

TUGAS AKHIR

**USULAN PERANCANGAN REAKTIVASI JALAN REL
RUAS STASIUN KALISAT – STASIUN SUKOWONO
KABUPATEN JEMBER
(*DESIGN PROPOSE OF RAILWAY REACTIVATION
SEGMENT KALISAT STATION – SUKOWONO
STATION JEMBER REGENCY*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Ahmad Fatih
15511205**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERANCANGAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2020**

TUGAS AKHIR

USULAN PERANCANGAN REAKTIVASI JALAN REL RUAS STASIUN KALISAT – STASIUN SUKOWONO KABUPATEN JEMBER (*DESIGN PROPOSE OF RAILWAY REACTIVATION SEGMENT KALISAT STATION – SUKOWONO STATION JEMBER REGENCY*)

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil

Disusun oleh

Ahmad Fatih
15 511 205

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 06 Agustus 2020

Oleh dewan penguji:

Pembimbing

Miftahul Fauziah, Ph.D.
NIP: 955110103

Penguji I

Dr. Ir. Edy Purwanto, CES., DEA
NIP: 855110101

Penguji II

Prima Juanita R., S.T., M.Sc.
NIP: 135111103

Mengesahkan

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T.
NIP: 885110101

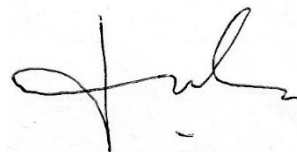
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ahmad Fatih
NIM : 15511205
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : Usulan Perancangan Reaktivasi Jalan Rel Ruas Stasiun
Kalisat – Stasiun Sukowono Kabupaten Jember

Dengan penuh kesadaran menyatakan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perancangan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 04 Maret 2020
Yang membuat pernyataan,



Ahmad Fatih
(15511205)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Usulan Perancangan Reaktivasi Jalan Rel Ruas Stasiun Kalisat – Stasiun Sukowono Kabupaten Jember*. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perancangan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

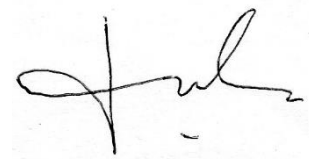
Penyusunan Tugas Akhir ini dapat selesai karena banyak pelajaran berupa saran, kritik, dan dorongan semangat dari berbagai pihak. Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada.

1. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, menasihati, dan memberikan tambahan ilmu.
2. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perancangan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
3. Seluruh Staf dan Karyawan Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia yang telah membantu kelancaran administrasi.
4. Orangtua Penulis, Bapak Mahmud dan Ibu Iftitahur Rohmah, serta adik Penulis Saniyyah Nur Baiti yang telah memberikan dukungan moril dan materil yang tidak pernah putus.

Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan banyak manfaat.

Yogyakarta, 04 Maret 2020

Penulis



Ahmad Fatih

15511205

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiv
ABSTRAK	xvi
<i>ABSTRACT</i>	xvii
BAB I	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II	5
2.1 Evaluasi dan Identifikasi Kelas Jalan Rel Eksisting	5
2.2 Perancangan dan Analisis Struktur Jalan Rel	5
2.3 Perancangan Geometri Jalan Rel	6
2.4 Perbandingan Pedoman Konstruksi PD PJKA dan Permenhub	6
2.5 Perbandingan Penelitian Evaluasi dan Perancangan Jalan Rel	8
BAB III	12
3.1 Klasifikasi Jalan Rel	12
3.2 Persyaratan Tata Ruang Perancangan	15
3.3 Persyaratan Geometri Jalan Rel	16
3.3.1 Lebar Jalan Rel	17
3.3.2 Alinyemen Horisontal	17

3.3.3	Peninggian Jalan Rel	19
3.3.4	Pelebaran Jalan Rel	20
3.3.5	Alinyemen Vertikal	20
3.3.6	Kelandaian	22
3.3.7	Koordinasi Alinyemen Jalan Rel	23
3.4	Pembebanan Kereta Api	23
3.5	Persyaratan Konstruksi	30
3.5.1	Rel	30
3.5.2	Penambat Rel	32
3.5.3	Bantalan	33
3.5.4	Balas	34
3.5.5	Subbalas	34
3.5.6	Badan Jalan Rel	35
3.5.7	Penampang Melintang Badan Jalan Rel	36
3.6	Drainase Permukaan Jalan Rel	40
3.6.1	Analisis Hidrologi	40
3.6.2	Analisis Hidrolika	43
BAB IV		45
4.1	Metode Penelitian	45
4.2	Lokasi Penelitian	45
4.3	Metode Pengambilan Data	46
4.4	Metode Analisis dan Perancangan	47
4.4.1	Evaluasi dan Identifikasi Kelas Jalan Rel Eksisting	47
4.4.2	Analisis Kelas Jalan Rel	48
4.4.3	Analisis Desain Struktur Jalan Rel	48
4.4.4	Perancangan Geometri	48
4.4.5	Perancangan Saluran Samping	49
4.5	Tahapan Perancangan	49
4.6	Bagan Alir	55
BAB V		59
5.1	Evaluasi Jalur Eksisting Nonaktif	59

5.1.1	Evaluasi Kondisi Prasarana	59
5.1.2	Identifikasi Kelas Jalan Rel Eksisting	69
5.2	Usulan Kelas Jalan Rel	72
5.2.1	Prakiraan Penumpang	72
5.2.2	Kelas Jalan Rel	74
5.2.3	Kriteria Desain Geometri dan Konstruksi	77
5.3	Perancangan Geometri Jalan Rel	78
5.3.1	Trase Eksisting	78
5.3.2	Lengkung Horisontal	79
5.3.3	Peninggian Rel	83
5.3.4	Pelebaran	84
5.3.5	Alinyemen Vertikal	85
5.3.6	Koordinasi Jalan	89
5.4	Perancangan Konstruksi Jalan Rel	89
5.4.1	Rel	89
5.4.2	Penambat	92
5.4.3	Bantalan	92
5.4.4	Balas & Subbalas	98
5.4.5	Tanah Dasar	100
5.4.6	Volume Komponen Konstruksi	101
5.5	Perancangan Saluran Samping	101
5.5.1	Analisis Hidrologi	101
5.5.2	Analisis Hidrolika	115
5.6	Pembahasan	117
5.6.1	Hasil Evaluasi Jalan Rel Eksisting	117
5.6.2	Hasil Usulan Kelas Jalan Rel	119
5.6.3	Hasil Usulan Desain Geometri Reaktivasi Jalan Rel	120
5.6.4	Hasil Usulan Desain Konstruksi Reaktivasi Jalan Rel	120
5.6.5	Hasil Desain Saluran Samping	122
BAB VI		123
6.1	Kesimpulan	123

6.2 Saran	123
DAFTAR PUSTAKA	125
LAMPIRAN	128



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Proyeksi Lengkung Horisontal dengan Peralihan	19
Gambar 3.2 Proyeksi Lengkung Vertikal dengan Peralihan	22
Gambar 3.3 Penampang Rel	26
Gambar 3.4 Titik dan Dimensi Fungsi Trigonometri pada Bantalan	28
Gambar 3.5 Penampang Tipikal Lokasi Berm	36
Gambar 3.6 Gambar Penampang Melintang Bagian Lurus	37
Gambar 3.7 Penampang Melintang Jalan Bagian Lengkung	38
Gambar 3.8 Penampang Saluran Persegi	44
Gambar 4.1 Lokasi Penelitian	45
Gambar 4.2 Bagan Alir Evaluasi dan Identifikasi Jalan Rel Eksisting	56
Gambar 4.3 Bagan Alir Perancangan	57
Gambar 4.4 Bagan Alir Pemodelan Civil 3D	58
Gambar 5.1 Jalur Eksisting dan Titik Pengamatan	59
Gambar 5.2 Dokumentasi Pengamatan Titik 1	60
Gambar 5.3 Dokumentasi Pengamatan Titik 2	61
Gambar 5.4 Dokumentasi Pengamatan Titik 3	62
Gambar 5.5 Dokumentasi Pengamatan Titik 4	62
Gambar 5.6 Dokumentasi Pengamatan Titik 5	63
Gambar 5.7 Dokumentasi Pengamatan Titik 6	64
Gambar 5.8 Dokumentasi Pengamatan Titik 7	64
Gambar 5.9 Dokumentasi Pengamatan Titik 8	65
Gambar 5.10 Dokumentasi Pengamatan Titik 9	66
Gambar 5.11 Dokumentasi Pengamatan Titik 10	67
Gambar 5.12 Dokumentasi Pengamatan Titik 11	67
Gambar 5.13 Dokumentasi Pengamatan Titik 12	68
Gambar 5.14 Dokumentasi Pengukuran Lebar dan Tinggi Rel	70
Gambar 5.15 Dokumentasi Pengamatan Penambat	71
Gambar 5.16 Dokumentasi Pengamatan Bantalan Baja	71
Gambar 5.17 Rangkaian KRDE	75

Gambar 5.18 Penambat KA Clip Produksi PT. Pindad	92
Gambar 5.19 Bantalan Beton N-67 Produksi Wika Beton	93
Gambar 5.20 Karakteristik Penampang di Dudukan Bantalan	95
Gambar 5.21 Karakteristik Penampang di Tengah Bantalan	96
Gambar 5.22 Sketsa Catchment Lereng di Sisi Kiri Saluran 1 Jalan Rel	110
Gambar 5.23 Luas Catchment Sisi Kiri Saluran 1 Jalan Rel	111
Gambar 5.24 Penampang Saluran Terbuka Persegi Empat	115
Gambar 5.25 Diagram Hasil Pengamatan Kondisi Jalur Eksisting	117



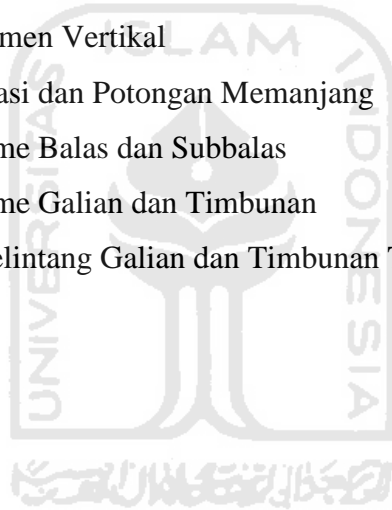
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan PD PJKa No. 10 1986 dengan Permenhub No. 60 2012	7
Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Evaluasi dan Perancangan Jalan Rel	9
Tabel 3.1 Kelas Jalan Rel untuk Lebar Jalan Rel 1067 mm	14
Tabel 3.2 Ruang Bebas untuk Lebar Sepur 1067 mm	16
Tabel 3.3 Jari-Jari Minimum Lengkung Horisontal	17
Tabel 3.4 Pelebaran Jalan Rel untuk 1067 mm	20
Tabel 3.5 Jari-Jari Minimum Lengkung Vertikal	21
Tabel 3.6 Landai Penentu Jalan Rel	22
Tabel 3.7 Fungsi Trigonometri dan Hiperbolikus	28
Tabel 3.8 Koefisien Balas Berdasar Kondisi Balas	29
Tabel 3.9 Dimensi Rel	31
Tabel 3.10 Tegangan Ijin Profil Rel Berdasarkan Kelas Jalan Rel	32
Tabel 3.11 Spesifikasi Material Subbalas	34
Tabel 3.12 Dimensi Potongan Melintang Jalan Rel	39
Tabel 3.13 Faktor Frekuensi (Kt) Distribusi Log Pearson III	40
Tabel 3.14 Koefisien Aliran	42
Tabel 3.15 Tipikal Nilai Kekasaran Manning (n)	43
Tabel 5.1 Koordinat Titik Pengamatan	60
Tabel 5.2 Rekapitulasi Kondisi Prasarana Jalan Rel Eksisting	68
Tabel 5.3 Jumlah Penduduk Tahun 2018	72
Tabel 5.4 Laju Pertumbuhan Penduduk	73
Tabel 5.5 Jumlah Proyeksi Penduduk Tahun 2030	73
Tabel 5.6 Rekapitulasi Daya Angkut Lintas Kalisat – Panarukan 2030	76
Tabel 5.7 Koordinat Titik PI Trase Eksisting	79
Tabel 5.8 Rekapitulasi Besar Radius Lengkung Horisontal	79
Tabel 5.9 Rekapitulasi Perhitungan Lengkung Horisontal SCS	82
Tabel 5.10 Rekapitulasi Peninggian Jalan Rel	83
Tabel 5.11 Rekapitulasi Besar Pelebaran Lengkung Horisontal	84
Tabel 5.12 Rekapitulasi Perhitungan Lengkung Vertikal	87

Tabel 5.13 Rekapitulasi STA dan Elevasi Titik Penting Alinyemen Vertikal	88
Tabel 5.14 Rekapitulasi Koordinasi Jalan	89
Tabel 5.15 Spesifikasi Bantalan Beton Produk Wika Tipe N-67	93
Tabel 5.16 Dimensi Bantalan Beton Produk Wika Tipe N-67	93
Tabel 5.17 Perhitungan Karakteristik Penampang Titik Dudukan Rel	95
Tabel 5.18 Hasil Perhitungan Penampang Titik Tengah Bantalan	95
Tabel 5.19 Fungsi Trigonometrik dan Hiperbolik Titik Dudukan Rel	97
Tabel 5.20 Fungsi Trigonometrik dan Hiperbolik Titik Tengah Bantalan Rel	97
Tabel 5.21 Dimensi Lapisan Balas	98
Tabel 5.22 Fungsi Trigonometri dan Hiperbolikus Tekanan Balas	99
Tabel 5.23 Hasil Pengujian <i>CBR</i> Tiap Perbandingan Campuran	100
Tabel 5.24 Data Curah Hujan Maksimal Harian Per Tahun	102
Tabel 5.25 Rekapitulasi Parameter Statistik	103
Tabel 5.26 Parameter Statistik Normal	104
Tabel 5.27 Rekapitulasi Parameter Statistik	105
Tabel 5.28 Parameter Staistik Logaritmik	106
Tabel 5.29 Syarat Penggunaan Jenis Sebaran	107
Tabel 5.30 Rekapitulasi Elevasi Saluran Sampung	108
Tabel 5.31 Rekapitulasi Elevasi Batas <i>Catchment</i> Sisi Kiri Jalan	108
Tabel 5.32 Rekapitulasi Perhitungan Debit Aliran Saluran Sisi Kiri Jalan	113
Tabel 5.33 Rekapitulasi Perhitungan Debit Aliran Saluran Sisi Kanan Jalan	114
Tabel 5.34 Rekapitulasi Analisis Hidrolika Saluran	116
Tabel 5.35 Identifikasi Komponen Struktur Atas Jalan Rel Eksisting	118
Tabel 5.36 Usulan Desain Konstruksi Reaktivasi Jalan Rel Kelas 5	119
Tabel 5.37 Rekapitulasi Hasil Analisis Tegangan Aktual	120
Tabel 5.38 Hasil Usulan Konstruksi Reaktivasi Jalan Rel	121
Tabel 5.39 Rekapitulasi Volume Komponen Struktur Jalan Rel	122

