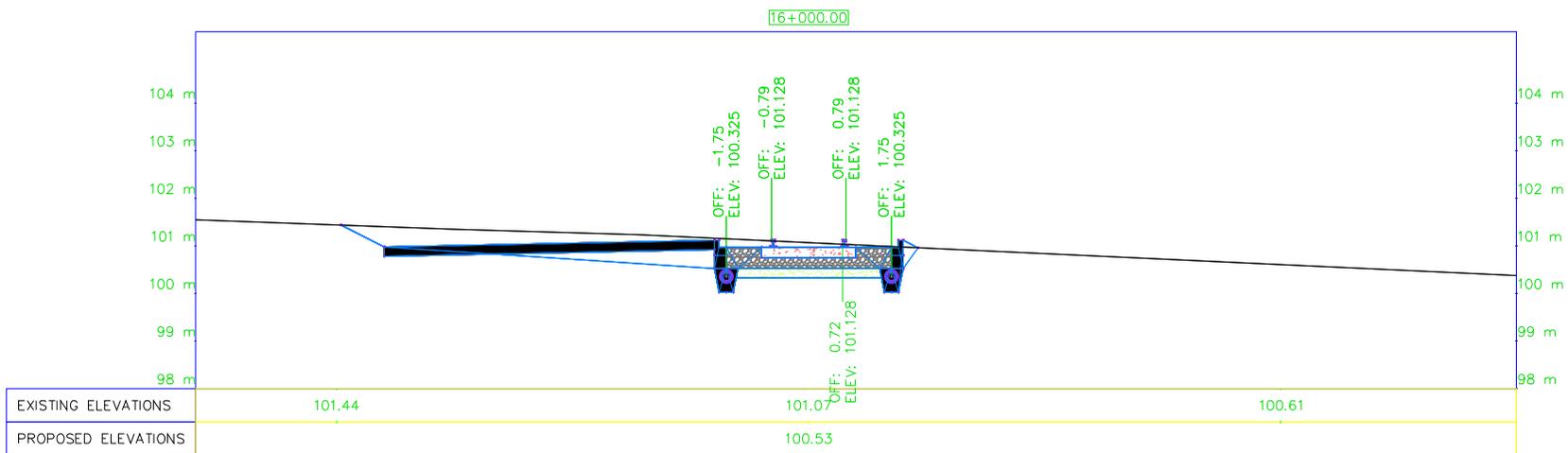
JUDUL GAMBAR
Cross Section

KETERANGAN

KODE GBR

NO. GBR

JUMLAH GBR



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

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

DOSEN PEMBIMBING
Ir. Wahyu Herijanto, MT.
NIP. 196209061989031012

NAMA MAHASISWA
Cut Munawwarah
03111540007003

SKALA
1 : 100

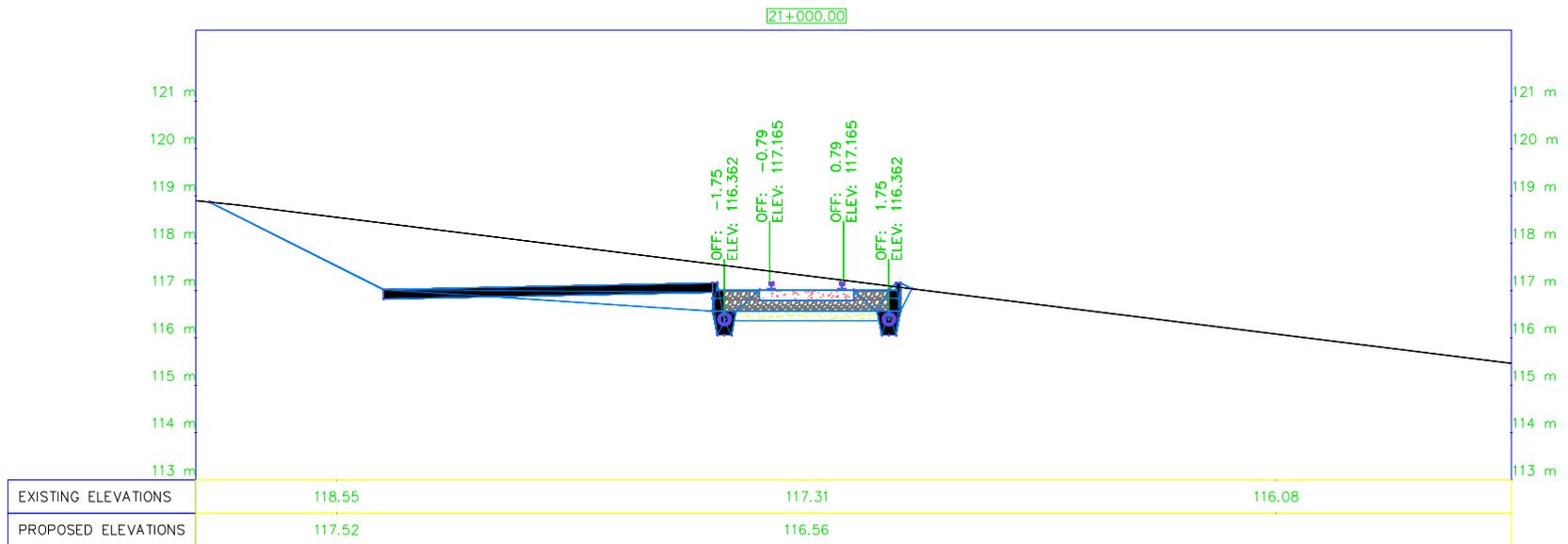
JUDUL GAMBAR
Cross Section

KETERANGAN

KODE GBR

NO. GBR

JUMLAH GBR



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

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

DOSEN PEMBIMBING
Ir. Wahyu Herijanto, MT.
NIP. 196209061989031012

NAMA MAHASISWA
Cut Munawwarah
03111540007003

SKALA
1 : 100

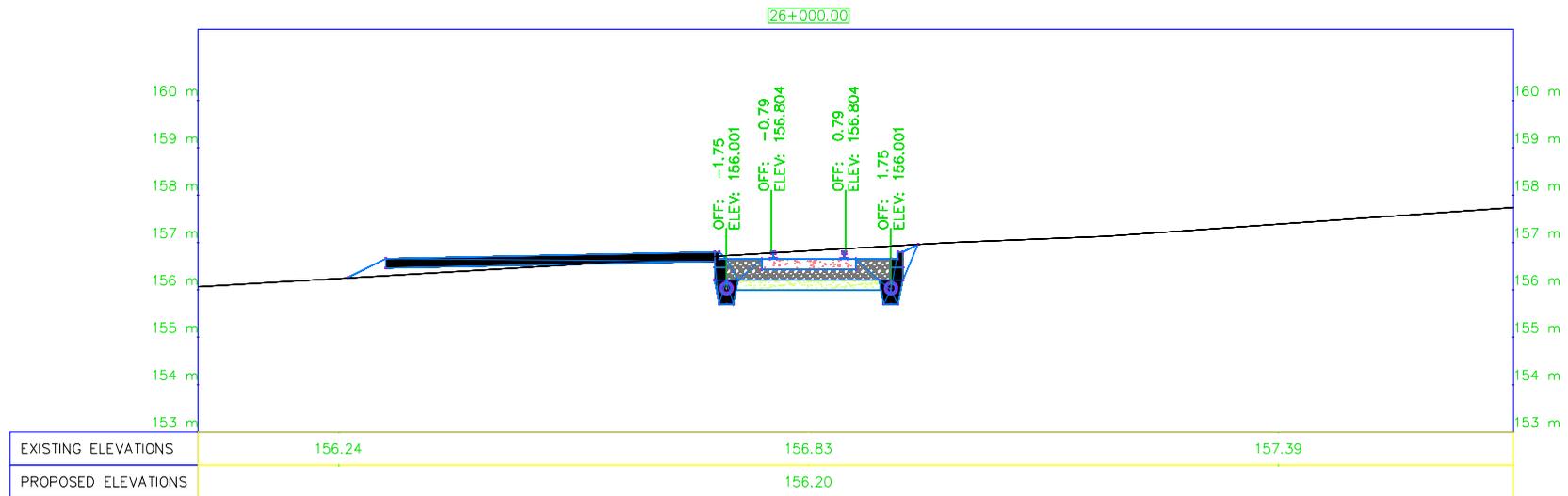
JUDUL GAMBAR
Cross Section

KETERANGAN

KODE GBR

NO. GBR

JUMLAH GBR



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

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

DOSEN PEMBIMBING
Ir. Wahyu Herijanto, MT.
NIP. 196209061989031012

NAMA MAHASISWA
Cut Munawwarah
03111540007003

SKALA
1 : 100

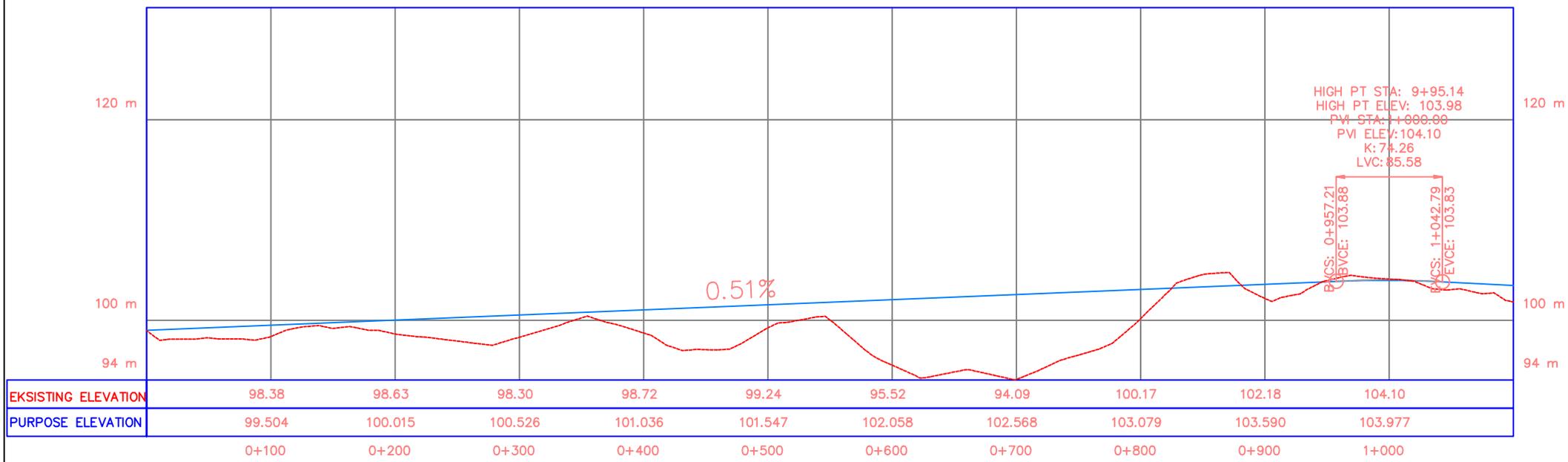
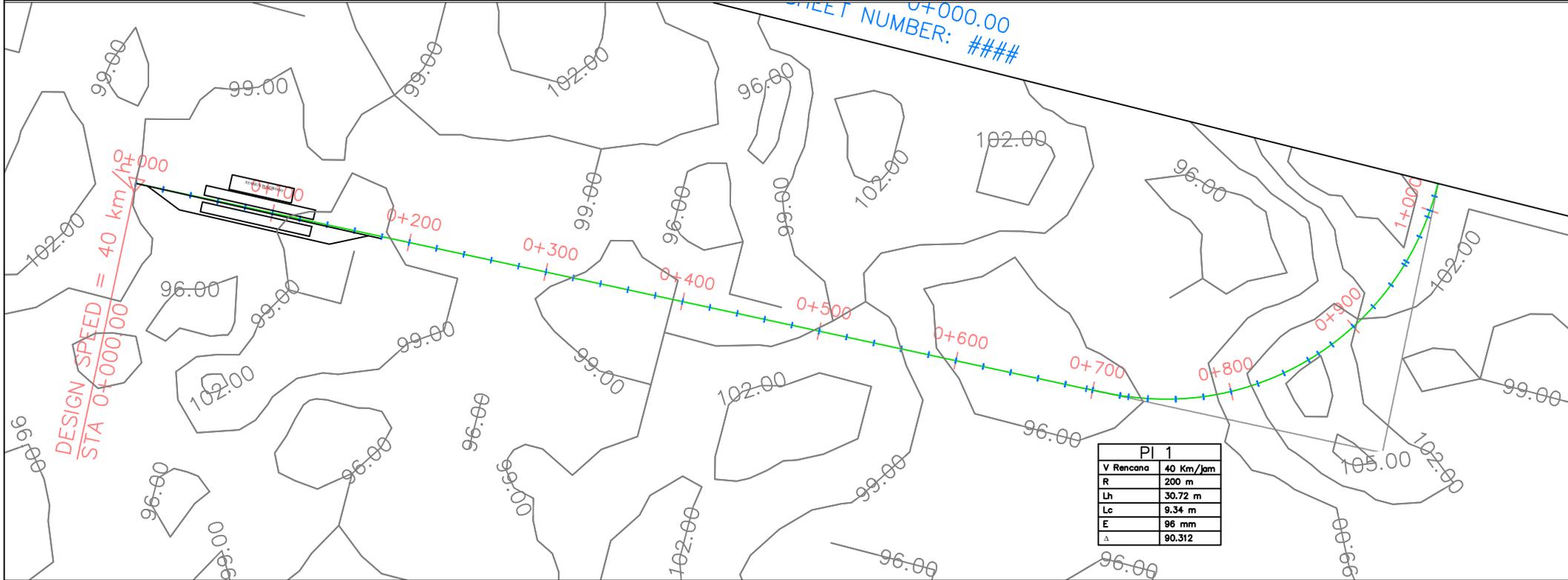
JUDUL GAMBAR
Cross Section