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Peta Rencana Pengembangan Jaringan Kereta Api Pulau Jawa	129
Lampiran 2 Peta Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Jember 2015-2035	130
Lampiran 3 Data Curah Hujan	131
Lampiran 4 Jalan Rel Eksisting Stasiun Kalisat – Stasiun Sukowono	132
Lampiran 5 Titik PI Lengkung Horisontal	133
Lampiran 6 Potongan Melintang	134
Lampiran 7 <i>Report</i> STA, dan Koordinat Titik Penting Tikungan	135
Lampiran 8 Diagram Superelevasi	151
Lampiran 9 <i>Report</i> Alinyemen Vertikal	152
Lampiran 10 Gambar Situasi dan Potongan Memanjang	159
Lampiran 11 <i>Report</i> Volume Balas dan Subbalas	182
Lampiran 12 <i>Report</i> Volume Galian dan Timbunan	188
Lampiran 13 Potongan Melintang Galian dan Timbunan Tertinggi	182



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

RIPNas	Rencana Induk Perkeretaapian Nasional
RTRW	Rencana Tata Ruang dan Wilayah
PM	PM
KM	Keputusan Menteri
Gapeka	Grafik Perjalanan Kereta Api
Divre	Divisi Regional
KRDE	Kereta Rel Diesel Elektrik
PP	Peraturan Pemerintah
SCS	<i>Spiral-Circle-Spiral</i>
Ls	Panjang <i>Spiral</i>
UTM	<i>Universal Transverse Mercator</i>
Rumija	Ruang Milik Jalan
Rumaja	Ruang Manfaat Jalan
Ruwasja	Ruang Pengawasan Jalan
Pd	Beban Dinamik
Pg	Beban Gandar
Ps	Beban Roda Statis
Id	Indeks Dinamik
λ	<i>Dumping Factor</i>
P	Jumlah Beban Dinamis dan Statis
k	Kekakuan
E	Modulus Elastis
I _x	Inersia arah X
I _y	Inersia arah Y
S _{base}	Tegangan Dasar Rel
W _b	Tahanan Momen Dasar
Q ₁	Beban Terdistribusi Rel
BoEF	<i>Beam of Elastic Foundation</i>
He	Tebal Lapis Ekuivalen

Q	Debit Rancangan Banjir
C	Koefisien Aliran
I	Intensitas Hujan
A	Luas daerah pengaliran
R24	Curah Hujan Maksimum dalam 24 Jam
Tc	Waktu Konsentrasi
L	Panjang Aliran
Lsal	Panjang Saluran
V	Kecepatan Aliran
S	Kemiringan Rata-rata Saluran



ABSTRAK

Perkembangan transportasi publik rute Kalisat-Panarukan saat ini hanya dilayani oleh bis. Kualitas pelayanan jalan raya yang semakin terbatas karena volume kendaraan semakin padat, menuntut dibutuhkannya transportasi alternatif lain yang unggul. Berdasar kebutuhan tersebut, Kementerian Perhubungan melalui Rencana Induk Perkeretaapian Nasional merencanakan program reaktivasi jalur lintas potensial di koridor Kalisat – Panarukan. Lintas tersebut ditutup tahun 2004, sehingga membutuhkan evaluasi untuk melaksanakan reaktivasi. Tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi kondisi prasarana, dan mengusulkan desain konstruksi, geometri serta saluran samping jalan rel eksisting.

Penelitian ini dilakukan di ruas Kalisat-Sukowono. Evaluasi dilakukan dengan survei untuk mendapatkan data primer. Usulan desain konstruksi dan geometri berdasarkan PM Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012. Pengolahan geometri menggunakan aplikasi *Autodesk Civil 3D*.

Hasil evaluasi kondisi prasarana jalan rel sepanjang 10,723 km sebagian besar (58%) beralih fungsi atau tertutup lahan, 34% rusak, dan hanya 8% dalam kondisi baik. Identifikasi kelas jalan eksisting tidak memenuhi klasifikasi minimum, sehingga diusulkan peningkatan kelas jalan rel. Berdasar daya angkut lintas sebesar 656 ribu ton//tahun maka diusulkan digunakan jalan rel kelas 5. Tikungan dirancang menggunakan tipe *spiral-circle-spiral* dengan 3 macam jari-jari yaitu sebesar 400 m, 500 m, dan 800 m, jari-jari alinyemen sebesar vertikal 6.000 m, dan kemiringan maksimum sebesar 22,40‰. Desain drainase saluran samping menggunakan jenis beton pracetak tipe *u-ditch* dengan dimensi 70 cm x 70 cm.

Kata Kunci : Geometri, Konstruksi, Reaktivasi, Jalan rel.

ABSTRACT

The development of public transport in the Kalisat-Panarukan corridor is currently only served by bus. The quality of the roadway service is increasingly limited because the volume of vehicles is increasingly dense, demanding the needs of other excellent alternative transportation. Based on these needs, the Ministry of Transportation through the National Railways Plan plans a reactivation program on a potential cross-border path in the Kalisat-Panarukan corridor. The traffic was closed in 2004, requiring evaluation to carry out reactivation. The purpose of this research is to evaluate the condition of infrastructure, and propose construction design, geometry, also ditch of existing rail road.

This study was conducted on the Kalisat-Sukowono route. Evaluation is done with surveys to get primary data. Proposed construction design and geometry based on regulation of the Minister of Transportation No. 60 year 2012. Geometry processing using software Autodesk Civil 3D.

The results of evaluation toward existing condition which has length 10,723 km generally (58%) land covered or changing land used, 34% were damaged, and only 8% in good condition. Identification toward existing road class does not reach minimum specifications, so proposed improvement of railway class. According to passing tonnage acquired 656 thousand ton/year so proposed design of railway class 5. Design of various radius curve horizontal geometry in amount of 400 m, 500 m, and 800 m. Radius design of curve vertical geometry using 6.000 m. The maximum slope reached 22.40%. Design drainage at ditch using concrete precast type u-ditch with dimension 70 cm x 70 cm.

Keywords : *Construction, Geometry, Railway, Reactivation.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu pendapat masyarakat tentang rendahnya kualitas transportasi yaitu kualitas pelayanan. Kualitas pelayanan jalan raya yang semakin terbatas karena volume kendaraan semakin padat. Permasalahan tersebut menuntut dibutuhkan transportasi alternatif lain yang unggul. Transportasi kereta api merupakan salah satu alternatif transportasi unggulan dengan menawarkan volume angkut yang lebih besar, penghematan energi, dan kenyamanan.

Sejalan dengan kepuasan masyarakat terhadap layanan kereta api yang ditunjukkan dengan meningkatnya jumlah penumpang kereta api Nasional. Jumlah penumpang kereta api di Pulau Jawa dan Sumatera tahun 2010 mencapai 203,27 juta penumpang sedangkan tahun 2019 sebesar 428 juta penumpang. Kajian oleh Kementerian Perhubungan yang memperkirakan perpindahan orang dengan kereta api tahun 2030 mencapai 858,5 juta penumpang. Peningkatan jumlah penumpang harus diimbangi dengan penyediaan prasarana dan sarana yang mumpuni. Melalui Rencana Induk Perkeretaapian Nasional (RIPNas) ditetapkan salah satu strategi yaitu meningkatkan kondisi prasarana eksisting. Kebijakan untuk mendukung strategi tersebut dengan mereaktivasi lalu lintas nonaktif yang berpotensi. Salah satu jalan rel yang akan direaktivasi adalah lintas Kalisat-Panarukan, yang dapat dilihat pada Lampiran 1. Sejalan dengan RIPNas, Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW) oleh Pemerintah Kabupaten Jember untuk tahun 2010-2035 juga berencana menghidupkan kembali jalur perkeretaapian nonaktif jalur Kalisat – Panarukan. Peta RTRW dapat dilihat pada Lampiran 2.

Transportasi publik khususnya di koridor Kalisat-Panarukan yang saat ini hanya dilayani oleh bus. Bus antar kota tersebut melayani rute dari Terminal Arjasa - Terminal Bondowoso - Terminal Situbondo. Willy dan Hera (2015) menyatakan okupansi perpindahan penumpang dari moda bus ke kereta api menunjukkan probabilitas terbesar yaitu 90,34%. Hal tersebut dipengaruhi oleh keandalan kereta

api dalam fasilitas yang lebih nyaman, biaya yang lebih rendah serta waktu tempuh yang lebih cepat.

Reaktivasi kereta api Kalisat-Panarukan terhalang oleh kondisi jalur yang tidak terawat. Berdasar catatan sejarah, jalur ini telah tutup pada tahun 2004 dikarenakan sepi penumpang serta tidak adanya pemeliharaan terhadap komponen. Perancangan konstruksi jalan rel dipengaruhi oleh jumlah beban, kecepatan maksimum, beban gandar dan pola operasi berdasarkan target perkeretaapian Nasional pada tahun 2030. Atas dasar ini diadakan klasifikasi jalan rel, sehingga perancangan reaktivasi dapat dibuat secara tepat guna. Pedoman persyaratan teknis jalan rel sesuai PM Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012, menggantikan peraturan sebelumnya Pedoman Dasar Nomor 10 Tahun 1986 yang diterbitkan oleh Perusahaan Jawatan Kereta Api (PJKA).

Berlandaskan kajian Kementerian Perhubungan, RIPNas dan RTRW Kab. Jember serta kondisi faktual akan kebutuhan masyarakat terhadap alternatif transportasi publik, maka perlu kajian terhadap perancangan reaktivasi jalur rel kereta api ruas Kalisat–Sukowono. Perancangan reaktivasi mengacu pada pedoman Permenhub No. 60 Tahun 2012.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang, permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini dengan rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana kondisi prasarana dan identifikasi kelas jalan rel eksisting ruas Stasiun Kalisat – Stasiun Sukowono berdasar Permenhub No. 60 Tahun 2012?
2. Bagaimana usulan kelas jalan rel berdasar Permenhub No. 60 Tahun 2012?
3. Bagaimana usulan rancangan geometri berdasar dengan Permenhub No. 60 Tahun 2012?
4. Bagaimana usulan rancangan konstruksi jalan rel berdasar Permenhub No. 60 Tahun 2012?
5. Bagaimana usulan rancangan saluran samping jalan rel?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan, Adapun tujuan yang ingin dicapai peneliti sebagai berikut.

1. Mengamati kondisi prasarana dan mengidentifikasi kelas jalan rel eksisting ruas Stasiun Kalisat – Stasiun Sukowono berdasarkan Permenhub No.60 Tahun 2012.
2. Mengusulkan kelas jalan rel sesuai Permenhub No. 60 Tahun 2012.
3. Mengusulkan rancangan geometri jalan rel pada trase eksisting sesuai PM Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012.
4. Mengusulkan rancangan konstruksi jalan rel sesuai PM Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012.
5. Mengusulkan rancangan saluran samping jalan rel.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari hasil penelitian ini yaitu sebagai pertimbangan bagi Pemerintah khususnya Direktorat Jenderal Perkeretaapian Kementerian Perhubungan serta PT. KAI selaku operator jasa layanan perkeretaapian serta pemilik aset dalam pelaksanaan program reaktivasi pada ruas kereta api ruas Kalisat – Sukowono. Masukan bagi Pemerintah Daerah Kab. Jember untuk pelaksanaan RTRW khususnya dalam pengembangan jaringan transportasi.

1.5 Batasan Penelitian

Adapun pembahasan yang terlalu luas maka diperlukan batasan dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Penelitian hanya dilakukan di ruas eksisting Stasiun Kalisat sampai Stasiun Sukowono, Kabupaten Jember.
2. Perancangan jalan rel meliputi geometri, struktur, dan drainase permukaan berupa saluran samping.
3. Tidak merencanakan prasarana kereta api pada bangunan stasiun, persinyalan, dan perlintasan sebidang.
4. Konstruksi dan desain jalan kereta api pada daerah emplasemen stasiun tidak diperhitungkan.

5. Tidak membahas faktor sosial, dan ekonomi.
6. Tidak menganalisis stabilitas lereng.
7. Pengolahan geometri menggunakan bantuan program aplikasi *Autodesk Civil 3D*.



BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Evaluasi dan Identifikasi Kelas Jalan Rel Eksisting

Penelitian tentang evaluasi kondisi prasarana pada jalur nonaktif telah dilakukan oleh Mughni (2018). Evaluasi dilakukan dengan mengamati kondisi prasarana berupa rel, penambat, bantalan, dan persinyalan. Kajian lainnya telah dipublikasikan oleh Anwar dan Arisandi (2013), yang melakukan pengamatan kondisi fisik di lapangan disertai wawancara. Hasil survei menyatakan penentuan komponen jalan rel berdasar klasifikasi jalan rel sesuai Permenhub No. 60 Tahun 2012. Penelitian ini akan mengamati kondisi fisik struktur atas jalan rel sehingga dapat dilakukan identifikasi kelas jalan rel sesuai Permenhub No. 60 Tahun 2012.

2.2 Perancangan dan Analisis Struktur Jalan Rel

Struktur jalan rel dirancang sesuai klasifikasi jalan yang ditentukan berdasar daya angkut lintas (*passing tonnage*). Nugroho dan Natasha (2016) menghitung *passing tonnage* untuk menentukan kelas jalan rel sesuai PM Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012. Penelitian dengan pedoman sejenis juga dilakukan oleh Jaya dan Miswanto (2018). Penelitian tersebut mengevaluasi struktur atas komponen jalan rel berdasarkan *passing tonnage*. Panjaitan dan Sembiring (2011) juga mengevaluasi komponen jalan rel eksisting berdasarkan *passing tonnage* tahunan. Seluruh hasil penelitian menunjukkan hubungan besar *passing tonnage* dengan kelas jalan rel.

Perhitungan *passing tonnage* memerlukan kebutuhan penumpang dan kereta api yang melintas. Agustini (2014) menyimpulkan bahwa jumlah potensi penumpang kereta api dapat dihitung dengan skema *modal share*. Skema tersebut dapat dihitung berdasar jumlah pengguna bandara.

Penelitian ini dilakukan dengan menghitung proyeksi penumpang sesuai target RIPNAS dengan skema *market share* sesuai jumlah penduduk koridor Kalisat-Panarukan. Analisis komponen rel sesuai persyaratan teknis Permenhub No. 60 Tahun 2012 dianalisis dengan prinsip *BoEF* dengan tegangan ijin mengacu nilai acuan oleh *Japan National Railway (JNR)*.

Zulkabir (2016) menganalisis komponen rel, dan bantalan menggunakan persamaan *beam of elastic foundation (BoEF)*. Analisis komponen struktur jalan rel juga telah dikaji oleh Wahab dan Afriyani (2017) yang menetapkan tegangan aktual dihitung dengan persamaan *BoEF* dan tegangan ijin komponen mengacu *JNR*. Hasil penelitian menyimpulkan komponen rel dan bantalan tidak mampu menahan momen dan tegangan aktual. Sehingga perlu dilaksanakan revitalisasi.

2.3 Perancangan Geometri Jalan Rel

Kajian perancangan reaktivasi geometri jalan rel kereta api telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Nugroho dan Natasha (2016) menetapkan kriteria geometri berdasarkan kelas jalan rel sesuai persyaratan teknis Permenhub No. 60 Tahun 2012. Penelitian lainnya dilakukan Mughni (2018) menganalisis geometri berdasarkan pedoman yang sama dengan penelitian sebelumnya. Hasil kriteria geometri dimodelkan dalam *Autodesk Civil 3D*. Penelitian ini dilakukan dengan menetapkan kriteria sesuai pedoman yang berlaku saat ini dan dimodelkan dalam *Autodesk Civil 3D*.

2.4 Perbandingan Pedoman Konstruksi PD PJKA dan Permenhub

PD PJKA No. 10 disusun pada tahun 1986, sedangkan persyaratan teknis konstruksi yang terbaru menggunakan pedoman Permenhub No. 60 tahun 2012. PD PJKA dikeluarkan oleh Perusahaan Jawatan Kereta Api yang saat ini telah berubah menjadi PT. KAI. Saat ini PT. KAI selaku operator sehingga regulasi dan perencanaan dipegang penuh oleh Kementerian Perhubungan dibawah naungan Ditjen Perkerataapian.

Berdasarkan Permenhub No. 60 tahun 2012, persyaratan teknis terdiri dari persyaratan sistem dan komponen. Persyaratan sistem termasuk geometri memiliki diantara keduanya yaitu Permenhub mengatur klasifikasi kelas jalan berdasarkan 2 tipe lebar jalan rel. PD PJKA hanya menggunakan lebar 1067 mm, sedangkan di provinsi luar jawa, lebar sepur menggunakan 1435 mm. Perbedaan tersebut menyebabkan perbedaan nilai persyaratan.

Perbedaan lainnya dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan PD PJKA No. 10 1986 dengan Permenhub No. 60 2012

Subyek	PD PJKA No. 10 1986	Permenhub No. 60 2012
Klasifikasi Jalan Rel	Hanya jenis rel dengan lebar 1067 mm.	Berdasarkan 2 jenis lebar rel, 1067 mm & 1435 mm
Kelandaian	1. Kelandaian berdasarkan pengelompokan lintas. 2. Perhitungan landai curam.	1. Hanya emplasemen, dan landai penentu.
Komponen rel	1. Menggunakan rumus, atau tabel celah. Diambil yang terbesar. 2. Rel panjang memiliki klasifikasi berdasar jenis bantalan 3. Mempunyai syarat suhu pemasangan berdasar jenis bantalan. 4. Desain wesel dengan tabulasi dan tata cara desain wesel.	1. Hanya menggunakan rumus. 2. Rel panjang ditetapkan suatu nilai tersendiri, tidak memiliki klasifikasi. 3. Tidak memiliki syarat suhu pasang. 4. Tidak memiliki rumusan untuk mendesain wesel.
Komponen bantalan	1. Blok tunggal Prategang, dan pascategang, <i>dual blok</i> . 2. Tegangan tengah bantalan -765 kg.m	1. Blok tunggal prategang. 2. Tegangan tengah bantalan -930 kg.m.
Berm	Tiap tinggi galian lebih dari 7 meter	Tiap tinggi <i>cut and fill</i> 6 meter
Komponen Penambat	Tidak memiliki spesifikasi daya jepit.	Spesifikasi daya jepit 900-1100 kgf.
Persimpangan sebidang	Ada	Tidak ada

2.5 Perbandingan Penelitian Evaluasi dan Perancangan Jalan Rel

Penelitian ini berbeda dengan hasil studi-studi sebelumnya. Studi terdahulu pada koridor yang sama terbatas pada okupansi perpindahan moda bus ke kereta api. Fokus dalam penelitian ini yaitu merancang reaktivasi jalan rel ruas Stasiun Kalisat-Stasiun Sukowono, Kabupaten Jember.

Perbandingan antara penelitian yang dilakukan dalam Tugas Akhir ini dengan penelitian-penelitian yang telah disebutkan diatas disajikan dalam bentuk tabel yang dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut.



Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Evaluasi dan Perancangan Jalan Rel

Penulis	Judul Penelitian	Pedoman dan Peraturan	Sumber Data	Prosedur Analisis dan Perancangan	Hasil Penelitian
Anwar dan Arisandi (2013)	Inventarisasi Jalan Rel Non Operasi Lintas Yogyakarta-Magelang-Temanggung	RIPNas, UU Nomor 23 Tahun 2007, PP Nomor 56 Tahun 2009, Permenhub Nomor 28 Tahun 2011, Permenhub Nomor 32 Tahun 2011, PD PJKA Nomor 10 Tahun 1986	Data primer berupa kondisi eksisting sepanjang koridor	Survei kondisi eksisting sepanjang lintas berupa pengamatan dan wawancara. Perhitungan kebutuhan komponen prasarana berdasar panjang lintas jalan rel	Kondisi jalan rel dan bangunan pelengkap sebagian besar beralih fungsi. Aset terdata dengan baik oleh PT. KAI. Panjang lintas 83,130 km. Prasarana yang dibutuhkan untuk komponen rel sebesar 166.620 km, penambat 554.200 buah, bantalan di permukaan tanah 137.033 buah, bantalan di jembatan 1.517 buah, dan bentang jembatan 909,75 meter. Kebutuhan balas sesuai kelas jalan sebesar 711 jt m ³ hingga 949 jt m ³ .
Augustini (2014)	Proyeksi Kebutuhan Sarana Kereta Api dari dan ke Bandara Internasional Kualanamu di Provinsi Sumatera Utara	-	Jumlah pengguna Bandara KA Bandara Kualanamu	Analisis potensi penumpang kereta api dengan perkiraan <i>modal share</i>	Hasil perhitungan potensi penumpang pada tahun 2030 mencapai 10.926 pnp/hari.
Zulkabir (2016)	Perancangan Jalur Ganda Jalan Rel Ruas Stasiun Solo Balapan Sampai Stasiun Sragen	PM Nomor 60 Tahun 2012, dan PD PJKA Nomor 10 Tahun 1986.	GAPEKA, volume angkutan penumpang dan barang, data kondisi lintas eksisting, dan peta rupa bumi Indonesia	Analisis potensi penumpang, analisis operasional kereta api, dan perancangan geometri serta penentuan struktur kereta api.	Pertumbuhan data penumpang dan barang memenuhi syarat pembangunan jalur ganda. Diperoleh <i>passing tonnage</i> sebesar 34 juta ton/tahun. Dirancang konstruksi dan geometri jalur ganda sesuai kelas jalan 1.

Sumber : Anwar dan Arisandi (2013), Augustini (2014), Zulkabir (2016)

Lanjutan Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Evaluasi dan Perancangan Reaktivasi Jalan Rel

Penulis	Judul Penelitian	Pedoman dan Peraturan	Sumber Data	Prosedur Analisis dan Perancangan	Hasil Penelitian
Nugroho dan Natasha (2016)	Perancangan Reaktivasi Jalan Rel Kereta Api Koridor Magelang – Ambarawa	PM Nomor 60 Tahun 2012, KM Nomor 52 Tahun 2000, dan PD PJKA Nomor 10 Tahun 1986.	Data primer berupa kondisi trase eksisting, dan data sekunder berupa kondisi fisik koridor, kebutuhan prasarana, data jumlah potensi penumpang.	<i>Demand</i> transportasi dan barang, perancangan trase alternatif, dan perancangan geometri.	Hasil perhitungan frekuensi kereta api sebesar 14 per hari, maka diperoleh jalan rel kelas 4. Trase alternatif terpilih berupa gabungan dari trase eksisting dan trase alternatif.
Wahab dan Afriyani (2017)	Analisis Kelayakan Konstruksi Bagian Atas Jalan Rel dalam Kegiatan Revitalisasi Jalur Kereta Api Lubuk Alung-Kayu Tanam (KM 39,699-KM 60,038)	PD PJKA Nomor 10 Tahun 1986	Data primer berupa jenis rel, dan jenis bantalan eksisting.	Analisis tegangan pada rel, dan pembebanan pada bantalan.	Tegangan aktual komponen rel eksisting dan bantalan baja lebih besar dari tegangan ijin. Perlu merevitalisasi jalan kereta api eksisting.
Mughni (2018)	Perancangan Reaktivasi Jalan Rel Kereta Api Rute Yogyakarta – Parangtritis	PM Nomor 60 Tahun 2012, KM Nomor 52 Tahun 2000, RIPNas.	Data primer berupa kondisi fisik trase eksisting, dan data sekunder berupa kondisi topografi, dan tata guna lahan.	Mengevaluasi kondisi trase eksisting. Merencanakan trase baru, geometri, dan struktur jalan rel.	Hasil evaluasi trase eksisting diperoleh sebagian besar kondisi jalur eksisting sudah beralih fungsi. Reaktivasi dirancang pada alternatif trase dengan desain geometri dan struktur jalan rel kelas 3.

Sumber : Nugroho dan Natasha (2016), Wahab dan Afriyani (2017), Mughni (2018)

Lanjutan Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Evaluasi dan Perancangan Reaktivasi Jalan Rel

Penulis	Judul Penelitian	Pedoman dan Peraturan	Sumber Data	Prosedur Analisis dan Perancangan	Hasil Penelitian
Jaya dan Miswanto (2018)	Evaluasi Struktur Atas Komponen Jalan Rel Berdasarkan Passing Tonage(Studi Kasus : Jalan Rel Lintas Tanjung Karang–Bekri)	PM Nomor 60 Tahun 2012, dan PD PJKA Nomor 10 Tahun 1986.	GAPEKA tahun 2017, dan komponen konstruksi PT. KAI DIVRE V	Analisis daya angkut lintas 1 Tahun, dan analisis tegangan rel, dan bantalan.	Kelas jalan rel 1 sesuai <i>passing tonnage</i> sebesar 20 jt ton/tahun.. hasil analisis tegangan pada komponen rel eksisting harus dirubah ke tipe R.60. Komponen bantalan sudah memenuhi syarat tegangan ijin.
Penulis	Perancangan Reaktivasi Jalur Kereta Api Ruas Kalisa – Sukowono Kabupaten Jember	PM Nomor 60 Tahun 2012, Perencanaan Sistem Drainase Jalan Pd T-02-2006-B Departemen Pekerjaan Umum Tahun 2006.	Data primer berupa pengamatan komponen jalan rel. Data sekunder berupa jumlah penduduk, peta GIS, dan curah hujan.	Evaluasi kondisi prasarana jalan rel eksisting, identifikasi kelas jalan rel eksisting, analisis <i>passing tonnage</i> untuk penentuan kelas jalan, analisis tegangan desain konstruksi, perancangan geometri dengan permodelan <i>Civil 3D</i> .	Kondisi prasarana jalan rel eksisting Sebagian besar tertutup lahan. Usulan rancangan kelas jalan 5. Desain geometri dan konstruksi sesuai kelas jalan. Dimensi drainase saluran samping jenis beton precetak tipe <i>u-ditch</i> sebesar 70 cm x 70 cm.

Sumber : Jaya dan Miswanto (2018), Penulis (2020)

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Klasifikasi Jalan Rel

Penentuan klasifikasi jalan rel berguna untuk menetapkan tipe, jenis, dan dimensi komponen konstruksi jalan rel yaitu: rel, bantalan, penambat, dan balas. Sesuai PM Perhubungan Nomor 60 tahun 2012, perancangan konstruksi jalan rel kereta api ditentukan oleh daya angkut lalu lintas (*passing tonage*) per tahun, beban gandar maksimum, dan kecepatan rencana. Parameter beban gandar jalan rel dengan lebar 1067 mm ditetapkan sebesar 18 ton. Sehingga kelas jalan rel dapat ditentukan oleh 2 parameter lainnya yaitu kecepatan rencana dan *passing tonage*. Secara praktis penentuan kelas kelas jalan rel untuk reaktivasi berdasar *passing tonnage*.

Passing tonnage yaitu jumlah dari total anggapan beban kereta api yang melintas pada suatu lintas dalam jangka waktu 1 tahun. Penentuan tersebut dihitung berdasarkan jumlah tonase penumpang, barang, dan gerbong kereta. Perhitungan *passing tonnage* memerlukan data penumpang. RIPNas mengasumsikan prediksi penumpang menggunakan proyeksi *modal share* berdasar demografi dan perekonomian di masing-masing pulau. Asumsi yang digunakan untuk melakukan proyeksi perjalanan penumpang dengan kereta api didasarkan proyeksi pertumbuhan penduduk sampai tahun 2030 pada masing-masing provinsi.

Kecepatan yang ditetapkan haruslah di bawah kecepatan batas maksimum. Kecepatan rencana ditetapkan secara optimum terhadap keadaan medan, kelandaian, jarak tempuh, jenis angkutan, dan jenis lokomotif yang dilayani sesuai kelas jalan. Kecepatan transportasi kereta api terbagi menjadi 4 kriteria sebagai berikut.

1. Kecepatan rencana
 - a. Kecepatan untuk perancangan struktur jalan rel menggunakan Persamaan 3.1 berikut.

$$V_{rencana} = 1,25 \cdot V_{maks} \quad (3.1)$$

dengan:

$V_{rencana}$ = kecepatan rencana, dan

V_{maks} = kecepatan maksimum.

- b. Kecepatan untuk perancangan peninggian menggunakan Persamaan 3.2 berikut:

$$V_{rencana} = V_{maks} \quad (3.2)$$

- c. Kecepatan untuk perancangan jari-jari lengkung peralihan menggunakan Persamaan 3.3 berikut.

$$V_{rencana} = c \times \frac{e_{Ni} \cdot V_i}{N_i \cdot V_i} \quad (3.3)$$

dengan:

c = ditentukan sebesar 1,25,

N_i = jumlah kereta api yang lewat, dan

V_i = kecepatan operasi.

2. Kecepatan maksimum
Kecepatan maksimum yaitu kecepatan tertinggi yang diijinkan dalam operasi rangkaian kereta pada suatu lintasan. Kecepatan maksimum dapat digunakan pada operasional kereta api untuk mengejar waktu keterlambatan.
3. Kecepatan operasi
Kecepatan operasi yaitu kecepatan rata-rata kereta api pada satu petak tertentu. Satu petak berarti antar stasiun.
4. Kecepatan komersial
Kecepatan komersial yaitu kecepatan yang ditunjukkan dalam promosi kepada konsumen.