KETERANGAN

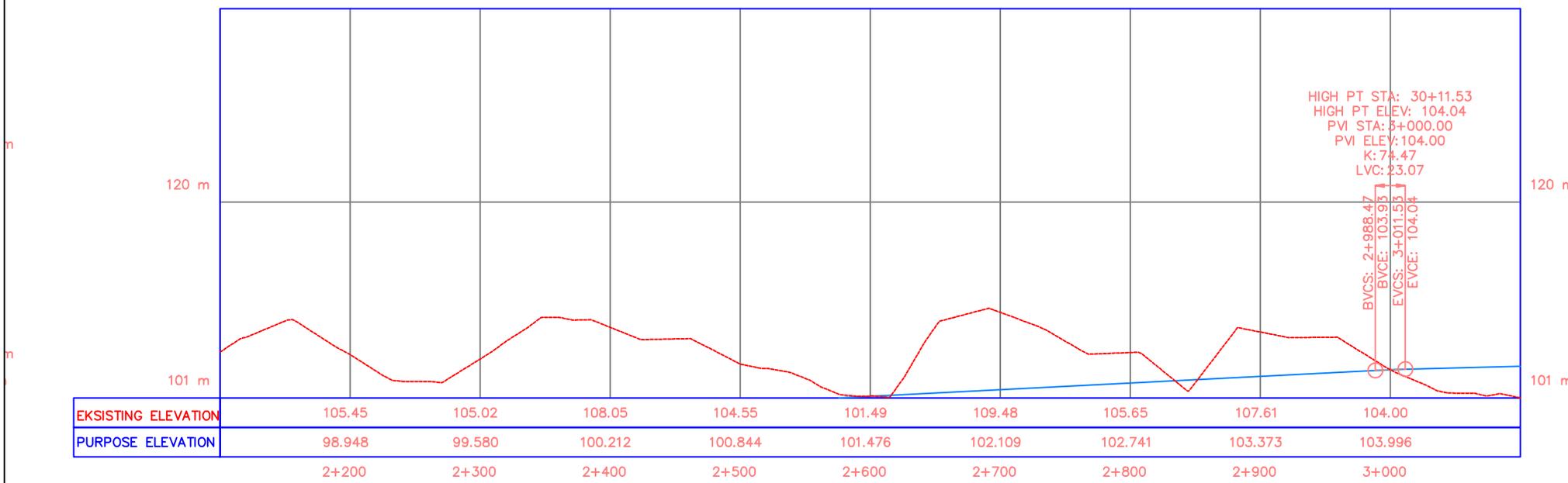
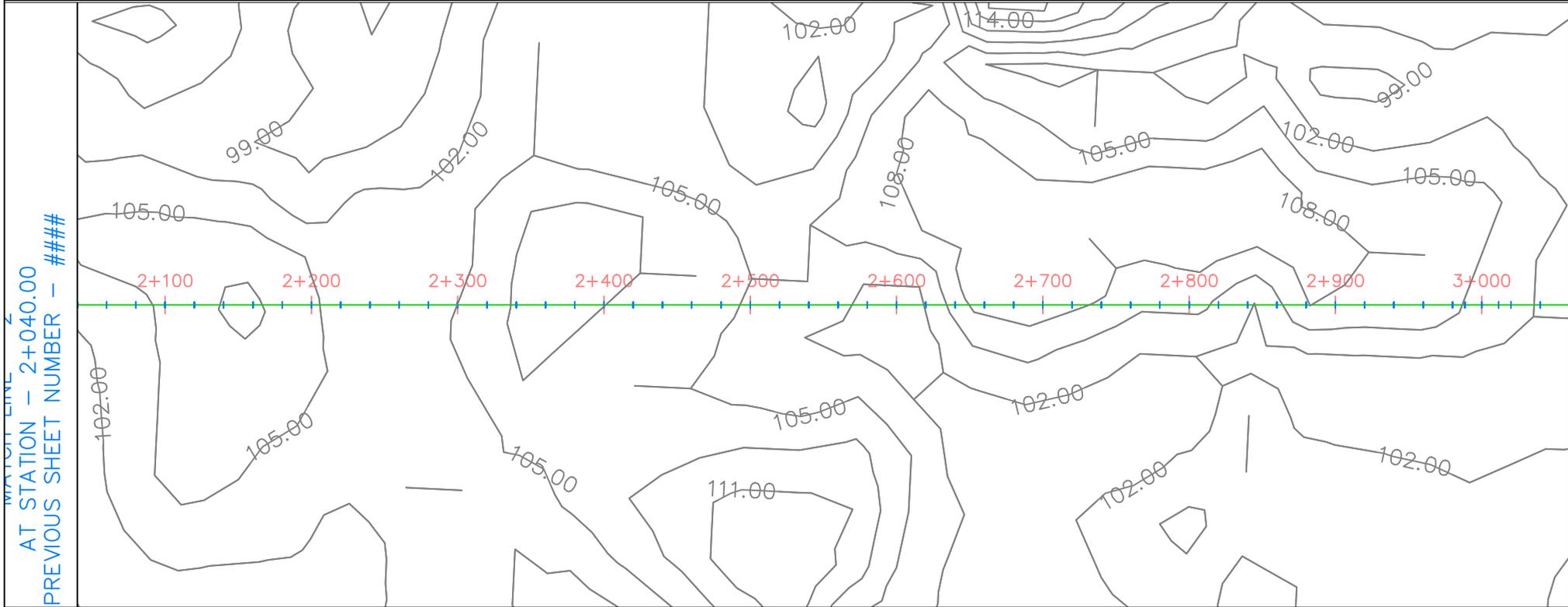
KODE GBR

NO. GBR

JUMLAH GBR

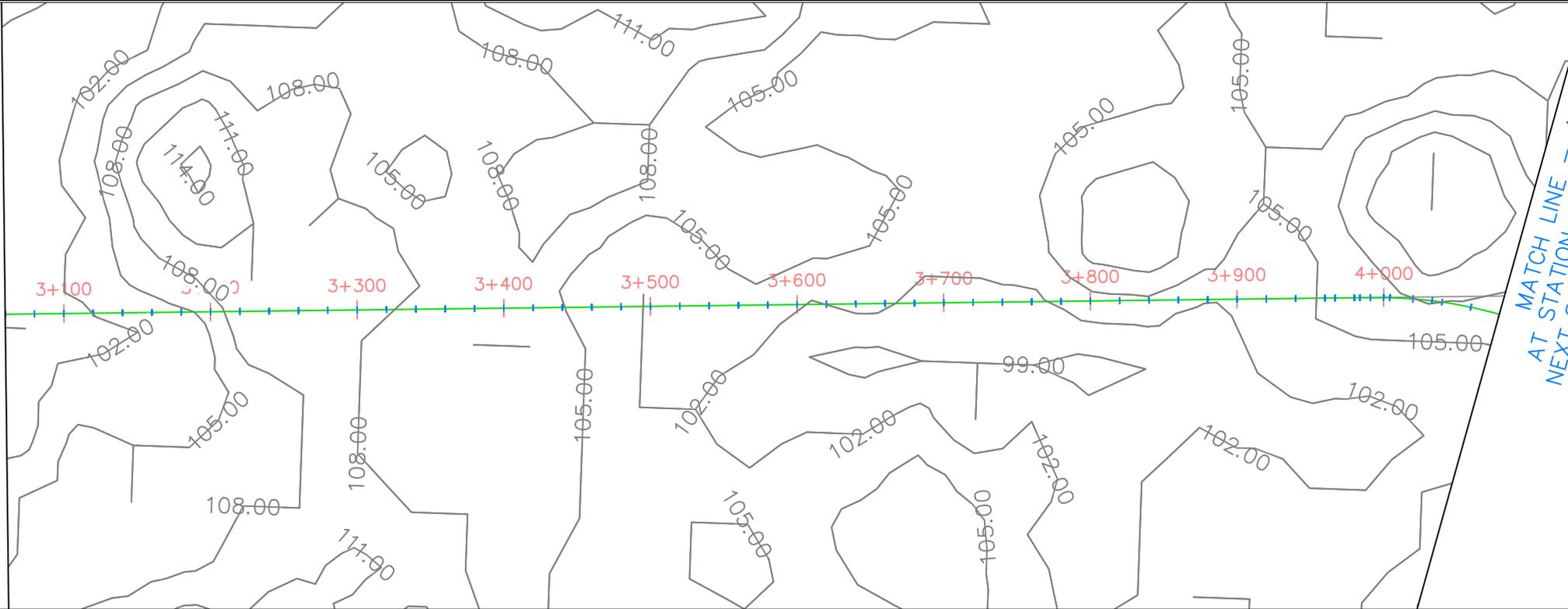


	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	SKALA	JUDUL GAMBAR	KETERANGAN	KODE GBR	NO. GBR
<p>DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERANCANGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER</p>	<p>PERANCANGAN JALAN REL DAN GEOMETRI TRASE DARI PONOROGO - SLAHUNG UNTUK REAKTIVASI</p>	<p>Ir. Wahyu Herijanto, MT. NIP196209061989031012</p>	<p>Cut Munawwarah 03111540007003</p>	<p>Horizontal 1 : 400 Vertikal 1 : 500</p>	<p>Plan and Profile</p>	<p>PL</p>	<p>1</p>	<p>JUMLAH GBR</p>
								<p>26</p>

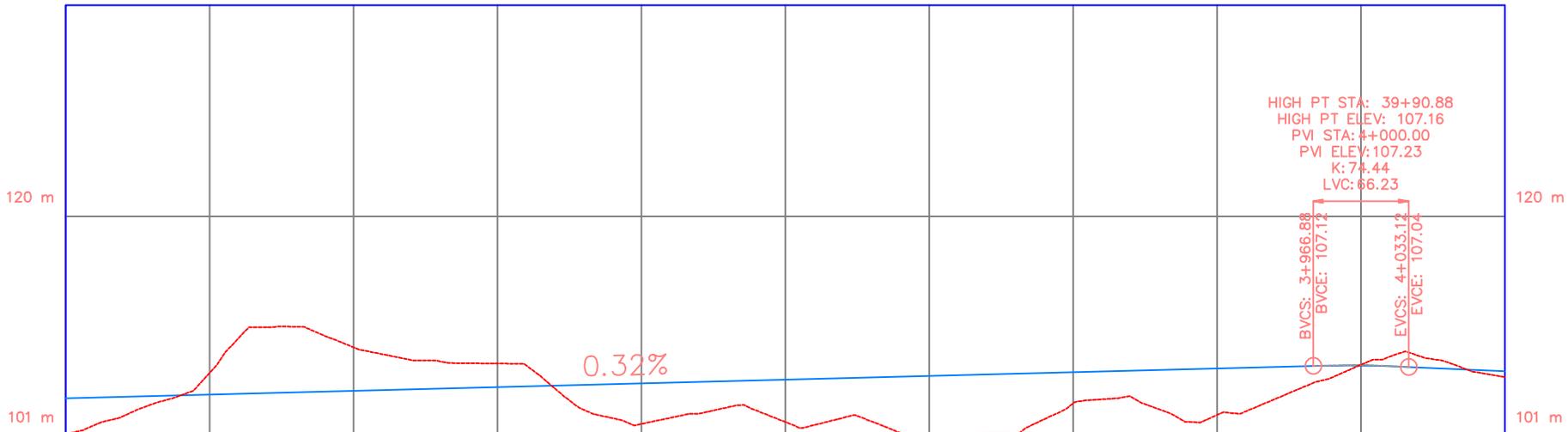


DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERANCANGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	SKALA	JUDUL GAMBAR	KETERANGAN	KODE GBR	NO. GBR
	PERANCANGAN JALAN REL DAN GEOMETRI TRASE DARI PONOROGO - SLAHUNG UNTUK REAKTIVASI	Ir. Wahyu Herijanto, MT. NIP196209061989031012	Cut Munawwarah 03111540007003	Horizontal 1 : 4000 Vertikal 1 : 500	Plan and Profile	PL	3	JUMLAH GBR

MATCH LINE
AT STATION - 3+060.00
PREVIOUS SHEET NUMBER - ###

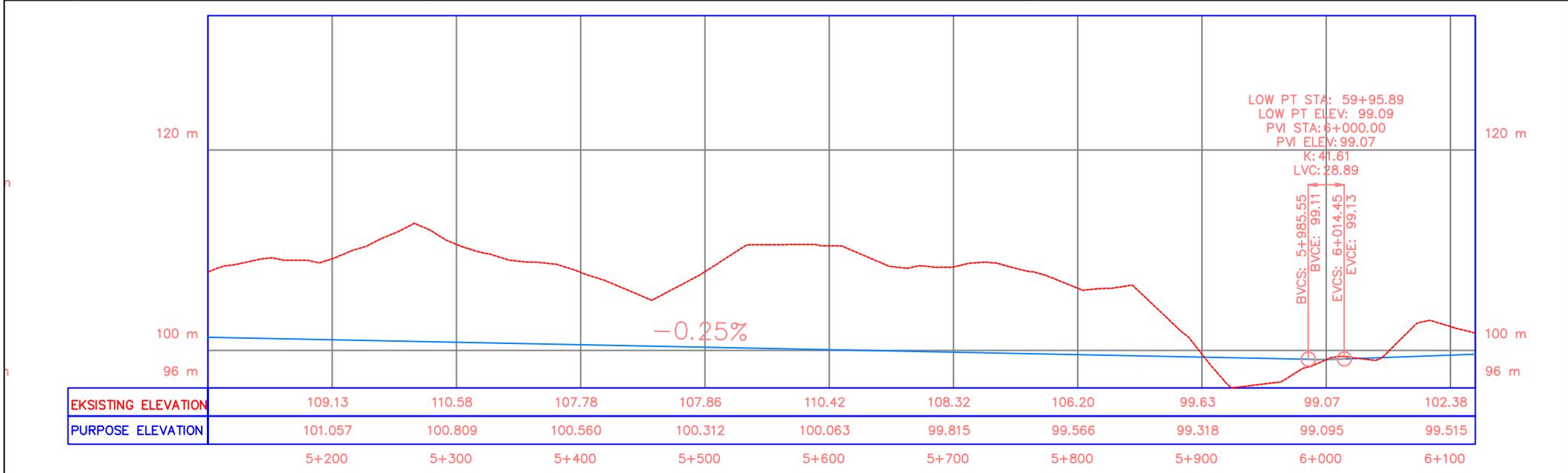
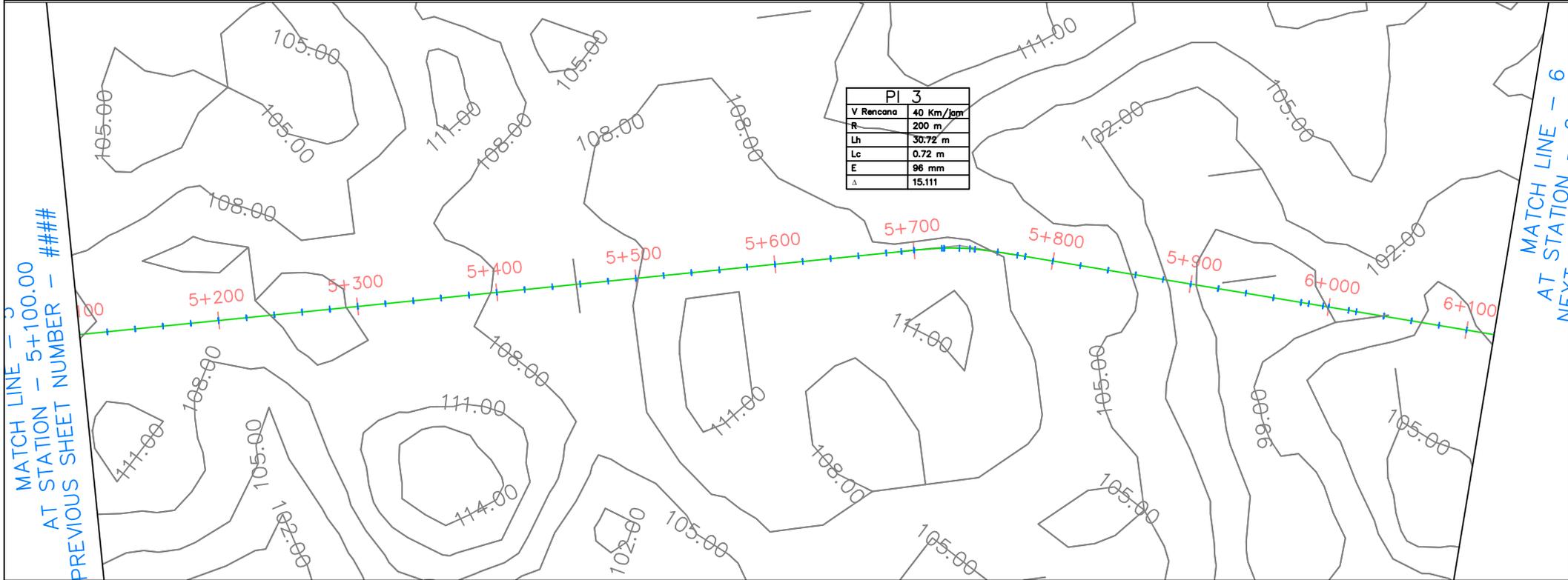


MATCH LINE
AT STATION -
NEXT SHEET NUMBER - ###

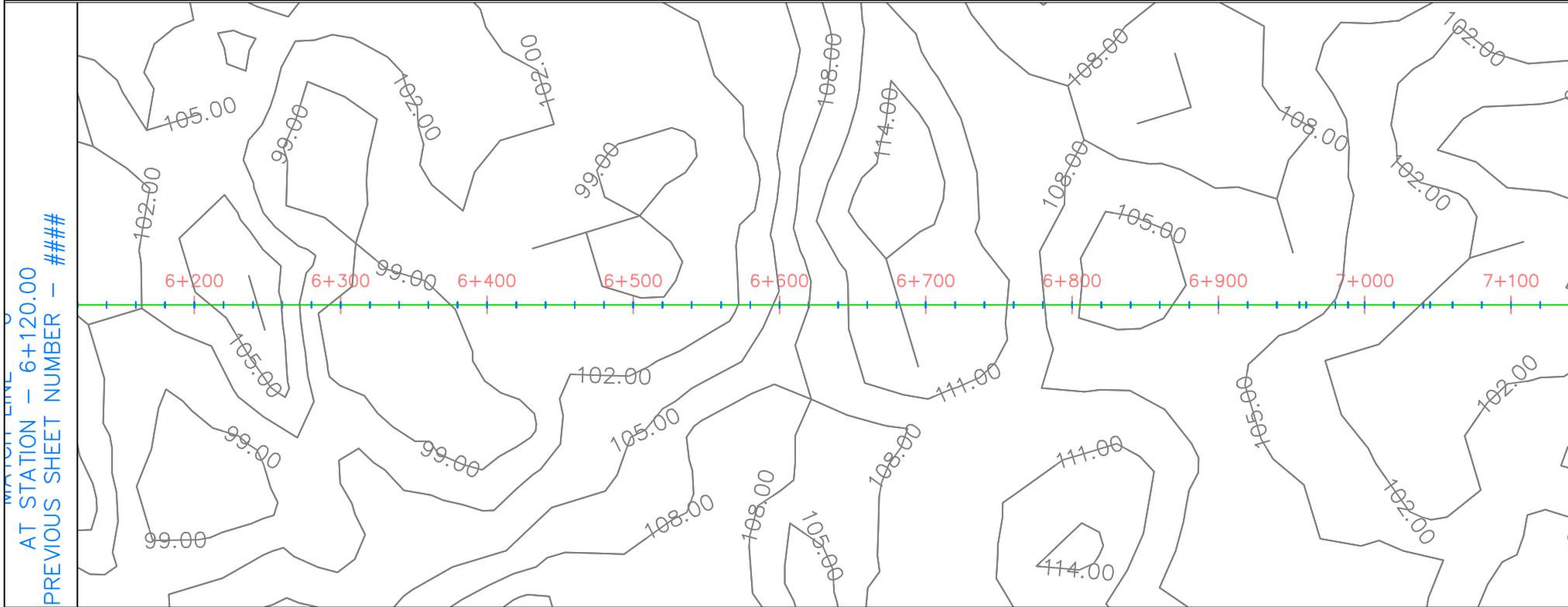


EKSISTING ELEVATION	106.52	108.73	107.33	102.13	102.30	101.08	103.90	102.90	107.23
PURPOSE ELEVATION	104.650	104.972	105.294	105.616	105.939	106.261	106.583	106.906	107.154
	3+200	3+300	3+400	3+500	3+600	3+700	3+800	3+900	4+000

	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERANCANGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	SKALA	JUDUL GAMBAR	KETERANGAN	KODE GBR	NO. GBR
		PERANCANGAN JALAN REL DAN GEOMETRI TRASE DARI PONOROGO - SLAHUNG UNTUK REAKTIVASI	Ir. Wahyu Herijanto, MT, NIP196209061989031012	Cut Munawwarah 03111540007003	Horizontal 1 : 400 Vertikal 1 : 500	Plan and Profile	PL	4	
				JUMLAH GBR	26				

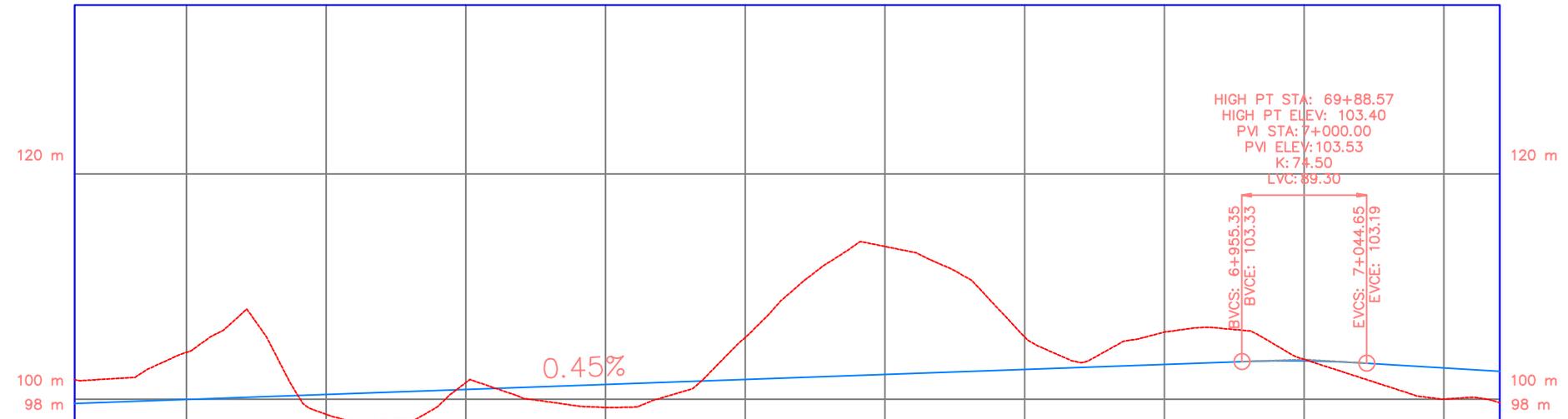


	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	SKALA	JUDUL GAMBAR	KETERANGAN	KODE GBR	NO. GBR
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERANCANGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	PERANCANGAN JALAN REL DAN GEOMETRI TRASE DARI PONOROGO - SLAHUNG UNTUK REAKTIVASI	Ir. Wahyu Herijanto, MT, NIP196209061989031012	Cut Munawwarah 03111540007003	Horizontal 1 : 400 Vertikal 1 : 500	Plan and Profile		PL	6
								JUMLAH GBR
								26



MATCH LINE
AT STATION - 6+120.00
PREVIOUS SHEET NUMBER - #####

MATCH LINE - 7
AT STATION - 7+140.00
NEXT SHEET NUMBER: #####



EKSISTING ELEVATION	104.16	98.65	101.48	99.26	105.49	113.56	105.51	105.96	103.53	100.01
PURPOSE ELEVATION	99.961	100.407	100.853	101.299	101.745	102.191	102.637	103.082	103.395	102.775
	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 PERANCANGAN DAN
KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

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

DOSEN PEMBIMBING
Ir. Wahyu Herijanto, MT,
NIP196209061989031012

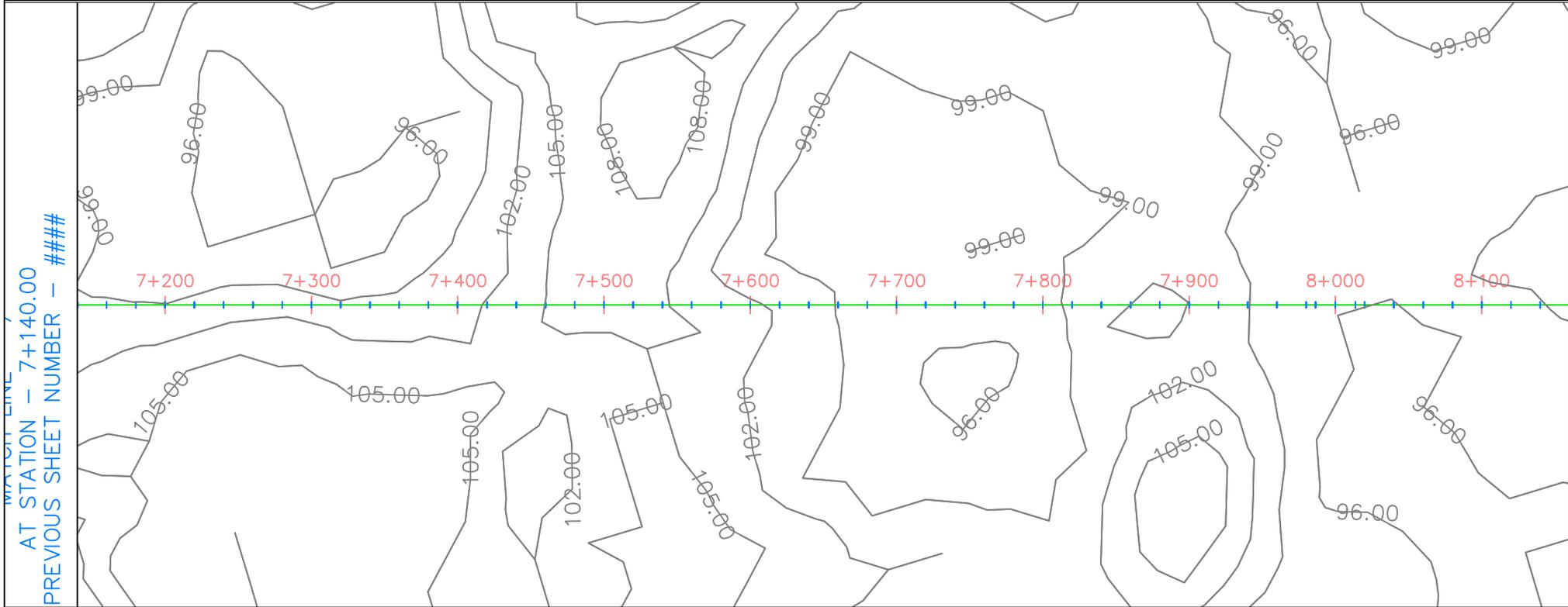
NAMA MAHASISWA
Cut Munawwarah
03111540007003