Klasifikasi jalan rel dengan lebar 1067 mm ditunjukkan dalam Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1 Kelas Jalan Rel untuk Lebar Jalan Rel 1067 mm

Kelas Jalan	Daya Angkut Lintas (ton/Tahun)	V maks (km/jam)	Pmaks Gandar (ton)	Tipe Rel	Jenis Bantalan	Jarak Antar Sumbu Bantalan (cm)	Jenis Penambat	Tebal Balas Atas (cm)	Lebar Bahu Balas (cm)
I	$> 20 \cdot 10^6$	120	18	R.60/R.54	Beton	60	Elastis Ganda	30	60
II	$10 \cdot 10^6 - 20 \cdot 10^6$	110	18	R.54/R.50	Beton/Kayu	60	Elastis Ganda	30	50
III	$5 \cdot 10^6 - 10 \cdot 10^6$	100	18	R.54/R.50/R.42	Beton/Kayu/ Baja	60	Elastis Ganda	30	40
IV	$2,5 \cdot 10^6 - 5 \cdot 10^6$	90	18	R.54/R.50/R.42	Beton/Kayu/ Baja	60	Elastis Ganda/ Tunggal	25	40
V	$< 2,5 \cdot 10^6$	80	18	R.42	Kayu/Baja	60	Elastis Tunggal	25	35

Sumber : Menteri Perhubungan Republik Indonesia (2012)

Perhitungan daya angkut lintas dihitung dengan Persamaan 3.4 dan Persamaan 3.5 berikut.

$$T = 360 \times S \times TE \quad (3.4)$$

$$TE = T_p \times (K_b \times T_b) \times (K_1 \times T_1) \quad (3.5)$$

dengan:

T = daya angkut lintas (ton/Tahun),

S = koefisien yang besarnya bergantung pada kualitas lintasan,

= 1,1 untuk kereta penumpang,

= 1,0 untuk kereta tanpa penumpang,

TE = tonase ekuivalen (ton/hari),

T_p = tonase penumpang dan kereta harian,

K_b = koefisien yang besarnya bergantung pada beban gandar,

= 1,5 untuk gandar < 18 ton,

= 1,3 untuk gandar > 18 ton,

T_b = tonase barang dan gerbong harian,

K₁ = koefisien senilai 1,4, dan

T₁ = tonase lokomotif harian.

3.2 Persyaratan Tata Ruang Perancangan

Peruntukan tata ruang untuk kepentingan perancangan jalur kereta api terdiri dari: ruang manfaat jalur kereta api, ruang milik jalur kereta api, dan ruang pengawasan jalur kereta api. Ruang manfaat jalur kereta api terdiri atas jalan rel dan bidang tanah di kiri dan kanan jalan rel beserta ruang di kiri, kanan, atas, dan bawah yang digunakan untuk konstruksi jalan rel dan penempatan fasilitas operasi kereta api serta bangunan pelengkap lainnya. Mengacu Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 56 Tahun 2009 paragraf 2 pasal 43 ayat 3, bahwasanya ruang manfaat jalan memiliki ruang bebas. Ruang bebas yang dimaksud merupakan ruang yang bebas dari segala macam rintangan dan hambatan serta benda penghalang. Ruang bebas disesuaikan dengan jenis kereta api yang akan dioperasikan menurut Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Ruang Bebas untuk Lebar Sepur 1067 mm

Peron	Jalur Lurus (m)	Jalur Lengkung (m)
Tinggi	1.950	2.150
Rendah	1.950	1.950

Sumber : Menteri Perhubungan Republik Indonesia (2012)

PP Nomor 56 Tahun 2009 pasal 58 ayat 1 menjelaskan bahwa ruang milik jalan (rumija) meliputi bidang tanah di kiri dan kanan ruang manfaat jalur kereta api yang digunakan untuk pengamanan konstruksi jalan rel yang lebarnya sedikitnya 6 meter. PP Nomor 56 Tahun 2009 pasal 61 ayat 2 menjelaskan bahwa batas ruang pengawasan jalan (ruwasja) meliputi bidang tanah atau bidang lain di kiri dan di kanan ruang milik jalur kereta api. Ruwasja digunakan untuk pengamanan dan kelancaran operasi kereta api yang terletak pada permukaan tanah diukur dari batas paling luar ruang milik jalur kereta api selebar 9 meter.

3.3 Persyaratan Geometri Jalan Rel

Konstruksi Jalan rel bagian atas harus memenuhi persyaratan geometri. Adapun persyaratan geometri yang wajib dipenuhi dalam konstruksi sebagai berikut:

1. lebar jalan rel,
2. lengkung horisontal,
3. peninggian rel,
4. pelebaran jalan rel,
5. lengkung vertikal, dan
6. kelandaian.

Geometri jalan rel dirancang berdasarkan kecepatan rencana dan ukuran kereta yang melewatinya serta keadaan topografi daerah yang dilalui kereta dengan memperhatikan faktor keamanan, kenyamanan, ekonomi, dan keserasian lingkungan sekitarnya.

3.3.1 Lebar Jalan Rel

Lebar jalan rel adalah jarak minimum antara kedua sisi kepala rel yang diukur pada 0 – 14 mm di bawah permukaan paling atas rel. Secara umum, penggunaan lebar jalan rel di Indonesia memakai lebar jalan rel tipe sepur sempit dengan jarak minimum kedua sisi kepala rel 1067 mm. Penyimpangan lebar jalan rel dengan lebar 1.067 mm yang dapat ditoleransi yaitu +2 mm dan -0 untuk jalan rel baru, sedangkan untuk jalan rel yang telah beroperasi sebesar +4 mm dan -2 mm. Lebar sepur merupakan ketetapan lebar pada jalur lurus dengan lebar tetap, tidak tergantung pada jenis serta dimensi rel yang digunakan. Sedangkan pada lokasi berupa lengkung horisontal, lebar rel mungkin diperlukan penambahan yang tergantung pada besar jari-jari lengkung horisontalnya.

3.3.2 Alinyemen Horisontal

Lengkung horisontal adalah dua bagian lurus yang perpanjangannya saling membentuk sudut dan dihubungkan lengkung yang berbentuk lingkaran, baik dengan peralihan maupun tanpa peralihan. Besar jari-jari minimum alinyemen horisontal berbagai kecepatan rencanatersaji dalam Tabel 3.3 berikut:

Tabel 3.3 Jari-Jari Minimum Lengkung Horisontal

Kecepatan Rencana (km/jam)	Jari-Jari Minimum Tanpa Lengkung Peralihan (m)	Jari-Jari Minimum dengan Peralihan (m)
120	2.370	780
110	1.990	660
100	1.650	550
90	1.330	440
80	1.050	350
70	810	270
60	600	200

Sumber : Menteri Perhubungan Republik Indonesia (2012)

Lengkung peralihan adalah suatu lengkung dengan jari-jari yang berubah beraturan. Lengkung peralihan dipakai sebagai peralihan antara bagian yang lurus

dan bagian lingkaran dan sebagai peralihan antara dua jari-jari lingkaran yang berbeda. Panjang minimum dari lengkung peralihan menggunakan persamaan 3.6 berikut.

$$L_s = 0,01 \times h \times V \quad (3.6)$$

dengan:

L_s = panjang minimum lengkung peralihan (m),

h = perbedaan relatif antara dua bagian yang dihubungkan (mm), dan

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

Persamaan 3.7 sampai Persamaan 3.16 untuk menghitung lengkung horisontal dengan peralihan sebagai berikut.

1. Menghitung panjang lengkung

$$\Theta_s = \frac{90 \times L_s}{\pi \times R} \quad (3.7)$$

$$\Theta_c = \Delta - 2\Theta_s \quad (3.8)$$

$$L_c = \frac{\Theta_c}{360} \times 2\pi R \quad (3.9)$$

$$L = 2L_s + L_c \quad (3.10)$$

2. Menghitung X_c , Y_c , k , dan p

$$X_c = L_s - \frac{L_s^3}{40 \times R^2} \quad (3.11)$$

$$Y_c = \frac{L_s^2}{6 \times R} \quad (3.12)$$

$$p = Y_c - R(1 - \cos\theta_s) \quad (3.13)$$

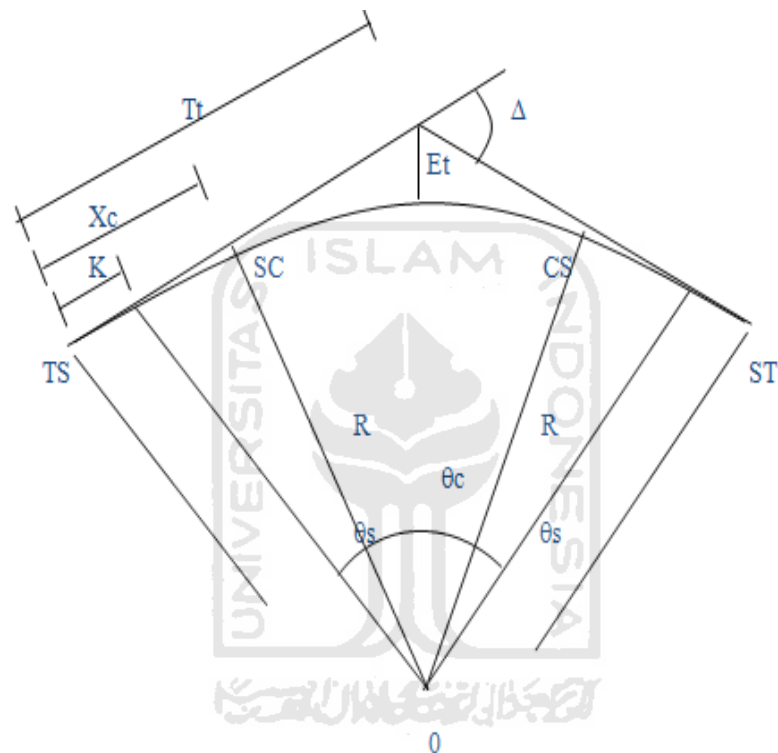
$$k = X_c - R\sin\theta_s \quad (3.14)$$

3. Menghitung T_t dan E_t

$$T_t = (R + p) \operatorname{tg} \frac{\Delta}{2} + k \quad (3.15)$$

$$E_t = (R + p) \operatorname{sec} \frac{\Delta}{2} - R \quad (3.16)$$

4. Penggambaran proyeksi lengkung horisontal dengan peralihan ditunjukkan pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Proyeksi Lengkung Horisontal dengan Peralihan

Sumber : Rosyidi (2015)

3.3.3 Peninggian Jalan Rel

Saat kereta berada di tikungan, terdapat gaya sentrifugal kearah sisi terluar. Salah satu cara mereduksi gaya sentrifugal adalah meninggikan rel luar terhadap rel bagian dalam di lengkung horisontal. Nilai peninggian jalan rel dipengaruhi oleh besaran jari-jari dan kecepatan (km/jam). Nilai peninggian maksimum pada lebar rel sempit 1067 mm yaitu 110 mm. Persamaan peninggian normal sebagaimana Persamaan 3.17 berikut.

$$h_{\text{normal}} = 5,95 \times \frac{V_{\text{rencana}}^2}{\text{jari-jari}} \quad (3.17)$$

Adapun nilai peninggian minimum pada Persamaan 3.18 sebagai berikut.

$$h_{\text{minimum}} = \frac{8,8 \times V_{\text{rencana}}^2}{R} \quad (3.18)$$

Nilai pada peninggian haruslah memenuhi syarat bahwa $h_{\text{minimum}} < h_{\text{normal}} < h_{\text{maksimum}}$. Bila mana perhitungan h_{normal} lebih besar dari h_{maksimum} , maka jari-jari rencana (R) harus diperbesar.

3.3.4 Pelebaran Jalan Rel

Pelebaran jalan rel bertujuan agar roda kendaraan rel dapat melewati lengkung horisontal tanpa hambatan. Pelebaran rel dilakukan dengan menggeser rel ke arah dalam. Seperti halnya peralihan, pelebaran dilakukan secara berangsur sepanjang lengkung peralihan. Besar pelebaran pada jalur rel lebar sempit 1067 mm sebagaimana pada Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.4 Pelebaran Jalan Rel untuk 1067 mm

Jari-Jari Tikungan (m)	Pelebaran (mm)
$R > 600$	0
$550 < R \leq 600$	5
$400 < R \leq 550$	10
$350 < R \leq 400$	15
$100 < R \leq 350$	20

Sumber : Menteri Perhubungan Republik Indonesia (2012)

3.3.5 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah proyeksi sumbu jalan rel pada bidang vertikal yang melalui as pada sumbu jalan rel. Lengkung vertikal bertujuan sebagai lengkung transisi antar kelandaian dengan elevasi yang berbeda. Perbedaan kelandaian tersebut dari garis lurus menjadi lengkung secara berangsur dan beraturan. Besar

jari-jari lengkung vertikal bergantung pada kecepatan rencana, sebagaimana terlampir pada Tabel 3.5 berikut.

Tabel 3.5 Jari-Jari Minimum Lengkung Vertikal

Kecepatan Rencana (km/jam)	Jari-Jari Minimum (m)
$V_r > 100$	8000
$V_r < 100$	6000

Sumber : Menteri Perhubungan Republik Indonesia (2012)

Persamaan 3.19 sampai Persamaan 3.22 untuk alur perhitungan lengkung vertikal sebagai berikut.

1. Menghitung perbedaan kelandaian (ϕ)

$$\phi = g_1 - g_2 \quad (3.19)$$

dengan:

g_1 = landai pertama, dan

g_2 = landai kedua.

2. Menghitung panjang lengkung vertikal (ℓ)

$$\ell = \phi \times R \quad (3.20)$$

dimana:

R = jari-jari lengkung vertikal.

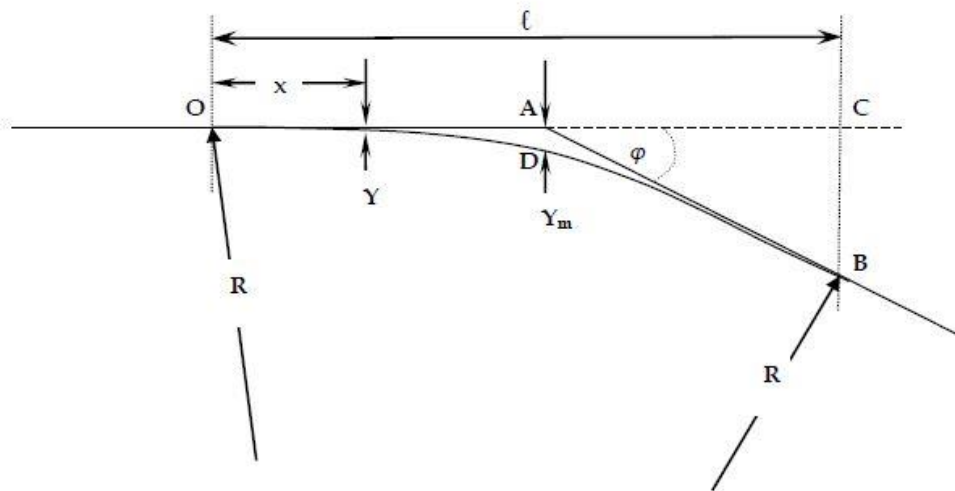
3. Menghitung X_m

$$Y_m = \frac{R}{2} \times \phi^2 \quad (3.21)$$

4. Menghitung Y_m

$$Y_m = \frac{R}{8} \times \phi^2 \quad (3.22)$$

5. Penggambaran proyeksi lengkung vertikal ditunjukkan pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Proyeksi Lengkung Vertikal dengan Peralihan

Sumber : Rosyidi (2015)

3.3.6 Kelandaian

Daya tarik lokomotif akan lebih besar dalam kondisi tanjakan dengan kecepatan yang sama dibanding kondisi turunan. Hal tersebut disebabkan oleh berat rangkaian kereta yang tertahan pada tanjakan. Maka perlu ditentukan batas kelandaian. PM Nomor 60 Tahun 2012. Sesuai ketentuan kelandaian di emplasemen memiliki persyaratan khusus sebesar 0 ‰ sampai 1,5 ‰. Diluar lokasi tersebut kelandaian disyaratkan dengan landai penentu. Landai penentu merupakan kelandaian terbesar di suatu lintasan. Persyaratan untuk penetapan landai penentu bergantung pada kelas jalan yang ditunjukkan dalam Tabel 3.6 berikut.