SKALA
Horizontal 1 : 400
Vertikal 1 : 500

JUDUL GAMBAR
Plan and Profile

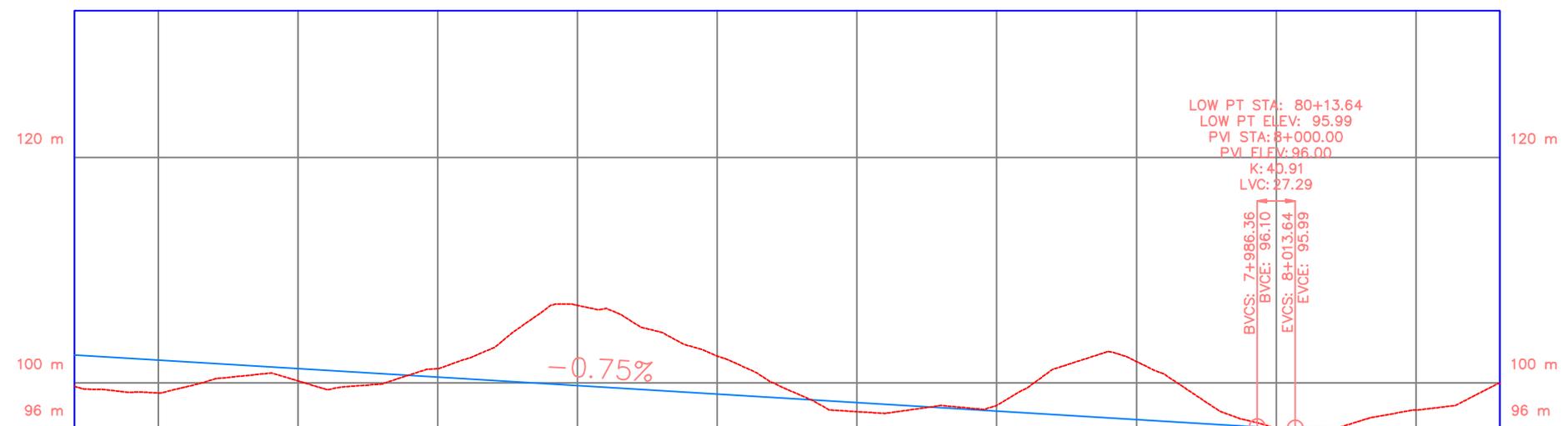
KETERANGAN
KODE GBR
PL

NO. GBR
7
JUMLAH GBR
26



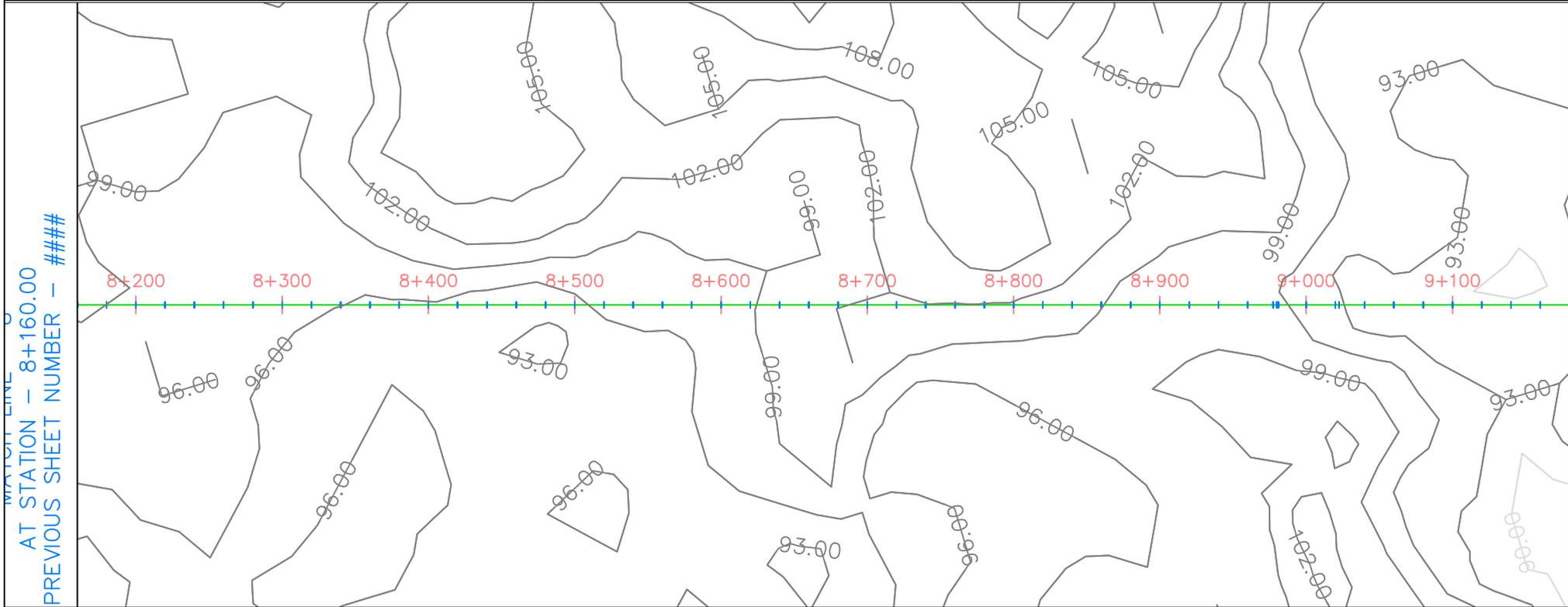
MATCH LINE
AT STATION - 7+140.00
PREVIOUS SHEET NUMBER - #####

MATCH LINE - 8
AT STATION - 8+160.00
NEXT SHEET NUMBER: #####



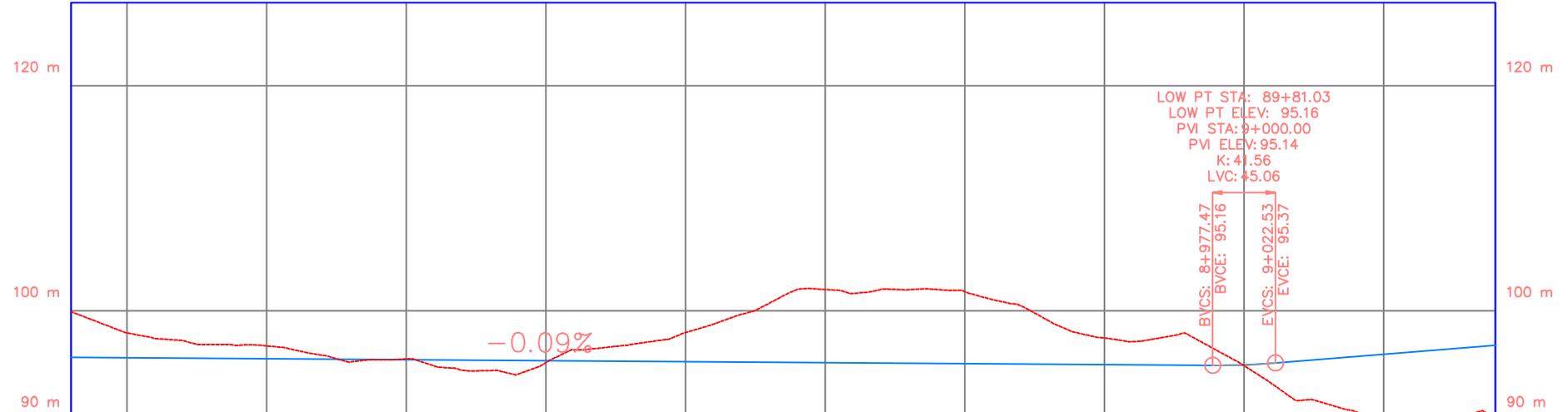
EKSISTING ELEVATION	99.11	100.18	101.28	106.89	102.39	97.46	98.00	101.91	96.00	97.61
PURPOSE ELEVATION	102.023	101.270	100.517	99.764	99.011	98.258	97.506	96.753	96.023	95.914
	7+200	7+300	7+400	7+500	7+600	7+700	7+800	7+900	8+000	8+100

	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERANCANGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	SKALA	JUDUL GAMBAR	KETERANGAN	KODE GBR	NO. GBR
		PERANCANGAN JALAN REL DAN GEOMETRI TRASE DARI PONOROGO - SLAHUNG UNTUK REAKTIVASI	Ir. Wahyu Herijanto, MT, NIP196209061989031012	Cut Munawwarah 03111540007003	Horizontal 1 : 4000 Vertikal 1 : 500	Plan and Profile	PL	8	
								Jumlah GBR 26	



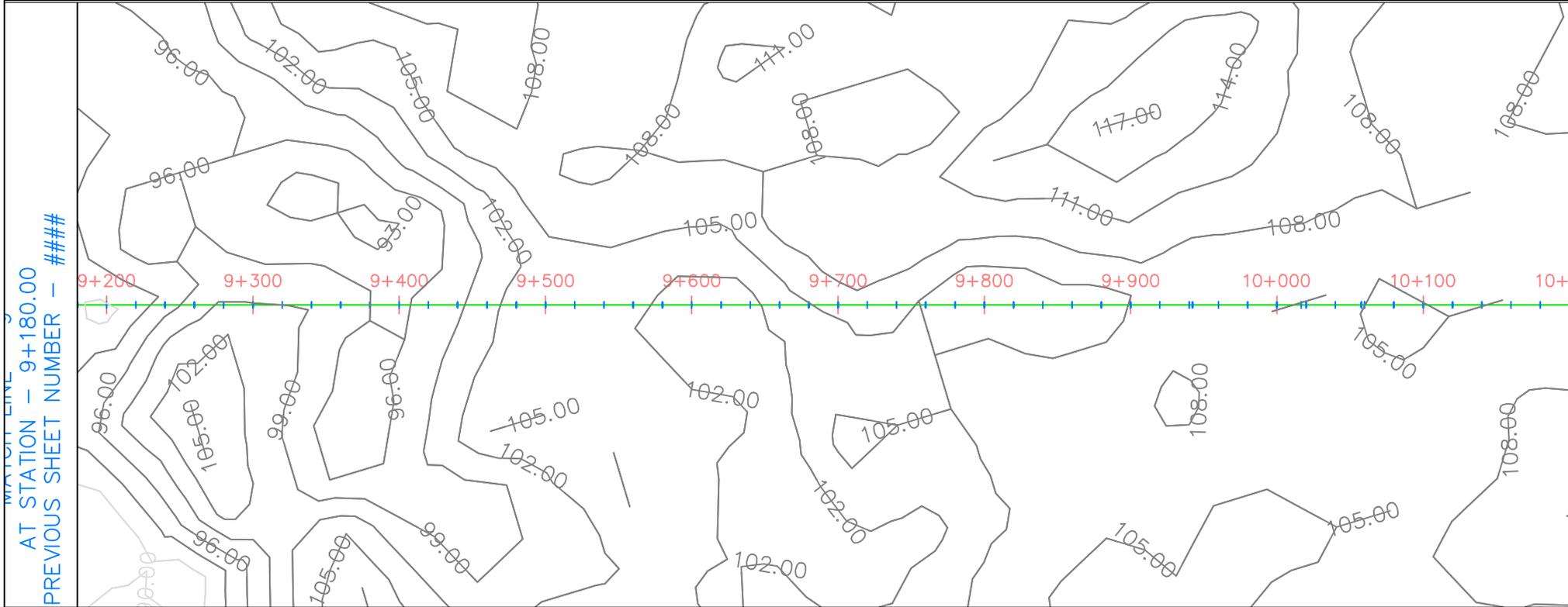
MATCH LINE
AT STATION - 8+160.00
PREVIOUS SHEET NUMBER - #####

MATCH LINE - 9
AT STATION - 9+180.00
NEXT SHEET NUMBER: #####



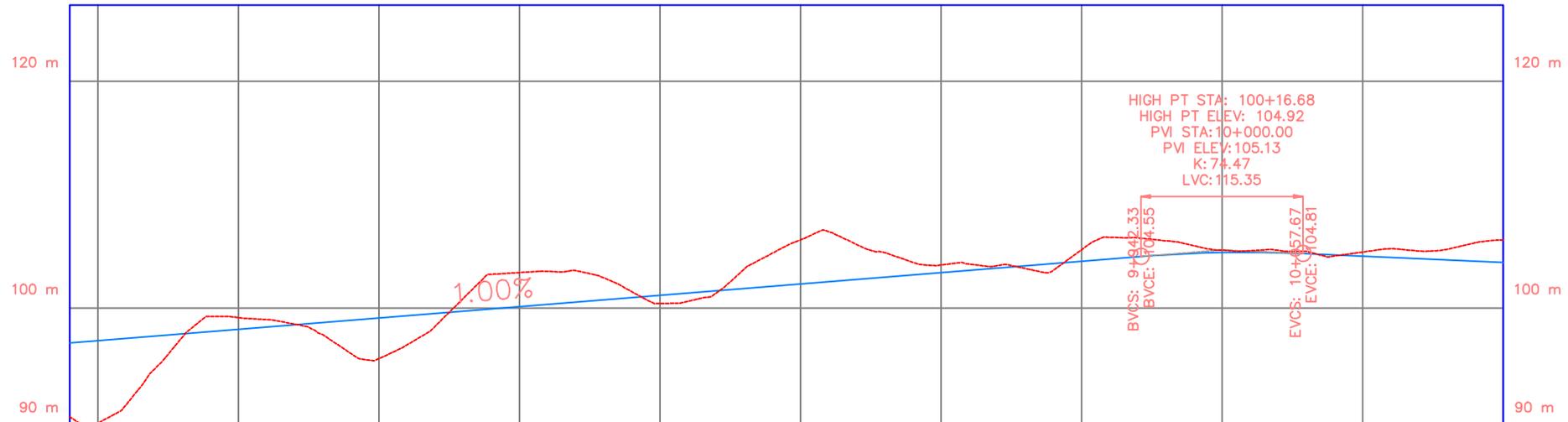
EKSISTING ELEVATION	98.04	96.89	95.73	95.39	98.06	101.90	101.72	97.59	95.14	90.61
PURPOSE ELEVATION	95.828	95.743	95.657	95.571	95.485	95.399	95.313	95.228	95.203	96.140
	8+200	8+300	8+400	8+500	8+600	8+700	8+800	8+900	9+000	9+100