Tabel 3.6 Landai Penentu Jalan Rel

Kelas Jalan Rel	Landai Penentu Maksimum (‰)
I	10
II	10
III	20
IV	25
V	25

Sumber : Menteri Perhubungan Republik Indonesia (2012)

3.3.7 Koordinasi Alinyemen Jalan Rel

Ketentuan dalam koordinasi alinyemen horisontal dengan alinyemen horisontal sebagai berikut.

1. Alinyemen horisontal sebaiknya berimpit dengan alinemen vertikal, dan secara ideal alinemen horisontal lebih panjang sedikit melingkupi alinemen vertikal.
2. Tikungan yang tajam pada bagian bawah lengkung vertikal cekung atau pada bagian atas lengkung vertikal cembung harus dihindarkan;
3. Alinyemen vertikal tipe cekung pada kelandaian jalan yang lurus dan panjang harus dihindarkan.
4. Dua atau lebih lengkung vertikal dalam satu lengkung horisontal harus dihindarkan, dan
5. Tikungan yang tajam di antara 2 bagian jalan yang lurus dan panjang harus dihindarkan.

3.4 Pembebanan Kereta Api

Metode analisis dan desain konstruksi jalan rel secara luas menggunakan keterkaitan respon dinamik terhadap respon statik dengan menggunakan koefisien faktor pembebanan. Pembebanan dari roda kereta api terhadap struktur jalan rel merupakan sistem pendistribusian beban dari beban roda yang disalurkan melalui rel ke formasi struktur jalan rel dengan tetap memenuhi batas kekuatan dari komponen struktur. Persamaan 3.23 beban dinamik sebagai berikut.

$$P_d = I_d \times P_s \quad (3.23)$$

dengan:

P_d = beban roda dinamik rencana (kg),

I_d = indeks beban dinamik, dan

P_s = beban roda statis (kg).

Beban roda statis merupakan berat dari keseluruhan berat gerbong/lokomotif dibagi jumlah bogie yang menjadi beban titik setiap roda. Beban bogie sebagaimana Persamaan 3.24 berikut.

$$P_b = \frac{W \text{ lokomotif}}{\Sigma \text{ bogie}} \quad (3.24)$$

dengan:

P_b = beban pada bogie (ton),

W lokomotif = berat siap gerbong / lokomotif (ton), dan

$\Sigma \text{ bogie}$ = jumlah bogie dalam 1 gerbong / lokomotif.

Dirumuskan beban gandar (P_g) sebagaimana Persamaan 3.25 berikut.

$$P_g = \frac{1}{2} \times P_b \quad (3.25)$$

Dirumuskan beban roda statis (P_s) sebagaimana Persamaan 3.26 berikut.

$$P_s = \frac{1}{2} \times P_g \quad (3.26)$$

Standar perancangan struktur jalan kereta api di Indonesia menggunakan indeks beban dinamik dengan persamaan Talbot (1990). Persamaan 3.27 merupakan persamaan indeks beban dinamik.

$$I_d = 1 + 0,01 \times \left(\frac{V_r}{1,069} - 5 \right) \quad (3.27)$$

dengan:

I_d = indeks dinamik

V_r = kecepatan rencana (km/jam).

Analisis tegangan dan defleksi vertikal komponen struktur jalan rel berupa rel, bantalan, balas, dan *subgrade* dihitung dengan konsep *beam of elastic foundation (BoEF)*. *BoEF* mengasumsikan bahwa balok ditempatkan di atas tumpuan elastik. Perhitungan momen rel tergantung jenis konfigurasi roda yang dipakai yaitu: 4 (BB), dan 6 roda (CC). Momen dengan pengaruh konfigurasi roda dihitung dengan Persamaan 3.28 sampai 3.30 sebagai berikut.

1. Konfigurasi 4 roda.

$$M = 0,75 \times \frac{P}{4\lambda} \quad (3.28)$$

2. Konfigurasi 6 roda (CC)

$$M = 0,82 \times \frac{P}{4\lambda} \quad (3.29)$$

3. Konfigurasi roda diabaikan

$$M = 0,85 \times \frac{P}{4\lambda} \quad (3.30)$$

dengan:

M = momen (kg.cm),

P = jumlah beban dinamis dan statis (kg), dan

λ = *dumping factor*.

Nilai faktor reduksi atau *dumping factor* (λ) dihitung dengan persamaan 3.31 berikut.

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{k}{4EI_x}} \quad (3.31)$$

dimana:

k = kekauan rel = 180 kg/cm²,

E = modulus elastis rel = 2.1 x 10⁶ kg/cm², dan

I_x = inersia penampang rel arah x.

Momen yang terjadi dapat ditinjau terhadap tegangan dasar rel sesuai Persamaan 3.32 berikut.

$$\sigma_x = \frac{M \times y}{I_x} \quad (3.32)$$

dengan:

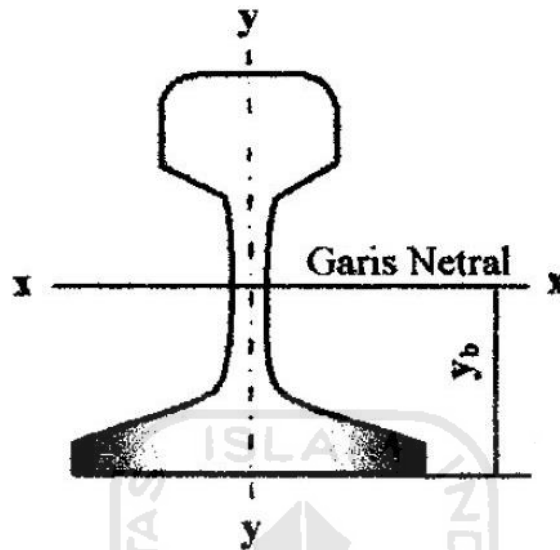
σ_x = Tegangan ijin rel (kg/cm²),

M = momen (kg.cm),

y = jarak tepi bawah ke garis netral (cm), dan

I_x = momen inersia jalan rel sumbu x (cm⁴).

Momen inersia sumbu x merupakan gerak memutar sumbu x. Berikut Gambar 3.3 merupakan penampang inersia rel.



Gambar 3.3 Penampang Rel

Sumber : Menteri Perhubungan Republik Indonesia (2012)

Tinjauan terhadap tegangan ijin rel didapat dengan Persamaan 3.33 berikut.

$$S_{base} = \frac{M}{W_b} \quad (3.33)$$

dengan:

S_{base} = tegangan dasar rel (kg/cm^2),

M = momen ($\text{kg}\cdot\text{cm}$), dan

W_b = tahanan momen dasar (cm^3).

Pembebanan bantalan untuk mendapatkan momen sesuai Persamaan 3.34 sampai Persamaan 3.40 berikut.

1. Modulus elastisitas bantalan beton (E)

$$E = 6400 \times f'c^{0.5} \quad (3.34)$$

dengan:

E = modulus elastisitas bantalan (kg/cm^2), dan

$f'c$ = kuat tekan bantalan beton (kg/cm^2)

2. Beban distribusi rel (Q1)

Beban distribusi rel dengan memperhitungkan superposisi gandar sesuai Persamaan 3.35 dan Persamaan 3.36 berikut.

$$Q1 = 0,786 \times \frac{Pd \times S}{X1} \quad (3.35)$$

dimana:

$$X1 = \frac{\pi}{4\lambda} \quad (3.36)$$

dengan:

Q1 = beban distribusi dari kendaraan kereta api ke bantalan (kg),

S = jarak bantalan (cm), dan

X1 = jarak pada momen maksimum (cm).

3. Faktor reduksi (λ)

Lapisan penyusun struktur disusun sedemikian rupa yang bertujuan agar beban dapat didistribusikan secara menyebar sehingga menghasilkan reduksi tegangan yang lebih rendah. Faktor reduksi dihitung dengan Persamaan 3.37 dan 3.38 berikut.

$$\lambda c/d = \sqrt[4]{\frac{k}{4EIcd}} \quad (3.37)$$

dengan:

Icd = inersia penampang di titik dudukan rel (cm⁴).

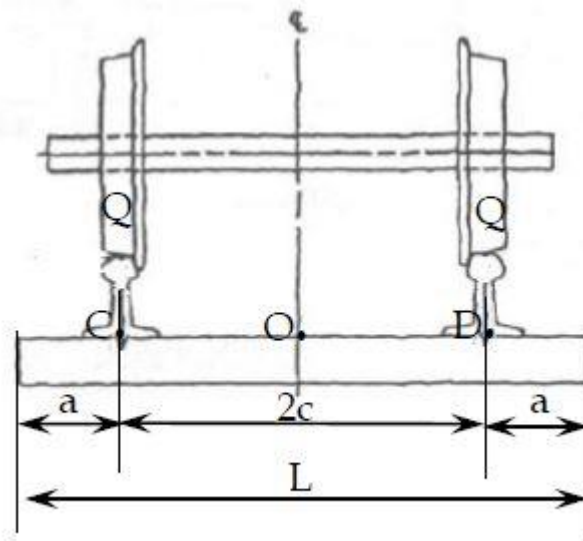
$$\lambda o = \sqrt[4]{\frac{k}{4EIo}} \quad (3.38)$$

dengan:

Io = inersia penampang di tengah bantalan (cm⁴).

4. Fungsi trigonometri dan hiperbolikus

Nilai maksimum defleksi, momen, dan gaya geser terletak tepat di bawah beban terpusat jika nilai trigonometri bernilai 1. Berikut Gambar 3.4 titik dan dimensi bantalan untuk menyelesaikan persamaan trigonometri.



Gambar 3.4 Titik dan Dimensi Fungsi Trigonometri pada Bantalan

Sumber : Rosyidi (2015)

Berikut fungsi trigonometri dan hiperbolikus yang dihitung sebagaimana 3.7 berikut.

Tabel 3.7 Fungsi Trigonometri dan Hiperbolikus

Fungsi	Fungsi
$\sin \lambda L$	$\cos 2 \lambda c$
$\sinh \lambda L$	$\cos \lambda L$
$\cosh \lambda a$	$\sinh \lambda c$
$\cosh 2 \lambda c$	$\sin \lambda c$
$\cosh \lambda L$	$\sin \lambda (L-c)$
$\cos \lambda a$	$\sinh \lambda (L-c)$
$\sinh \lambda 2 a$	$\cosh \lambda c$
$\sin \lambda 2 c$	$\cos \lambda (L-c)$
$\sinh \lambda 2 c$	$\cos \lambda c$
$\sin 2 \lambda a$	$\cosh \lambda (L-c)$

Sumber : Rosyidi (2015)

5. Momen di titik dudukan rel ($M_{c/d}$)

Momen di titik dudukan rel berdasar nilai trigonometri sesuai Persamaan 3.39 berikut.

$$M_{c/d} = \frac{Ql}{4\lambda c/d} \times \frac{1}{\sinh \lambda L + \sin \lambda L} \times [2 \cosh 2\lambda a (\cos 2\lambda c + \cosh \lambda L) -$$

$$2\cos^2 \lambda a (\cosh 2\lambda c + \cos \lambda L) - \sinh 2\lambda a (\sin 2\lambda c + \sinh \lambda L) - \sin 2\lambda a (\sinh 2\lambda c + \sin \lambda L) \quad (3.39)$$

6. Momen di titik tengah bantalan (M_o)

Momen di titik tengah bantalan berdasar nilai trigonometri sesuai Persamaan 3.40 berikut.

$$M_o = \frac{Ql}{2\lambda o} \times \frac{1}{\sinh \lambda L + \sin \lambda L} \times [\sinh \lambda c (\sin \lambda c + \sin \lambda(L-c)) + \sin \lambda c (\sinh \lambda c + \sinh \lambda(L-c)) + \cosh \lambda c \times \cos \lambda(L-c) - \cos \lambda c \times \cosh (L-c)] \quad (3.40)$$

Perhitungan tegangan lapisan balas sebagaimana Persamaan 3.41 sampai Persamaan 3.43 berikut.

1. Koefisien balas yang dipengaruhi oleh kondisi balas (k_e)

Nilai dari koefisien diambil sesuai pada Tabel 3.8 berikut.

Tabel 3.8 Koefisien Balas Berdasar Kondisi Balas

Kondisi Balas	Koefisien Balas (kg/cm ³)
Buruk	3
Sedang	8 – 10
Baik	12 -15

Sumber : Rosyidi (2015)

2. Modulus balas (k)

$$k = k_e \times b \quad (3.41)$$

dengan:

b = lebar sisi bawah bantalan (cm).

3. Lendutan maksimum (y)

Nilai pada lendutan maksimum bantalan (y) dihitung dengan pemodelan *BoEF* sebagaimana Persamaan 3.42 berikut.

$$y = \frac{Pd \times \lambda}{2k} \times \frac{1}{\sinh \lambda L + \sin \lambda L} \times [2\cosh 2\lambda a (\cos 2\lambda c + \cosh \lambda L) - 2\cos^2 \lambda a (\cosh 2\lambda c + \cos \lambda L) - \sinh 2\lambda a (\sin 2\lambda c + \sinh \lambda L) - \sin 2\lambda a (\sinh 2\lambda c + \sin \lambda L)]$$

$$- \sin 2\lambda a (\sinh 2\lambda c + \sin \lambda L)] \quad (3.42)$$

4. Tekanan di bawah bantalan (σ_1)

$$\sigma_1 = k_e \times y \quad (3.43)$$

Analisis tegangan *subgrade* ditentukan oleh besar tekanan dari lapisan balas. Nilai tebal lapisan ekuivalen merupakan nilai kumulatif tebal lapisan balas dan subbalas karena perbedaan tinggi dan modulus. Nilai tebal lapisan ekuivalen (H_e) sebagaimana Persamaan 3.44 berikut.

$$H_e = 0.9 \times \left(d_1 \times \sqrt[3]{\frac{E_1}{E_t}} + d_2 \times \sqrt[3]{\frac{E_2}{E_t}} \right) \quad (3.44)$$

dimana:

E_1 = modulus lapisan balas,

E_2 = modulus lapisan subbalas, dan

E_t = modulus lapisan tanah dasar.

Tegangan pada lapisan *subgrade* (σ_2) dihitung dengan Persamaan 3.45 sebagai berikut.

$$\sigma_2 = \frac{58 \times \sigma_1}{10 + d^{1.35}} \quad (3.45)$$

dengan:

d = tebal lapisan balas.

3.5 Persyaratan Konstruksi

Persyaratan konstruksi merupakan spesifikasi teknis terhadap komponen yang membentuk sistem terbangunnya konstruksi. Konstruksi jalan rel merupakan suatu sistem terpadu yang terdiri dari komponen rel, penambat, bantalan, lapisan balas, dan lapisan tanah dasar. Syarat umum suatu konstruksi jalan rel secara analisis tertentu dapat dilalui kereta api secara nyaman, dan aman.