	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERANCANGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	SKALA	JUDUL GAMBAR	KETERANGAN	KODE GBR	NO. GBR
		PERANCANGAN JALAN REL DAN GEOMETRI TRASE DARI PONOROGO - SLAHUNG UNTUK REAKTIVASI	Ir. Wahyu Herijanto, MT, NIP196209061989031012	Cut Munawwarah 03111540007003	Horizontal 1 : 400 Vertikal 1 : 500	Plan and Profile	PL	9	
									JUMLAH GBR



MATCH LINE - 9+180.00
PREVIOUS SHEET NUMBER - #####

MATCH LINE - 10
AT STATION - 10+200.00
NEXT SHEET NUMBER - #/

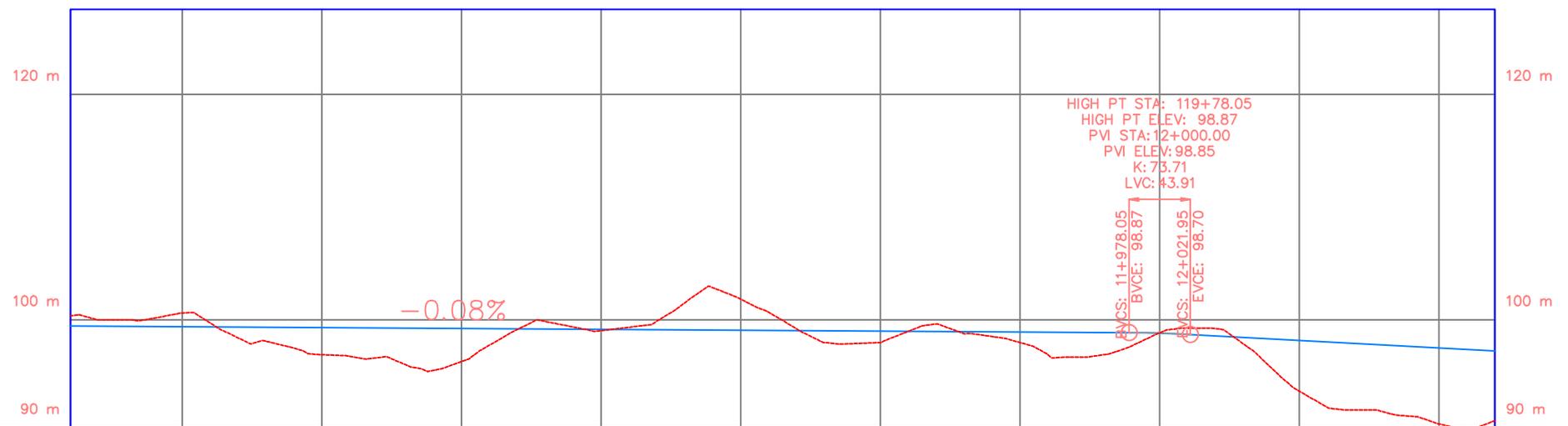
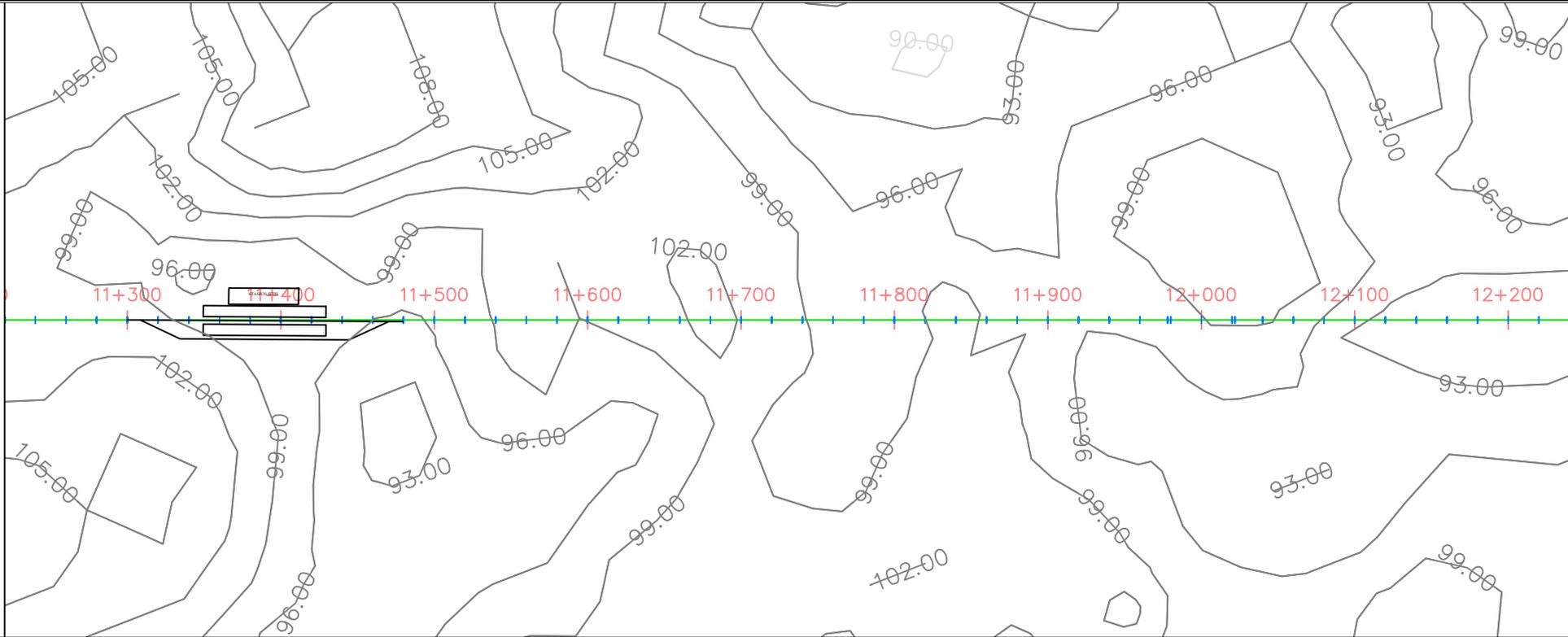


EKSISTING ELEVATION	89.84	99.17	95.55	103.14	100.41	106.02	103.81	105.15	105.13	104.95
PURPOSE ELEVATION	97.139	98.137	99.136	100.134	101.133	102.131	103.130	104.128	104.903	104.576
	9+200	9+300	9+400	9+500	9+600	9+700	9+800	9+900	10+000	10+100

	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERANCANGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	SKALA	JUDUL GAMBAR	KETERANGAN	KODE GBR	NO. GBR
		PERANCANGAN JALAN REL DAN GEOMETRI TRASE DARI PONOROGO - SLAHUNG UNTUK REAKTIVASI	Ir. Wahyu Herijanto, MT, NIP196209061989031012	Cut Munawwarah 03111540007003	Horizontal 1 : 400 Vertikal 1 : 500	Plan and Profile	PL	10	
									JUMLAH GBR

MATCH LINE - 11+220.00
AT STATION - 11+220.00
PREVIOUS SHEET NUMBER - #####

MATCH LINE - 12
AT STATION - 12+240.00
NEXT SHEET NUMBER: #####

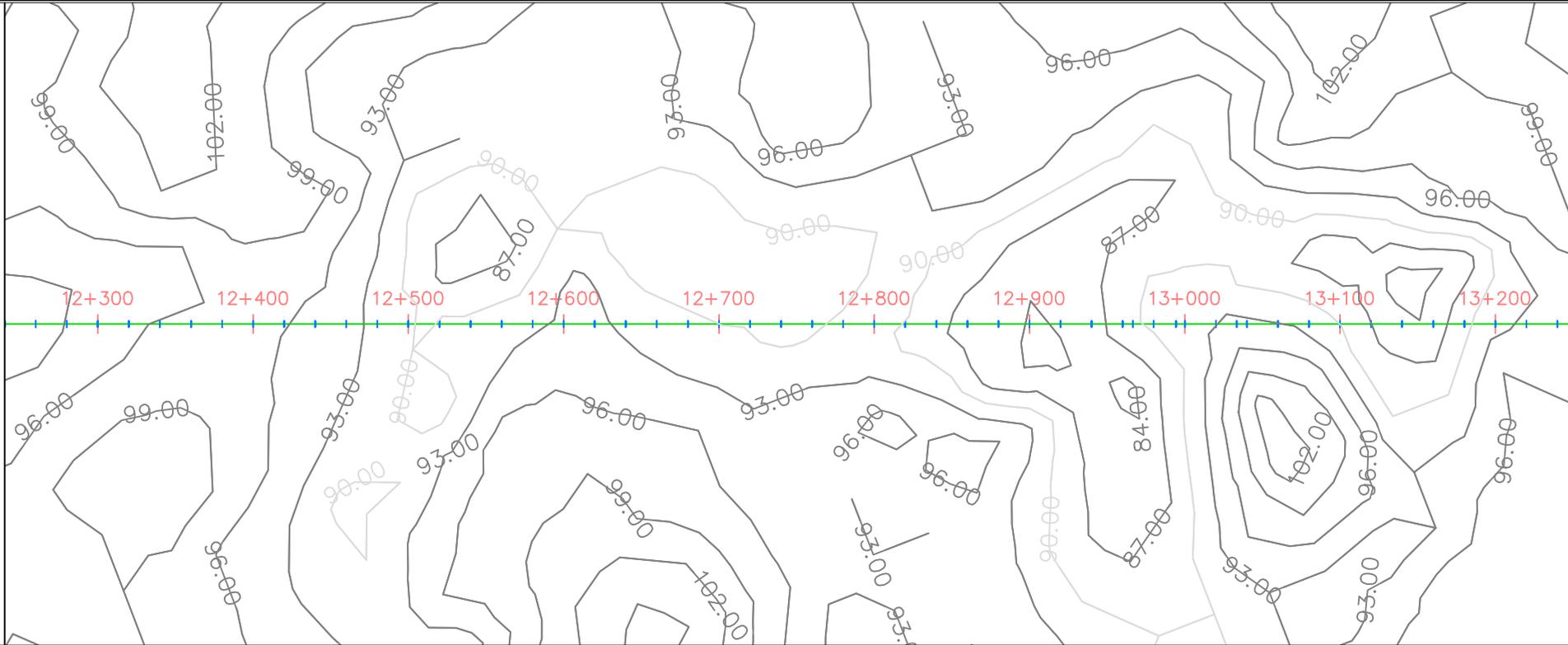


EKSISTING ELEVATION	100.60	96.90	96.29	99.04	101.84	97.97	97.99	98.85	93.67	90.76
PURPOSE ELEVATION	99.391	99.313	99.236	99.159	99.082	99.004	98.927	98.817	98.177	97.504
	11+300	11+400	11+500	11+600	11+700	11+800	11+900	12+000	12+100	12+200

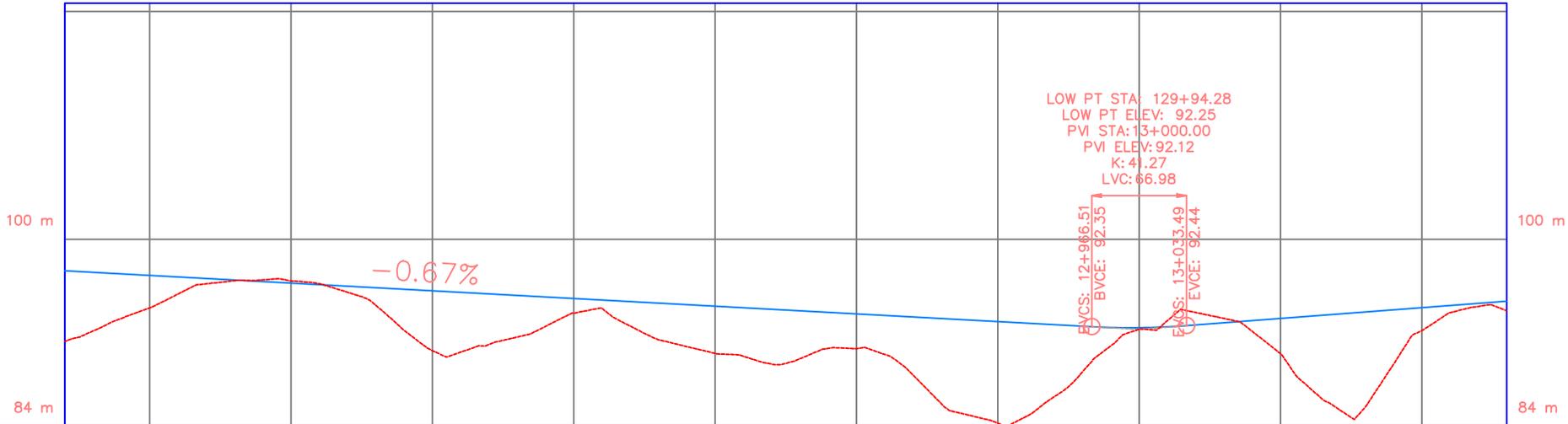
	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERANCANGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	SKALA	JUDUL GAMBAR	KETERANGAN	KODE GBR	NO. GBR
		PERANCANGAN JALAN REL DAN GEOMETRI TRASE DARI PONOROGO - SLAHUNG UNTUK REAKTIVASI	Ir. Wahyu Herijanto, MT, NIP196209061989031012	Cut Munawwarah 03111540007003	Horizontal 1 : 400 Vertikal 1 : 500	Plan and Profile	PL	12	
									JUMLAH GBR