3.5.1 Rel

Rel merupakan baja *longitudinal*/membujur sepanjang jalan yang kontak secara langsung dengan roda kereta api. Rel memberikan tumpuan kepada roda

kereta api secara menerus. Kemampuan rel menerima beban sangat baik, karena nilai kekauannya yang tinggi. Jenis rel di Indonesia merupakan rel tahan aus (*wear resisting rails*), yang dalam klasifikasi *UIC* disingkat *WR* tipe A. Penggunaan di Indonesia kemudian dimodifikasi sehingga memenuhi syarat komponen sesuai PM Nomor 60 Tahun 2012. Penamaan tipe rel di Indonesia disesuaikan dengan berat dalam kilogram untuk setiap 1 meter panjangnya.

Masing-masing profil tipe rel memiliki nilai momen inersia, dimensi jarak terhadap garis netral, lebar, dan tinggi yang berbeda. Hal tersebut untuk memudahkan keperluan pemilihan profil yang cocok dalam penetapan struktur yang tepat. Adapun dimensi pada tiap-tiap jenis rel dapat dilihat pada Tabel 3.9 berikut.

Tabel 3.9 Dimensi Rel

Besaran Geometri Rel	Tipe Rel			
	R.42	R.50	R.54	R.60
H (mm)	138,00	153,00	159,00	172,00
B (mm)	110,00	127,00	140,00	150,00
C (mm)	68,50	65,00	70,00	74,30
D (mm)	13,50	15,00	16,00	16,50
E (mm)	40,50	49,00	49,40	51,00
F (mm)	23,50	30,00	30,20	31,50
G (mm)	72,00	76,00	74,79	80,95
R (mm)	320,00	500,00	508,00	120,00
A (cm ²)	54,26	64,20	69,34	76,86
W (kg/m)	42,59	50,40	54,43	60,34
I _x (cm ⁴)	1.369,00	1.960,00	2.346,00	3.055,00
Y _b (mm)	68,50	71,60	76,20	80,95

Catatan :

A = luas penampang

W = berat penampang

Ix = inersia penampang

Yb = jarak tepi bawah rel ke garis netral

Sumber : Menteri Perhubungan Republik Indonesia (2012)

Penentuan tegangan ijin rel sesuai kelas jalan. Tipe rel memenuhi syarat jika S_{base} dan tegangan ijin rel < tegangan ijin. Tabel 3.10 berikut merupakan tegangan ijin setiap profil dan tegangan ijin dasar rel untuk menentukan tipe rel.

Tabel 3.10 Tegangan Ijin Profil Rel Berdasarkan Kelas Jalan Rel

Kelas Jalan	Beban Roda Dinamis (kg)	Tipe Rel	Tegangan Dasar Rel (kg/cm ²)	Tegangan Ijin (kg/cm ²)
I	19.940	R.60	1.042,30	1.325,00
		R.54	1.176,80	
II	16.241	R.54	1.128,20	1.325,00
		R.54	1.231,80	
III	15.542	R.54	1.097,70	1.663,00
		R.50	1.178,80	
		R.42	1.476,30	
IV	14.843	R.50	1.031,00	1.843,00
		R.54	1.125,80	
		R.42	1.410,00	
V	14.144	R.42	1.343,50	2.000,00

Sumber :Rosyidi (2015)

3.5.2 Penambat Rel

Pemilihan tipe penambat rel yang digunakan sesuai kelas jalan rel. Penggunaan penambat elastis tunggal terbatas pada kelas jalan rel 4 dan 5. Sedangkan penambat elastis ganda dapat dipergunakan pada semua kelas jalan namun tidak dianjurkan pada pemasangan kelas jalan rel 5.

3.5.3 Bantalan

Pemilihan jenis bantalan bergantung kelas jalan rel. Jenis bantalan terdiri dari: beton, besi, dan kayu. Perbedaan material bantalan harus memenuhi kriteria sebagai berikut.

1. Bantalan beton prategang

Bantalan beton yang terpasang pada jalur lebar sempit 1.067 mm harus memiliki kuat tekan 500 kg/cm^2 dan mutu baja prategang sebesar 16.876 kg/cm^2 . Bantalan juga harus dapat memikul momen sebesar $+1.500 \text{ kgm}$ pada bagian dudukan rel, dan -930 kgm pada bagian tengah bantalan.

Dimensi bantalan beton yaitu.

- a. Panjang = 2.000 mm.
- b. Lebar maksimum = 260 mm.
- c. Tinggi maksimum = 220 mm.

2. Besi

Bantalan besi yang terpasang harus dapat menahan momen maksimum sebesar 650 kgm. Bantalan juga harus memiliki tegangan tarik sebesar 88 - 103 kgm.

Dimensi bantalan besi yaitu.

- a. Panjang = 2.000 mm.
- b. Lebar atas = 144 mm.
- c. Lebar bawah = 232 mm.
- d. Tebal baja minimum = 7 mm.

3. Kayu

Bantalan kayu terpasang harus memenuhi mutu kayu A kelas 1 yang memiliki nilai modulus elastisitas minimum sebesar 125.000 kg/cm^2 . Bantalan kayu harus mampu menahan momen maksimum sebesar 800 kgm. Pelat landas dipasang dengan penambat untuk memperpanjang umur bantalan. Dimensi bantalan kayu menurut PT. KAI yaitu $200 \times 22 \times 13 \text{ cm}$.

3.5.4 Balas

Fungsi utama balas yakni meneruskan beban dari bantalan untuk didistribusikan menuju tanah dasar. Sehingga kemampuan dari balas harus tinggi karena memikul konsentrasi beban terbesar. Oleh karenanya material pada balas haruslah terpilih.

Material pembentuk balas harus memenuhi persyaratan sebagai berikut.

1. Balas merupakan batu pecah dengan besar 25 – 60 mm dan bersudut banyak.
2. Memiliki kapasitas ketahanan yang baik, ketahanan gesek tinggi, dan mudah dipadatkan.
3. Porositas maksimum 3%.
4. Kuat tekan rata-rata maksimum 1.000 kg/cm².
5. Berat jenis minimum 2,6.
6. Kandungan tanah, lumpur, dan organik maksimum 0,5%.
7. Kandungan minyak maksimum sebesar 0,2%.
8. Keausan balas dengan tes metode *los angeles* tidak boleh lebih dari 25%.

3.5.5 Subbalas

Fungsi utama subbalas merupakan separator serta *filler* antara balas dan tanah dasar dan harus mengalirkan air dengan cukup baik. Minimum ketebalan subbalas adalah 15 cm. Material subbalas merupakan kerikil halus, kerikil sedang atau pasir kasar yang memenuhi syarat lolos saringan sesuai Tabel 3.11 berikut.

Tabel 3.11 Spesifikasi Material Subbalas

Standar Saringan ASTM	Persentase Lolos (%)
2,5"	100
0,75"	55 – 100
Nomor 4	25 – 95
Nomor 40	5 – 35
Nomor 200	0 – 10

Sumber : Menteri Perhubungan Republik Indonesia(2012)

Material subbalas harus memenuhi syarat berikut.

1. Material berupa campuran kerikil atau kumpulan agregat kasar dan pasir.
2. Batas maksimum kandungan material organik sebesar 5%.
3. Penggunaan kumpulan agregat kasar dan pasir harus mengandung sekurang-kurangnya agregat pecah sebesar 30%.
4. Lapisan subbalas harus dipadatkan sebesar 100% menurut percobaan ASTM D 698.

Kemiringan pada arah melintang sebesar 1:2 dan ketinggian timbunan balas haruslah mencapai elevasi atas dari bantalan.

3.5.6 Badan Jalan Rel

Badan jalan rel ditinjau dari 2 kondisi yaitu pada kondisi timbunan atau galian. Pada kondisi timbunan terdiri atas: tanah dasar, tanah timbunan, dan lapisan dasar (*subgrade*). Pada kondisi galian terdiri atas: tanah dasar, dan lapisan dasar (*subgrade*).

Tinjauan umum badan jalan rel harus memenuhi 2 syarat berikut.

1. Tanah dasar harus terbebas dari masalah penurunan dan mampu memikul lapis dasar (*subgrade*).
2. Kemiringan permukaan tanah dasar ke arah luar badan jalan sebesar 5%.
3. Daya dukung tanah ditentukan dengan metode uji ASTM D 1196. Nilai pengujian minimum sebesar 70 MN/m². Apabila nilai pengujian di bawah syarat maka harus diperbaiki dengan metode yang sesuai.

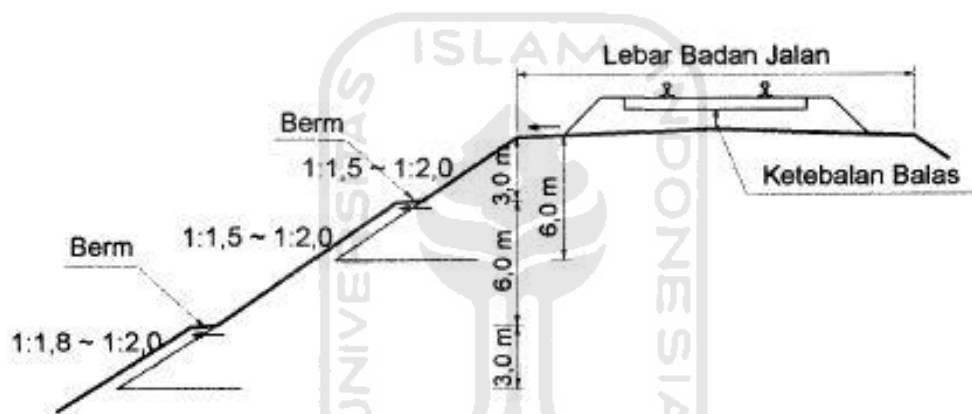
Tanah dasar yang dibentuk oleh timbunan harus memenuhi persyaratan berikut.

1. Material tanah tidak mengandung material, bahan-bahan organik, gambut, dan tanah mengembang.
2. Kepadatan tanah minimum sebesar 95% dari kepadatan kering.
3. Mempunyai nilai CBR sebesar 6% pada uji kondisi terendam.

Lapis dasar (*subgrade*) adalah lapisan tanah yang dapat berupa tanah asli maupun tanah timbunan yang harus memiliki persyaratan ketebalan minimum sebesar 30 cm sehingga mengurangi potensi *mud pumping* yang terjadi akibat perubahan tanah isian atau tanah dasar.

Kriteria perancangan badan jalan yang harus dipenuhi sebagai berikut.

1. Konstruksi badan jalan
Secara umum badan jalan harus memiliki angka aman (FS) sebesar 1,5 untuk beban statis, dan 1,1 untuk beban gempa.
2. Konstruksi badan jalan pada timbunan, dan galian
Kondisi timbunan atau galian dengan kedalaman setinggi lebih dari 6 meter, maka dirancang *berm* selebar 1,5 meter. Gambar 3.5 berikut menunjukkan penampang tipikal pada kedalaman yang melebihi 6 meter. Pada kedalaman kurang dari syarat penempatan *berm* dapat ditiadakan. Berikut Gambar 3.5 yang menunjukkan penampang tipikal dengan *berm*.

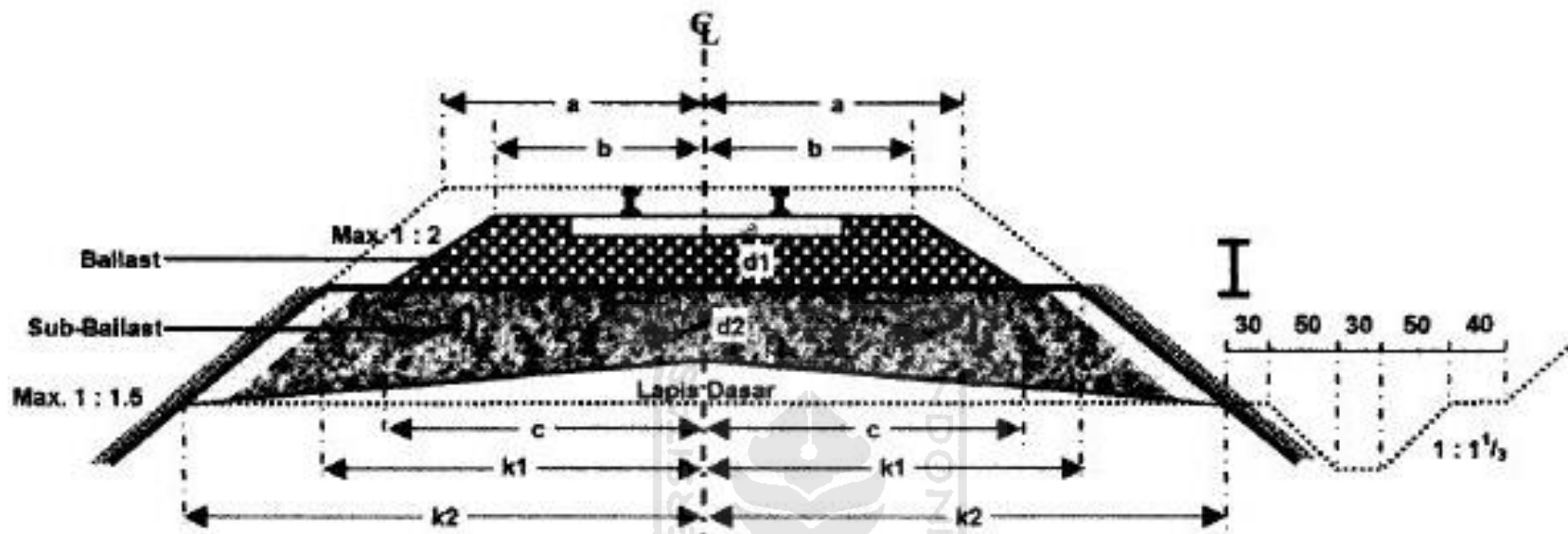


Gambar 3.5 Penampang Tipikal Lokasi *Berm*

Sumber : Menteri Perhubungan Republik Indonesia (2012)

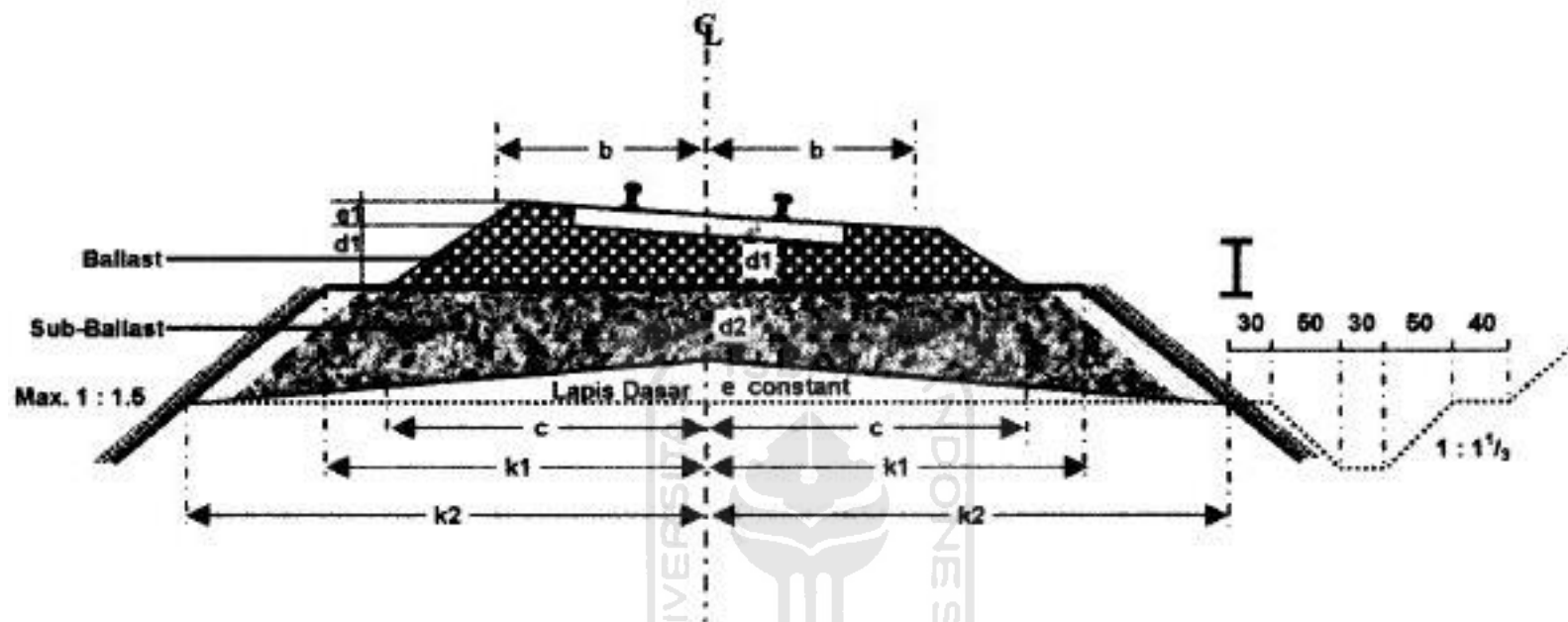
3.5.7 Penampang Melintang Badan Jalan Rel

Penampang melintang merupakan bentuk potongan dengan arah tegak lurus (*center line*) sumbu as jalan rel. Ukuran penampang bagian jalan lurus dan lengkung dapat dilihat pada Gambar 3.6 dan Gambar 3.7. Berikut disertakan notasi dimensi pada Tabel 3.12.