MATCH LINE - 12
AT STATION - 12+240.00
PREVIOUS SHEET NUMBER - #####

MATCH LINE - 13
AT STATION - 13+260.00
NEXT SHEET NUMBER: #####



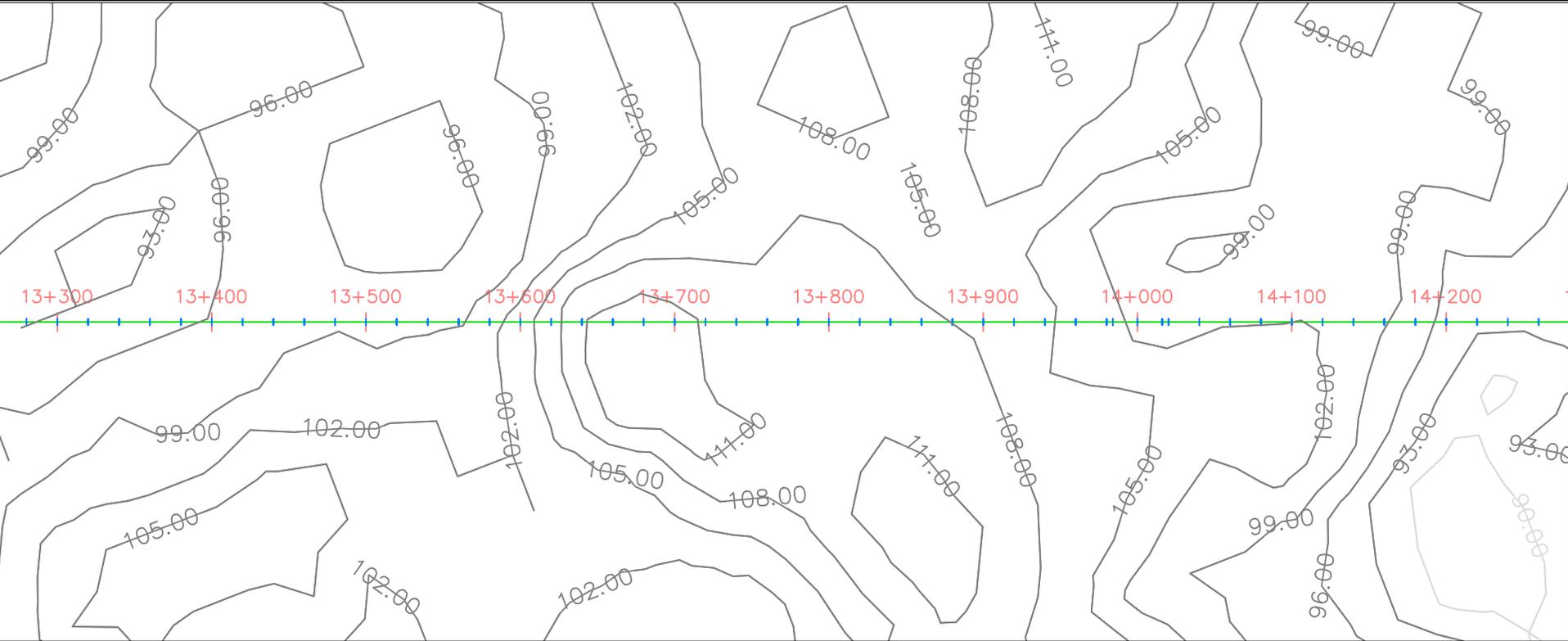
120 m 120 m



EKSISTING ELEVATION	94.00	96.37	90.25	93.52	90.00	90.41	83.88	92.12	89.97	92.01
PURPOSE ELEVATION	96.831	96.158	95.485	94.812	94.139	93.466	92.793	92.256	93.070	94.021
	12+300	12+400	12+500	12+600	12+700	12+800	12+900	13+000	13+100	13+200

	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERANCANGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	SKALA	JUDUL GAMBAR	KETERANGAN	KODE GBR	NO. GBR
		PERANCANGAN JALAN REL DAN GEOMETRI TRASE DARI PONOROGO - SLAHUNG UNTUK REAKTIVASI	Ir. Wahyu Herijanto, MT, NIP196209061989031012	Cut Munawwarah 03111540007003	Horizontal 1 : 400 Vertikal 1 : 500	Plan and Profile	PL	13	
									JUMLAH GBR

MATCH LINE - 13+260.00
AT STATION - 13+260.00
PREVIOUS SHEET NUMBER - #####

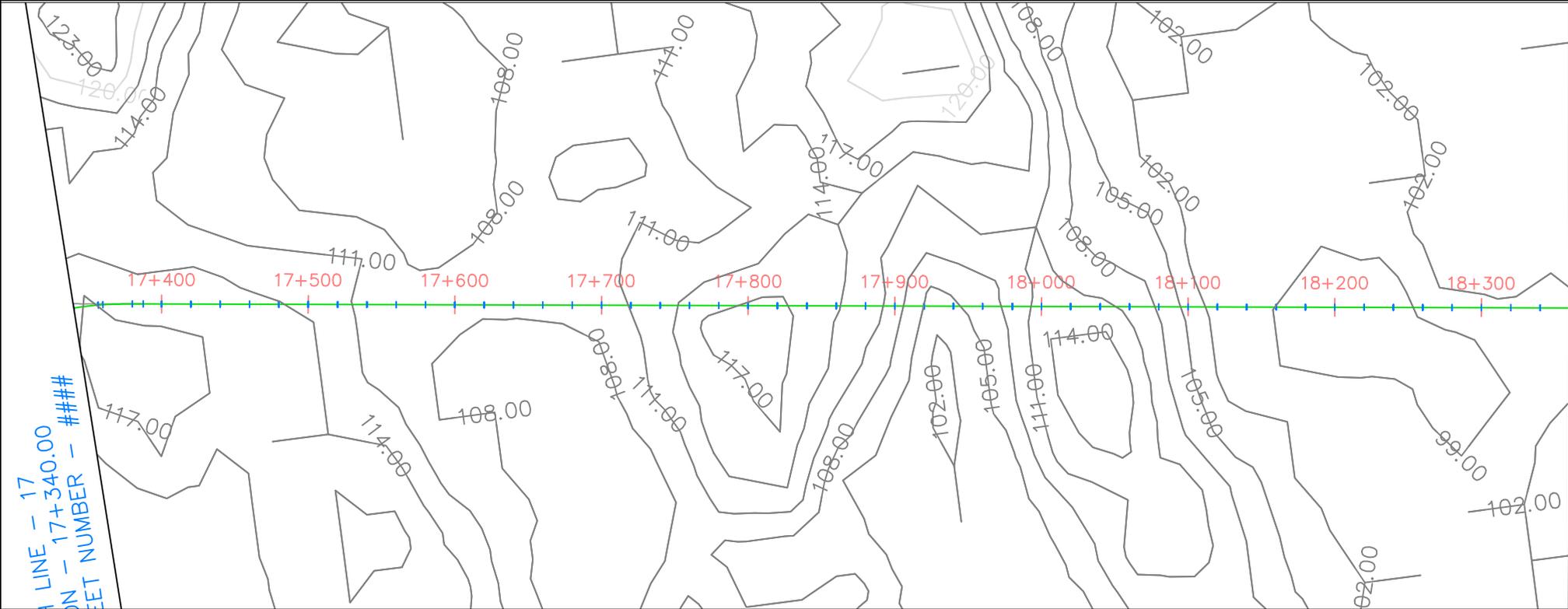


MATCH LINE - 14
AT STATION - 14+280.00
NEXT SHEET NUMBER - #####



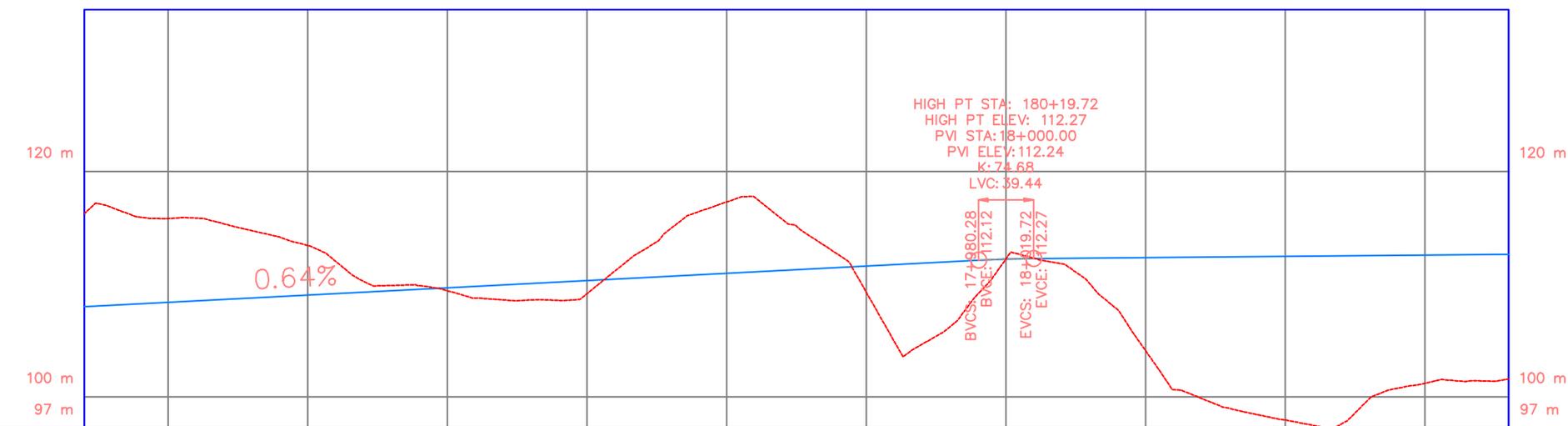
EKSISTING ELEVATION	93.32	96.17	98.53	103.54	112.24	110.66	107.30	101.62	101.98	95.23
PURPOSE ELEVATION	94.971	95.921	96.871	97.821	98.771	99.721	100.671	101.604	102.142	102.663
	13+300	13+400	13+500	13+600	13+700	13+800	13+900	14+000	14+100	14+200

	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERANCANGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	SKALA	JUDUL GAMBAR	KETERANGAN	KODE GBR	NO. GBR
		PERANCANGAN JALAN REL DAN GEOMETRI TRASE DARI PONOROGO - SLAHUNG UNTUK REAKTIVASI	Ir. Wahyu Herijanto, MT, NIP196209061989031012	Cut Munawwarah 03111540007003	Horizontal 1 : 400 Vertikal 1 : 500	Plan and Profile	PL	14	
									JUMLAH GBR



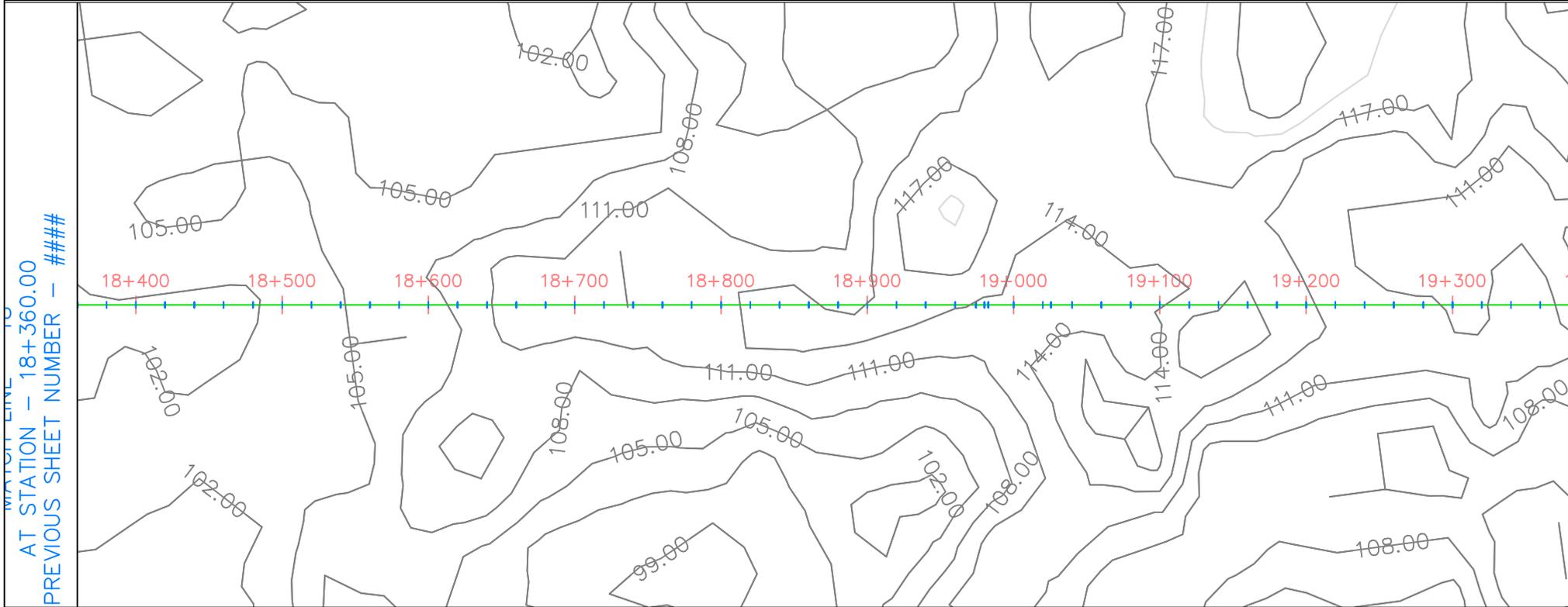
A LINE - 17
 AN - 17+340.00
 EET NUMBER - ###

MATCH LINE - 18
 AT STATION - 18+360.00
 NEXT SHEET NUMBER: ###



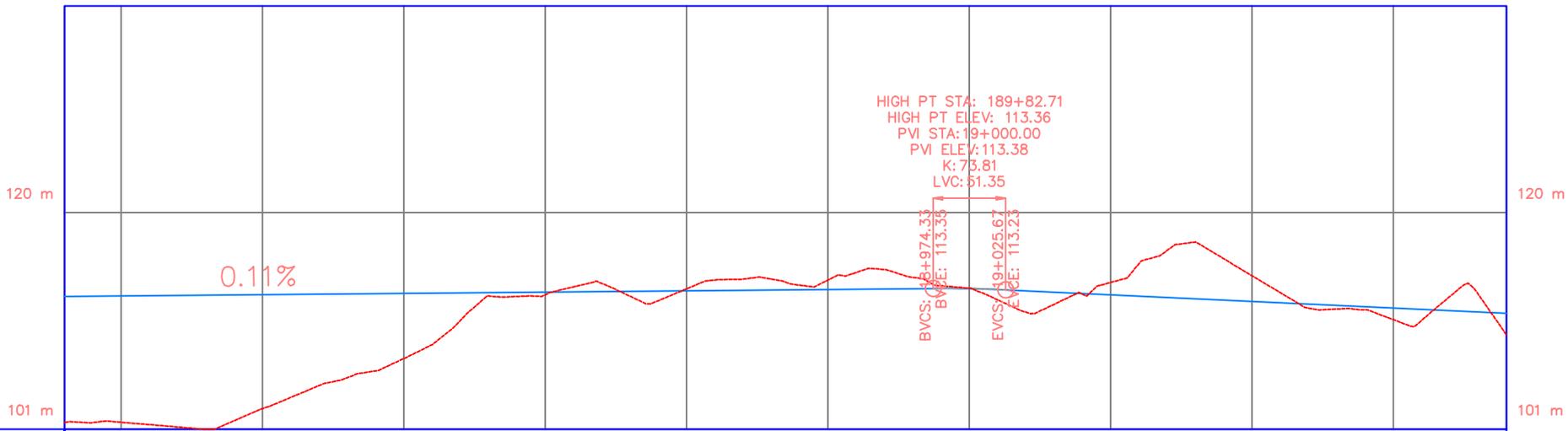
EKSISTING ELEVATION	115.82	113.43	109.41	109.16	117.29	109.27	112.24	104.09	97.95	101.20
PURPOSE ELEVATION	108.393	109.035	109.676	110.318	110.960	111.602	112.217	112.357	112.471	112.584
	17+400	17+500	17+600	17+700	17+800	17+900	18+000	18+100	18+200	18+300

	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERANCANGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	SKALA	JUDUL GAMBAR	KETERANGAN	KODE GBR	NO. GBR
		PERANCANGAN JALAN REL DAN GEOMETRI TRASE DARI PONOROGO - SLAHUNG UNTUK REAKTIVASI	Ir. Wahyu Herijanto, MT, NIP196209061989031012	Cut Munawwarah 03111540007003	Horizontal 1 : 400 Vertikal 1 : 500	Plan and Profile	PL	18	



MATCH LINE TO
AT STATION - 18+360.00
PREVIOUS SHEET NUMBER - #####

MATCH LINE - 19
AT STATION - 19+380.00
NEXT SHEET NUMBER: #####

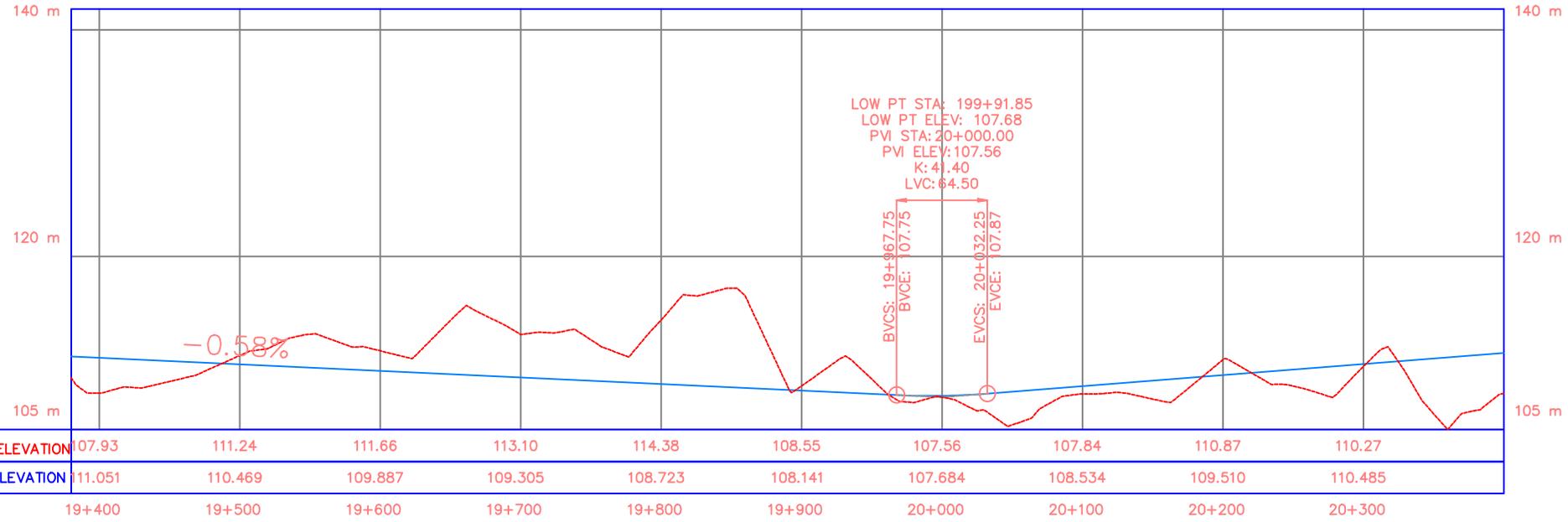
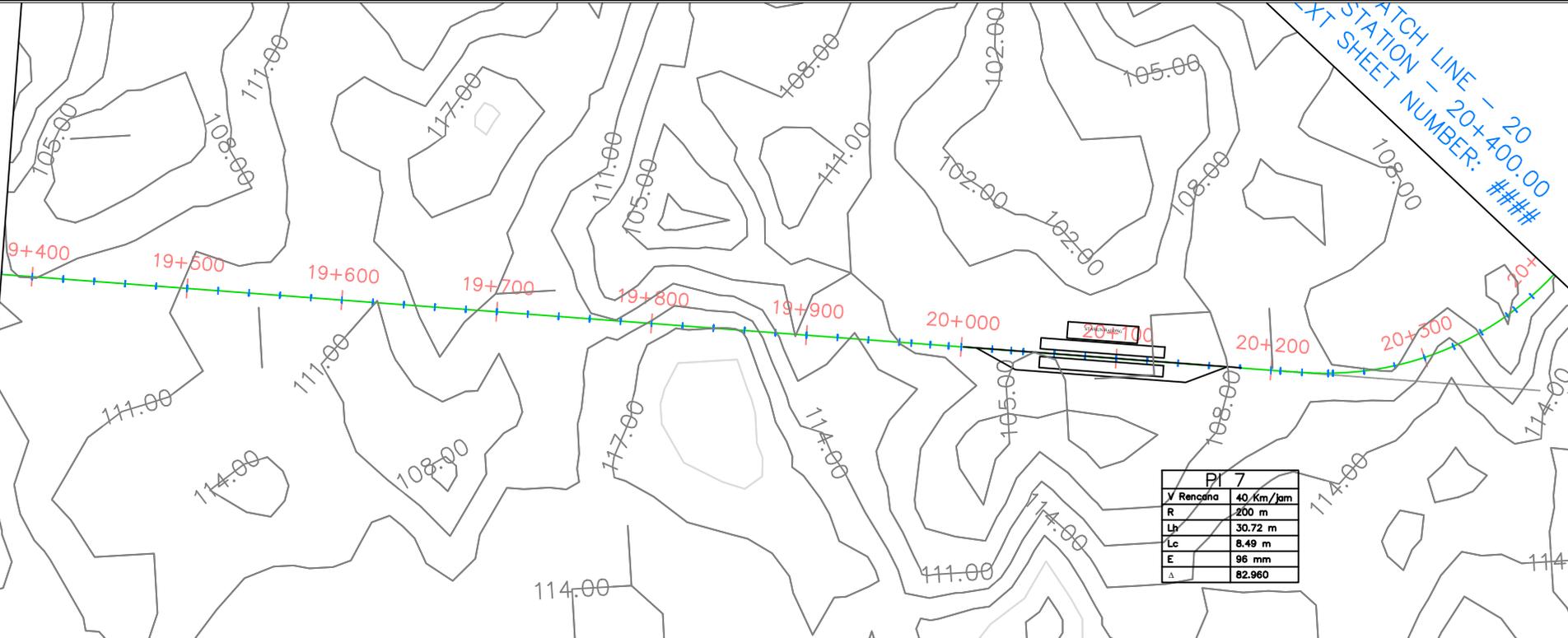


EKSISTING ELEVATION	101.62	102.82	107.21	112.80	113.32	114.09	113.38	113.88	114.47	110.62
PURPOSE ELEVATION	112.698	112.811	112.925	113.039	113.152	113.266	113.335	112.797	112.215	111.633
	18+400	18+500	18+600	18+700	18+800	18+900	19+000	19+100	19+200	19+300

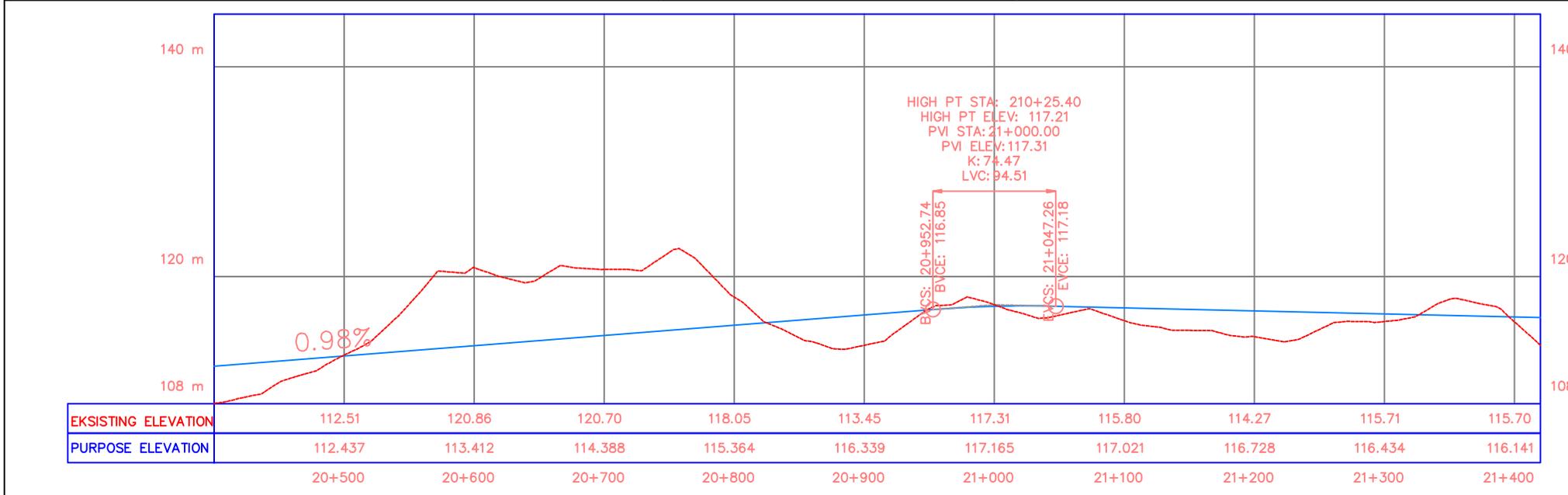
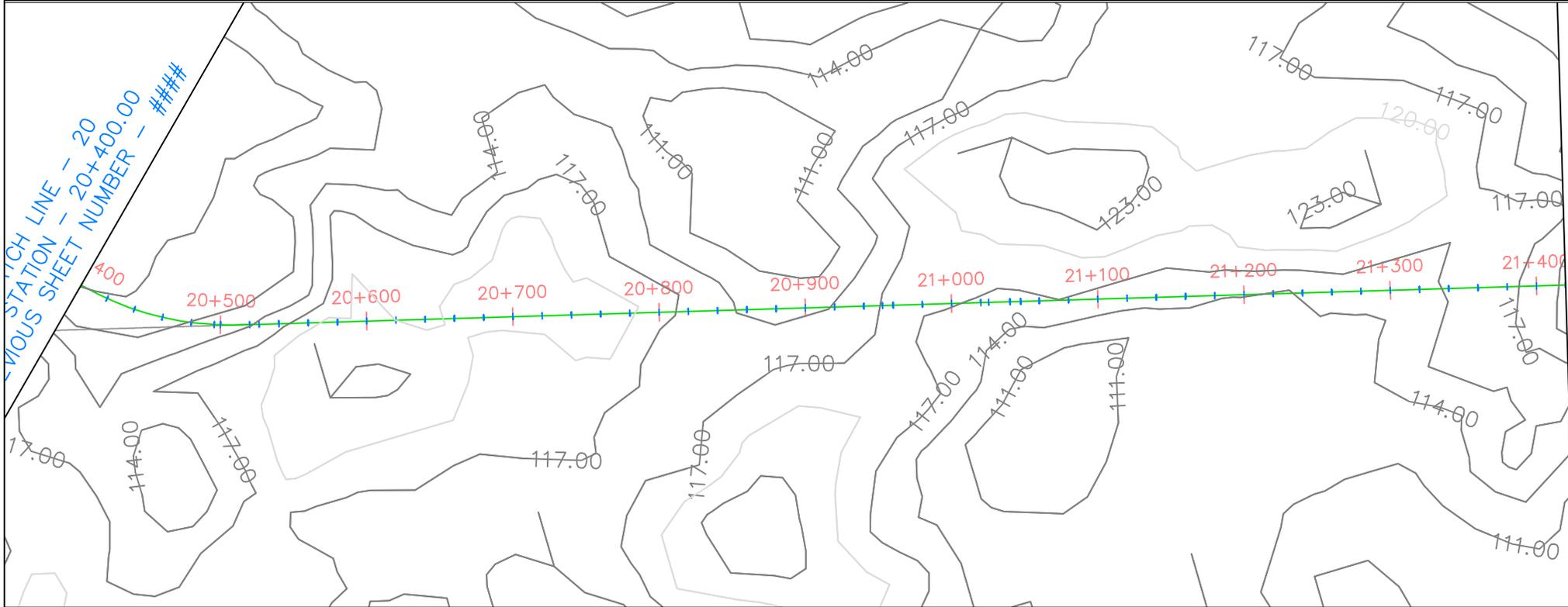
	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERANCANGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	SKALA	JUDUL GAMBAR	KETERANGAN	KODE GBR	NO. GBR
		PERANCANGAN JALAN REL DAN GEOMETRI TRASE DARI PONOROGO - SLAHUNG UNTUK REAKTIVASI	Ir. Wahyu Herijanto, MT, NIP196209061989031012	Cut Munawwarah 03111540007003	Horizontal 1 : 400 Vertikal 1 : 500	Plan and Profile	PL	19	