Gambar 3.6 Gambar Penampang Melintang Bagian Lurus

Sumber : Menteri Perhubungan Republik Indonesia (2012)



Gambar 3.7 Penampang Melintang Jalan Bagian Lengkung

Sumber : Menteri Perhubungan Republik Indonesia (2012)

Tabel 3.12 Dimensi Potongan Melintang Jalan Rel

Kelas Jalan	V maks (km/jam)	d1 (cm)	b (cm)	c (cm)	k1 (cm)	d2 (cm)	e (cm)	k2 (cm)
I	120	30	150	235	265	15-50	25	375
II	110	30	150	235	265	15-50	25	375
III	100	30	140	225	240	15-50	22	325
IV	90	25	140	215	240	15-35	20	300
V	80	25	135	210	240	15-35	20	300

Sumber : Menteri Perhubungan Republik Indonesia (2012)



3.6 Drainase Permukaan Jalan Rel

Drainase jalan rel berkaitan erat dengan kondisi air baik air dari bawah permukaan (*infiltrasi*) maupun yang di permukaan. Keberadaan drainase teramat penting untuk membuang atau mengalirkan air ke tempat pembuangan missal sungai atau saluran buatan. Drainase dirancang untuk memperkecil pengaruh kerusakan terhadap pengaruh air ke konstruksi badan jalan.

Persyaratan sesuai PM Nomor 60 Tahun 2012, drainase harus memenuhi syarat berikut.

1. Kemiringan minimum struktur sebesar 0,3% untuk mencegah endapan.
2. Ukuran drainase berbentuk pipa, memiliki ukuran minimum 6 inch atau 15 cm.

3.6.1 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi dilakukan untuk mendapatkan perkiraan besarnya banjir yang ditimbulkan oleh hujan deras. Hasil analisis hidrologi ditetapkan sebagai dasar analisis hidrolika.

1. Curah Hujan (Rrenc)

Data curah hujan merupakan data awal dalam perancangandrainase. Rekaman data curah hujan diperoleh dari Dinas Pengairan Kab. Jember. Nilai dari rekaman data curah hujan kemudian diolah dengan analisis parameter statistik sehingga yang dipakai untuk perancangan merupakan curah hujan rencana dalam satuan mm/24 jam.

Hujan rancangan menggunakan metode distribusi log pearson III. Nilai faktor frekuensi (Kt) yang digunakan sesuai Tabel 3.13 berikut.

Tabel 3.13 Faktor Frekuensi (Kt) Distribusi Log Pearson III

Cs	Kt	Cs	Kt	Cs	Kt
3	0,420	2	0,609	1	0,758
2,9	0,440	1,9	0,627	0,9	0,769
2,8	0,460	1,8	0,643	0,8	0,780
2,7	0,479	1,7	0,660	0,7	0,790

Lanjutan Tabel 3.13 Faktor Frekuensi (Kt) Distribusi Log Pearson III

Cs	Kt	Cs	Kt	Cs	Kt
2,6	0,499	1,6	0,675	0,6	0,800
2,5	0,518	1,5	0,690	0,5	0,808
2,4	0,537	1,4	0,705	0,4	0,816
2,3	0,555	1,3	0,719	0,3	0,824
2,2	0,574	1,2	0,732	0,2	0,830
2,1	0,592	1,1	0,745	0,1	0,836

Sumber : Suripin (2004)

2. *Catchment* (A)

Catchment adalah suatu daerah yang dibatasi oleh keadaan topografi dimana air hujan akan mengalir menuju suatu titik yang dituju. Luas *catchment* dapat diperkirakan dengan mengukur daerah topografi.

3. Koefisien limpasan (*run off*)

Koefisien limpasan merupakan nilai faktor terhadap debit aliran. Pengumpulan data untuk menghitung koefisien limpasan adalah jenis permukaan yang akan dialiri oleh air hujan. Sehingga data yang diperlukan merupakan tata guna lahan sepanjang *catchment* trase jalan.

4. Intensitas curah hujan (I)

Intensitas curah hujan adalah kedalaman atau tinggi air hujan yang turun per satuan waktu. Besarnya intensitas hujan berbeda-beda, tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Sifat umum hujan terhadap intensitas yaitu semakin singkat hujan berlangsung maka intensitas cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya. Intensitas umumnya dihitung dengan rumus empiris yaitu mononobe.

5. Waktu konsentrasi (t)

Waktu konsentrasi merupakan waktu yang dibutuhkan oleh air hujan untuk mengalir dari titik terjauh hingga ke tempat keluar DAS. Untuk daerah aliran

kecil, lama waktu konsentrasi sama dengan lama waktu pengaliran dari tempat terjauh.

6. Debit banjir rencana (Q)

Debit banjir rencana dianalisis berdasar besarnya curah hujan rencana pada periode ulang T Tahun. Metode rasional biasanya dipakai untuk luas *catchment* yang cukup kecil dengan DAS <25km². Debit banjir rencana dihitung dengan metode rasional, yang didasarkan Persamaan 3.46 sampai Persamaan 3.49 berikut.

a. Debit Rancangan (Q)

$$Q = C \times I \times A \quad (3.46)$$

b. Koefisien Aliran (c)

$$C = \frac{(A_1 \times C_1) + (A_2 \times C_2) + (A_n \times C_n)}{A_{total}} \quad (3.47)$$

Nilai koefisien dapat menggunakan acuan Tabel 3.14 berikut.

Tabel 3.14 Koefisien Aliran

Deskripsi Lahan	Koefisien Aliran
Pemukiman kepadatan sedang	0,60 – 0,70
Jalan kerikil dan jalan tanah	0,40 – 0,70
Taman dan kebun	0,20 – 0,40
Persawahan	0,45 – 0,60

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (1990)

c. Intensitas Hujan (I)

$$I = \frac{R24}{24} \times \frac{24^{\frac{2}{3}}}{tc} \quad (3.48)$$

d. Waktu Konsentrasi (tc)

$$t_o = \left(0,0195 \frac{L}{\sqrt{s}}\right)^{0,77} \quad (3.49)$$

dengan:

Q = debit rancangan banjir (m^3/s),

C = koefisien aliran,

I = intensitas hujan (mm/jam),

A = luas daerah pengaliran (m^2),

R24 = hujan sehari / curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm),

Tc = waktu konsentrasi (menit),

L = panjang aliran (m),

Lsal = panjang saluran (m),

V = kecepatan aliran (m/det), dan

S = kemiringan rata-rata saluran (%).

3.6.2 Analisis Hidrolika

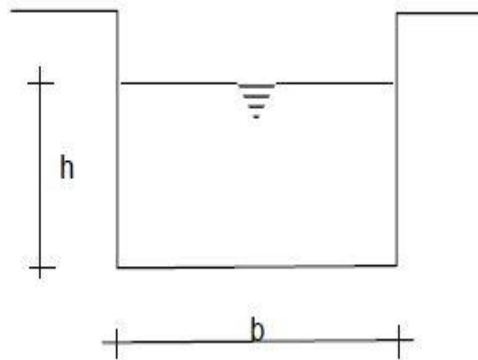
Analisis hidrolika bertujuan untuk menentukan bentuk, jenis, dimensi, dan posisi saluran samping. Setelah analisis hidrologi diketahui maka dengan debit aliran yang tertampung akan didesain bangunan air yang mempunyai kapasitas lebih besar daripada debit air. Penentuan bahan pembentuk saluran samping erat kaitannya dengan nilai kekasaran. Tipikal nilai koefisien kekasaran manning (n) dengan material beton sesuai Tabel 3.15 berikut.

Tabel 3.15 Tipikal Nilai Kekasaran Manning (n)

Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
Beton pracetak	0,013	0,014	0,014	0,015

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga(1990)

Digunakan saluran tipe terbuka dengan penampang persegi empat material beton pracetak sebagaimana Gambar 3.8 berikut.



Gambar 3.8 Penampang Saluran Persegi

Penampang berbentuk persegi memiliki nilai dengan lebar dasar (B) dan kedalam air (h), maka luas penampang basah (A), keliling basah (P), dan jari-jari hidrolis (R) dapat diketahui dengan persamaan 3.50 sampai Persamaan 3.52 berikut.

$$A = Bh \quad (3.50)$$

$$P = B + 2h \quad (3.51)$$

$$R = A / P \quad (3.52)$$

dengan:

P = keliling basah saluran.

Berikut Persamaan 3.53 untuk menentukan debit aliran (Q) dan Persamaan 3.54 merupakan rumus *manning*.

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad (3.53)$$

$$Q = A \times V \quad (3.54)$$

dengan:

S = kemiringan saluran, dan

n = kekasaran manning.

BAB IV

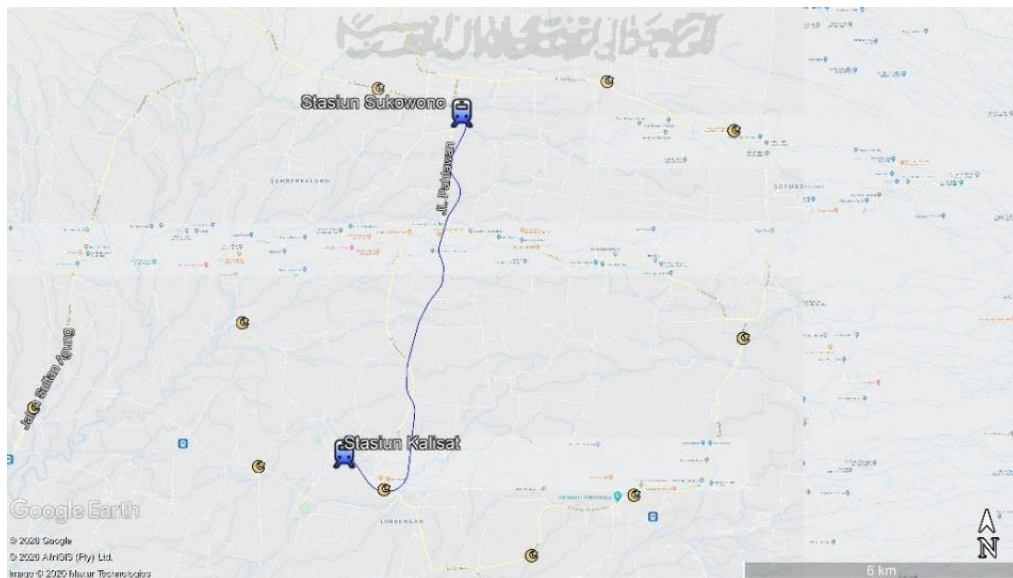
METODE PENELITIAN

4.1 Metode Penelitian

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif. Metode kuantitatif adalah metode yang dilakukan berdasarkan aspek pengukuran secara objektif. Tujuan dari penelitian kuantitatif adalah mengembangkan dan menggunakan model matematis, teori, dan atau hipotesis yang saling berkaitan.

4.2 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di jalur kereta api lintas Kalisat-Panarukan yang dimulai dari Stasiun Kalisat Jember sampai Stasiun Sukowono, Jember, Jawa Timur. Secara geografis Stasiun Kalisat berada di garis lintang $8^{\circ} 7'36.74''$ S dan garis bujur $113^{\circ}48'44.36''$ T. Sedangkan Stasiun Sukowono berada di garis lintang $8^{\circ} 3'32.13''$ S dan garis bujur $113^{\circ}50'14.29''$ T. Ruas dari kalisat menuju sukowono melewati 2 stasiun yaitu Stasiun Ajung, dan Stasiun Sukosari. Berikut Gambar 4.1 yang menunjukkan lokasi penelitian.



Gambar 4.1 Lokasi Penelitian

Sumber: Google Maps (2020)

4.3 Metode Pengambilan Data

Data yang digunakan terbagi menjadi 2 jenis yaitu: data primer dan data sekunder. Sumber data yang digunakan sebagai berikut.

4.3.1 Data Primer

Data primer berupa identifikasi kondisi, jenis, dan dimensi prasarana jalan rel eksisting. Metode pengambilan data dengan observasi atau pengamatan di titik-titik tertentu jalur kereta api eksisting Stasiun Kalisat – Stasiun Sukowono. Pengamatan komponen prasarana berupa: badan jalan rel, rel, penambat, bantalan, dan balas.

4.3.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari sumber yang sudah ada. Data sekunder yang dikumpulkan didapat dari sumber berikut.

1. Badan Informasi Geospasial (BIG)

BIG memiliki portal online berupa Ina-Geoportal yang merupakan platform kebijakan satu peta yang menyediakan website berbasis spasial berisi peta tematik. Data yang dapat diunduh merupakan Peta RBI Kab. Jember dan *DEM* Kab. Jember. Peta RBI berupa digitasi peta jaringan jalan rel, tata guna lahan dan lainnya. *DEM* merupakan format file *digital elevation model* yang digunakan sebagai basis data peta topografi. *DEM* Nasional memiliki resolusi spasial 0.27 arcsecond sehingga data tersebut dapat dipakai dalam perancangan yang memerlukan analisis ketinggian (topografi).