ATCH LINE - 19
AT STATION - 19+380.00
PREVIOUS SHEET NUMBER - ###

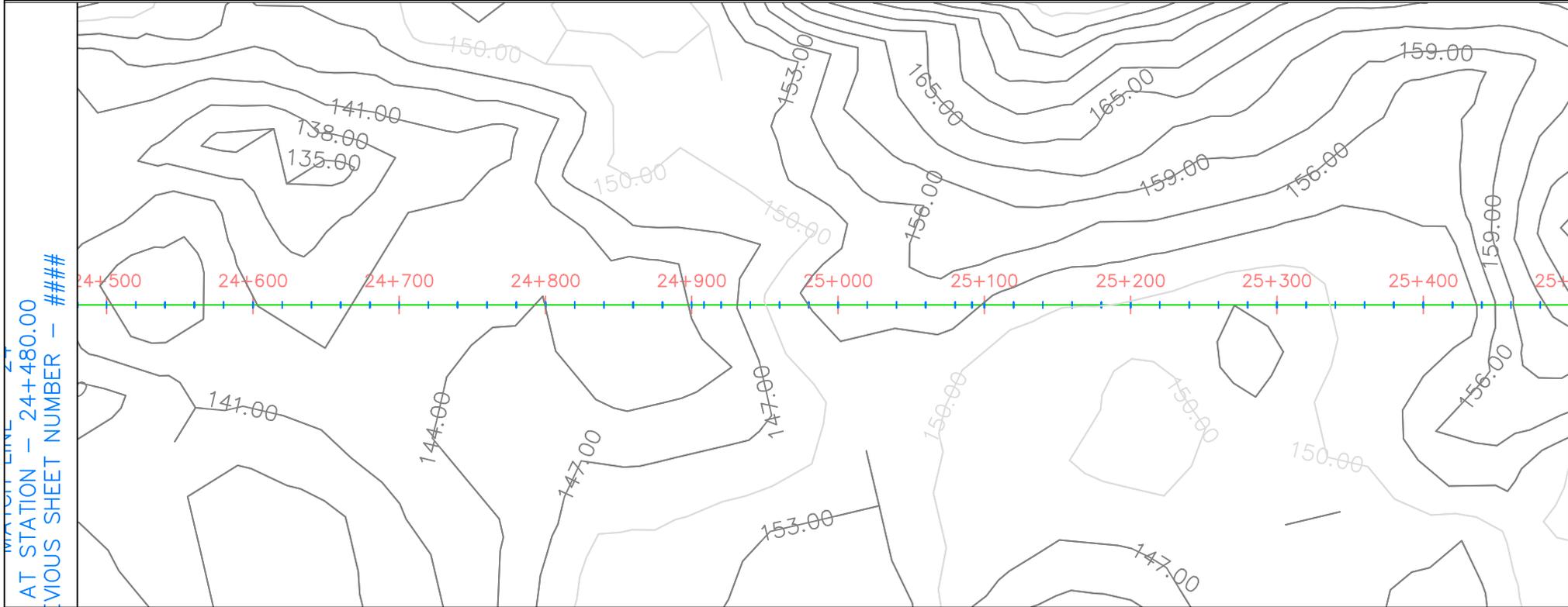
ATCH LINE - 20
STATION - 20+400.00
NEXT SHEET NUMBER: ###



 <p>DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERANCANGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER</p>	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	SKALA	JUDUL GAMBAR	KETERANGAN	KODE GBR	NO. GBR
	PERANCANGAN JALAN REL DAN GEOMETRI TRASE DARI PONOROGO - SLAHUNG UNTUK REAKTIVASI	Ir. Wahyu Herijanto, MT, NIP196209061989031012	Cut Munawwarah 03111540007003	Horizontal 1 : 400 Vertikal 1 : 500	Plan and Profile		PL	20
								JUMLAH GBR 26

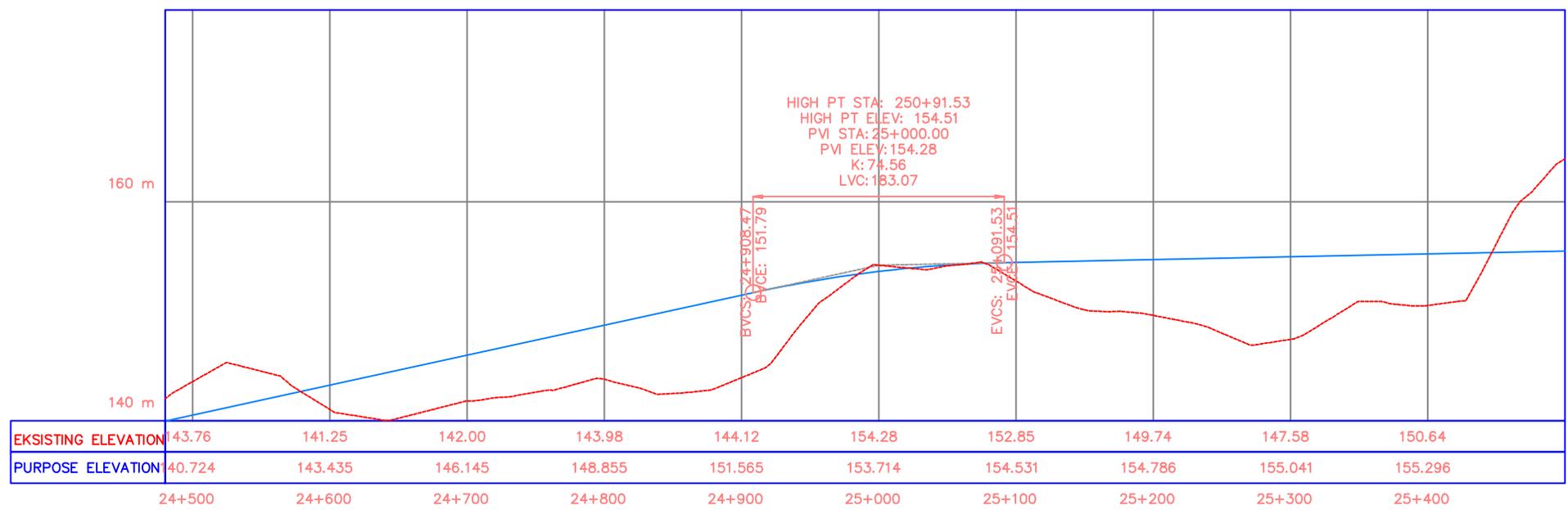


 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERANCANGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	SKALA	JUDUL GAMBAR	KETERANGAN	KODE GBR	NO. GBR
	PERANCANGAN JALAN REL DAN GEOMETRI TRASE DARI PONOROGO - SLAHUNG UNTUK REAKTIVASI	Ir. Wahyu Herijanto, MT, NIP196209061989031012	Cut Munawwarah 03111540007003	Horizontal 1 : 400 Vertikal 1 : 500	Plan and Profile	PL	21	
								JUMLAH GBR



MATCH LINE - 24+480.00
PREVIOUS SHEET NUMBER - ####

MATCH LINE - 25
AT STATION - 25+500.00
NEXT SHEET NUMBER: #####



	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERANCANGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	JUDUL TUGAS AKHIR PERANCANGAN JALAN REL DAN GEOMETRI TRASE DARI PONOROGO - SLAHUNG UNTUK REAKTIVASI	DOSEN PEMBIMBING Ir. Wahyu Herijanto, MT, NIP196209061989031012	NAMA MAHASISWA Cut Munawwarah 03111540007003	SKALA Horizontal 1 : 400 Vertikal 1 : 500	JUDUL GAMBAR Plan and Profile	KETERANGAN	KODE GBR PL	NO. GBR 25 JUMLAH GBR 26
--	--	---	--	---	--	---	-------------------	-----------------------	--



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Ir. Wahyu Herizanto, MT
NAMA MAHASISWA	: Cut Munawwarah
NRP	: 03111540007003
JUDUL TUGAS AKHIR	: PERANCANGAN JALAN REL DAN GEOMETRI TRASE DARI PONOROGO-SLAHUNG UNTUK REAKTIVASI
TANGGAL PROPOSAL	: 1 JULI 2019
NO. SP-MMTA	: B / 61780

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	25/10-2019	Laporan hasil survey	Perhitungan perencanaan Alinyemen horizontal	
2.	12/11-2019	Perhitungan Perencanaan Alinyemen Horizontal	Perhitungan Perencanaan Alinyemen Vertikal.	
3.	21/11-2019	Perhitungan Perencanaan Alinyemen Vertikal.	Revisi Alinyemen horizontal dan Alinyemen Vertikal.	
4.		Revisi Alinyemen horizontal dan Alinyemen vertikal.		
5.		Perhitungan kontruksi Jalan Rel.	Cell INK Cell Sleepers	
6.		Asistensi gambar Cross section.		
7.		Asistensi gambar Emplasmen		

**BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN
 SEMINAR DAN LISAN
 TUGAS AKHIR**

Pada hari ini Selasa tanggal 7 Januari 2020 jam 09:00 WIB telah diselenggarakan UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR Program Sarjana (S1) Departemen Teknik Sipil FTSPK-ITS bagi mahasiswa:

NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
03111540007003	Cut Munawwarah	Perancangan Jalan Rel dan Geometri Trase dari Ponorogo-Slahung untuk Reaktivasi

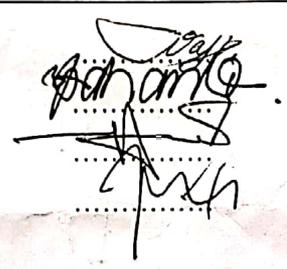
1. Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

gradient maximum banyu?	Cele kelurahan fawah dari dg beton tebal
kemampuan momen 932000?	Batas semua TCRP
Kelastikan baja	Subut switch
panjang sepur sidang ?	
Abstrak diperbaiki	
10 Newsletter	
Adibingya & WTKs	
Tujuan no 1 dsbuay	

2. Rentang nilai dari hasil diskusi Tim Penguji Tugas Akhir adalah : A / AB / B / BC / C / D / E

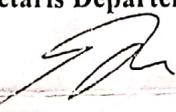
3. Dengan hasil ujian (wajib dibacakan oleh Ketua Sidang di depan Peserta Ujian dan Penguji) :

- Lulus Tanpa Perbaikan Mengulang Ujian Seminar dan Lisan
 Lulus Dengan Perbaikan Mengulang Ujian Lisan

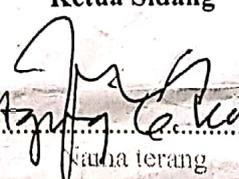
Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Ir. Wahyu Herijanto, MT (Pembimbing 1) Budi Rahardjo, ST. MT Ir. Hera Widyastuti, MT. PhD Anak Agung Gde K., ST. MSc	

Surabaya, 7 Januari 2020

Mengetahui,
 Sekretaris Departemen 1


Data Iranata, ST. MT PhD
 NIP 19800430 200501 1 002

Ketua Sidang


 (A. Azrif ...)
 Ketua Sidang



Cut Munawwarah

Penulis dilahirkan di Peureulak 20 Oktober 1997, Merupakan anak pertama dari 4 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Negeri 1 (Peureulak), SMP Negeri 1 (Peureulak), SMA Negeri Unggul Aceh Timur. Setelah lulus dari SMA Negeri Unggul Aceh Timur tahun 2015, penulis melanjutkan studi di S1 Departemen Teknik Sipil FTSLK ITS melalui program

beasiswa Lembaga Pengembangan Sumber Daya Manusia (LPSDM) Aceh dan terdaftar dengan NRP 03111540007003. Di departemen Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang studi Transportasi Rel. Selama menempuh pendidikan penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Sipil dan juga aktif mengikuti kepanitian *Civil Expo* ITS tahun 2016. Gelar Sarjana Teknik diperoleh penulis pada tahun 2020. Jika pembaca ingin berdiskusi dengan penulis dapat menghubungi melalui email: cutfccf@gmail.com .