2. Badan Pengairan Kabupaten Jember

Data curah hujan diperoleh sebagai dasar dalam menentukan debit air hujan untuk selanjutnya ditentukan kebutuhan kapasitas dimensi drainase permukaan. Data curah hujan diperoleh dalam kurun waktu 10 tahun sejak 2008 hingga 2017. Data curah hujan dapat dilihat pada Lampiran 3.

3. PT. INKA

Penentuan spesifikasi dari jenis-jenis kereta api yang ada di Indonesia dapat diakses melalui *website* PT. INKA.

4. Studi Pustaka

Data tanah diperoleh dengan melakukan kajian pustaka di beberapa jurnal, tugas akhir, maupun sumber pustaka yang lain terkait parameter tanah di lokasi tinjauan perancangan.

4.4 Metode Analisis dan Perancangan

Metode analisis dan perancangan yang dilakukan adalah mengevaluasi dan mengidentifikasi kelas jalan rel eksisting sesuai persyaratan teknis PM Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012. Selanjutnya mengusulkan kelas sehingga diperoleh ketentuan desain konstruksi dan geometri jalan rel. Desain konstruksi termasuk bangunan pelengkap berupa saluran samping. Metode analisis dan perancangan yang dilakukan sebagai berikut.

4.4.1 Evaluasi dan Identifikasi Kelas Jalan Rel Eksisting

Metode evaluasi kondisi fisik dan identifikasi kelas jalan rel eksisting nonaktif dilaksanakan dengan metode survei. Jalan rel eksisting bersumber dari data sekunder BIG, yang dapat dilihat pada Lampiran 4. Titik pengamatan dilakukan di sepanjang jalur eksisting Stasiun Kalisat– Stasiun Sukowono. Penentuan titik-titik pengamatan sekiranya dapat diakses yaitu di Stasiun, perlintasan sebidang, daerah pemukiman, sejajar jalan raya serta di lokasi bangunan pelengkap berupa jembatan. Penentuan titik-titik pengamatan dimulai dari titik pertama yaitu lintas aktif Kalisat – Banyuwangi, dilanjutkan titik percabangan Panarukan dan Banyuwangi berakhir di Stasiun Sukowono.

Pengamatan dilakukan untuk dapat mengetahui kondisi struktur atas komponen jalan rel eksisting dalam rangka mendukung kegiatan reaktivasi. Evaluasi kondisi jalur berdasarkan 3 kondisi yaitu: beralih fungsi/tertutup lahan, rusak, dan baik. Kondisi dimana jalan rel sudah berdiri bangunan merupakan peralihan fungsi atau tertimbun dengan tanah adalah tertutup lahan. Kondisi rusak merupakan kondisi dimana komponen strukturnya tidak dapat digunakan untuk operasional. Kondisi baik yaitu bilamana keseluruhan komponen stuktur jalan rel masih utuh.

Survei yang dilakukan yaitu menentukan jenis, tipe, serta mengukur dimensi komponen struktur jalan rel eksisting. Hasil survei untuk mengidentifikasi kelas

jalan rel. Identifikasi ditentukan sesuai klasifikasi jalan rel PM Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012.

4.4.2 Analisis Kelas Jalan Rel

Penentuan kelas jalan rel ditentukan oleh besar daya angkut lintas (*passing tonnage*). *Passing tonnage* dihitung sesuai Permenhub No. 60 Tahun 2012. Faktor nilai *passing tonnage* bergantung jumlah penumpang dan kereta api yang melintas. Prakiraan jumlah penumpang yang diperhitungkan hanya penduduk yang berpotensi menjadi penumpang, yaitu penduduk yang berasal dari Jember, Bondowoso, dan Situbondo. Prakiraan penumpang diproyeksikan tahun 2030 dengan skenario *modal share* sesuai capaian RIPNas. Analisis prakiraan penumpang dihitung dengan mengkalikan *modal share* terhadap jumlah penduduk pada tahun proyeksi.

4.4.3 Analisis Desain Struktur Jalan Rel

Usulan kelas jalan rel terpilih untuk menentukan desain komponen struktur jalan rel. Usulan komponen struktur meliputi tipe rel, jenis penambat, jenis bantalan, dimensi lapisan balas, dan subbalas. Analisis tegangan dan defleksi vertikal komponen struktur jalan rel berupa rel, bantalan, balas, dan *subgrade* dihitung dengan konsep *BoEF*. Hasil analisis harus memenuhi tegangan ijin komponen sesuai PM Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012.

4.4.4 Perancangan Geometri

Perancangan geometri dilakukan dengan 2 cara. Secara analisis perhitungan manual dengan *Microsoft Excel* dan program dengan *Autodesk Civil 3D*. Semua tahapan dalam perancangan geometri dilakukan dengan *software Civil 3D* yang kemudian dikontrol melalui hitungan manual sehingga input pada *Civil 3D* sesuai dengan ketentuan desain. Ketentuan rancangan geometri mengacu PM Perhubungan Republik Indonesia Nomor 60 Tahun 2012.

Autodesk Civil 3D merupakan *software* untuk permodelan geometri infrastruktur transportasi, yang merepresentasikan elemen *Autocad 2D* yaitu: horisontal, vertikal alinyemen, dan potongan melintang. Salah satu keunggulan

Civil 3D yaitu dapat menghitung jumlah material volume hasil desain. Volume material terbatas balas, area geotekstil, dan pekerjaan tanah.

4.4.5 Perancangan Saluran Samping

Desain saluran samping mengacu modul pedoman dasar-dasar perancangan drainase jalan yang diterbitkan oleh Departemen Pekerjaan Umum Tahun 2005. Perhitungan debit aliran saluran samping umumnya mencakup *catchment* < 25 km². Rumus yang dipakai ialah rumus rasional. Metode ini umumnya digunakan untuk memperkirakan debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan deras dengan daerah tangkapan (DAS) yang kecil.

Secara umum analisis drainase permukaan diperlukan untuk merencanakan bangunan saluran samping sehingga air tidak menggenang di sepanjang badan jalan. Perhitungan drainase dengan analisis hidrologi untuk mengetahui karakteristik hidrologi di daerah lokasi perancangan jalan rel ruas Kalisat- Sukowono. Analisis hidrologi tercapai dengan menentukan debit banjir rencana. Salah satu metode untuk mendapatkan debit banjir rencana adalah menganalisis data maksimum *catchment* sungai (DAS) atau stasiun pengamat terdekat, yang kemudian diolah menjadi intensitas curah hujan sehingga didapatkan debit banjir rencana. Debit banjir rencana untuk bangunan drainase jalan ditentukan dengan kala ulang 5 tahun.

4.5 Tahapan Perancangan

Perancangan reaktivasi jalan rel yang dikerjakan memiliki beberapa tahapan. Tahap perancangan dimulai dari evaluasi eksisting, mengusulkan kelas jalan rel, merancang geometri, merancang konstruksi termasuk saluran samping. Tahapan perancangan reaktivasi jalan rel berurutan sebagaimana berikut.

1. Tahapan evaluasi dan identifikasi jalur eksisting.
 - a. Menentukan jalur pengamatan ruas kereta api.

Jalur pengamatan berupa jaringan kereta api yang diperoleh dari Ina-Geoportal diimport ke alat *gps*.
 - b. Survei dengan pengamatan secara visual terhadap kondisi fisik jalan rel eksisting.

Alat *gps* berfungsi sebagai navigasi dalam penentuan letak trase eksisting serta titik-titik koordinat pengamatan.

- c. Menentukan jenis, dan tipe komponen penambat, dan bantalan.
 - d. Mengidentifikasi komponen rel berdasarkan jenis, tipe, dan dimensi sesuai PM Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012 sesuai Tabel 3.1.
2. Tahapan usulan kelas jalan rel
- a. Menghitung proyeksi penduduk tahun 2030.
 - b. Menghitung jumlah potensi penumpang tahun 2030.
Perhitungan jumlah potensi penumpang merupakan perkalian *market share* dengan jumlah penduduk.
 - c. Menghitung jumlah *demand* penumpang per hari.
Jumlah potensi penumpang dibagi dengan hari dalam 1 tahun merupakan *demand* penumpang per hari.
 - d. Menentukan jenis, dan tipe kereta api.
Akses website PT. INKA untuk menentukan jenis kereta dan tipe kereta. Jenis dan tipe kereta memiliki spesifikasi berat, dan kapasitas penumpang tertentu.
 - e. Menghitung *passing tonage*.
Perhitungan *passing tonage* menggunakan Persamaan 3.4 dan Persamaan 3.5.
3. Perancangan geometri.
- a. Penentuan trase eksisting
Penentuan trase eksisting bertujuan untuk dapat mengetahui titik PI. Titik PI merupakan pertemuan 2 garis trase yang membentuk sudut dalam tikungan (PI). Trase eksisting merupakan pengolahan peta jaringan jalan rel bersumber data BIG.
 - b. Alinyemen horisontal
Perhitungan alinyemen horisontal yaitu penentuan besar radius, dan panjang spiral bila lengkung menggunakan tipe *spiral-circle-spiral*. Radius alinyemen horisontal ditetapkan berdasarkan Tabel 3.3. Panjang lengkung dengan peralihan dihitung sesuai Persamaan 3.6. Perhitungan

lengkung horisontal dengan peralihan sesuai Persamaan 3.7 sampai Persamaan 3.16.

c. Peninggian rel

Lengkung horisontal memerlukan peninggian rel sesuai Persamaan 3.17 untuk peninggian normal (H_{normal}) dan Persamaan 3.18 untuk peninggian minimum (H_{min}). Peninggian rel ditetapkan sesuai h_{normal} dengan batas atas h_{max} . Peninggian maksimum (H_{max}) merupakan sebuah ketetapan nilai sebesar 110 mm. Penentuan nilai peninggian diambil dengan syarat $H_{min} < H_{normal} < H_{max}$. Nilai peninggian yang digunakan yaitu h_{normal} dengan pembulatan ke atas sebesar 5 mm.

d. Pelebaran

Hasil lengkung horisontal kemudian ditetapkan pelebaran jalan rel sesuai dengan Tabel 3.4.

e. Alinyemen vertikal

Perhitungan alinyemen vertikal meliputi kelandaian serta syarat terhadap koordinasi jalan. Alinyemen vertikal didesain dengan memperhatikan koordinasi jalan. Besar jari-jari untuk desain alinyemen vertikal sesuai Tabel 3.5. Alinyemen vertikal dihitung sesuai Persamaan 3.19 sampai Persamaan 3.22.

f. Kelandaian

Hasil alinyemen vertikal harus memenuhi persyaratan kelandaian jalan rel sesuai pada Tabel 3.6.

4. Tahapan perancangan konstruksi.

a. Penentuan komponen kelas jalan rel.

Penentuan komponen struktur berdasar kelas jalan sesuai Tabel 3.1. Komponen rel, bantalan, lapisan balas, dan *subgrade* harus memenuhi spesifikasi dan dapat menahan tegangan aktual yang terjadi.

b. Analisis konstruksi

Prosedur analisis konstruksi dilakukan berurutan dimulai dengan komponen struktur paling atas sebagaimana berikut.

1) Perhitungan beban dinamik

Menentukan beban gerbong sesuai spesifikasi jenis kereta terpilih ditambah jumlah kapasitas penumpang. Perhitungan beban statis menggunakan Persamaan 3.24 sampai Persamaan 3.26. Penentuan indeks dinamik dihitung dengan Persamaan 3.27. Nilai beban dinamik dihitung sesuai Persamaan 3.23.

2) Tegangan Rel

Tegangan aktual dihitung berurutan dimulai dengan konfigurasi rel berdasar konfigurasi gandarnya sesuai Persamaan 3.28 sampai Persamaan 3.30, faktor reduksi dengan dengan Persamaan 3.31, dan momen tegangan dasar rel dihitung dengan Persamaan 3.32 dan momen tegangan ijin rel sesuai Persamaan 3.46. Hasil momen aktual harus memenuhi tegangan ijin sesuai Tabel 3.10.

3) Tegangan Bantalan

Momen bantalan dihitung dengan konsep *BoEF* sesuai prosedur dengan Persamaan 3.34 sampai Persamaan 3.40.

4) Tegangan balas

Tekanan yang diperoleh lapisan balas dari bantalan dihitung dengan Persamaan 3.41 sampai Persamaan 3.43. Nilai koefisien lapisan balas bergantung kualitas dari material balas sesuai Tabel 3.8.

5) *Subgrade*

Analisis tegangan *subgrade* dihitung berurutan menggunakan Persamaan 3.44 dan Persamaan 3.45. Tegangan ijin *subgrade* dapat ditentukan berdasarkan Persamaan 3.46.

c. Persyaratan komponen konstruksi

1) Rel.

Syarat rel berupa panjang dan celah penempatan antar rel. Perhitungan persyaratan panjang rel dihitung sesuai Persamaan 3.47 dan syarat minimum sesuai Persamaan 3.48. Perhitungan celah rel menggunakan Persamaan 3.49.

2) Penambat.

Spesifikasi penambat sesuai katalog spesifikasi produk.

3) Bantalan.

Spesifikasi bantalan dapat menggunakan standar sesuai spesifikasi katalog produk.

4) Badan jalan rel.

Syarat minimum nilai *CBR* dibandingkan dengan nilai *CBR* yang diperoleh dari hasil kajian pustaka.

5) Penampang melintang badan jalan rel

Dimensi dan ukuran dari tiap masing-masing komponen berdasar kelas jalan sesuai Tabel 3.12. Hasil dari penentuan tersebut menjadi permodelan tipikal melintang di *Civil 3D*.

d. Pemodelan *Civil 3D*.

Hasil ketetapan desain geometri dan konstruksi berupa penampang melintang dimodelkan ke *Civil 3D*. Berikut tahapan pemodelan *Civil 3D*.

- 1) Pembuatan kontur.
- 2) Penentuan titik awal Stasiun Kalisat, dan penentuan titik akhir di Stasiun Sukowono.
- 3) *Import* koordinat titik PI trase eksisting.
- 4) Membuat trase.
- 5) Desain alinyemen horisontal.
- 6) Penentuan peninggian rel.
- 7) Penentuan pelebaran jalan rel.
- 8) Pembuatan profil.
- 9) Desain alinyemen vertikal.
- 10) Pembuatan *assembly* (penampang tipikal melintang jalan).
- 11) Pembuatan koridor.
- 12) Pembuatan *cross section*.
- 13) *Report* volume material.

e. Perhitungan volume komponen struktur jalan rel.

Volume yang dihitung yang terdiri dari jumlah batang jalan rel, penambat, bantalan, balas, subbalas, dan volume tanah galian serta timbunan.

1) Rel

Panjang rel dihitung dengan jumlah panjang jalan rel dari *Civil 3D*, yang kemudian dikonversi dalam jumlah batang sesuai panjang bentang rel. Hasil rekapitulasi dalam satuan batang.

2) Penambat

Jumlah penambat merupakan hasil kali 2 jumlah bantalan. Hasil rekapitulasi dalam satuan buah.

3) Bantalan

Jumlah bantalan dapat dihitung manual dengan membagi panjang jalan rel dengan jarak pasang bantalan. Hasil rekapitulasi dalam satuan batang.

4) Balas

Jumlah balas dapat dihitung dengan rekapitulasi tabel dari *Civil 3D*. Hasil rekapitulasi dalam meter kubik (m^3).

5) Subbalas

Jumlah balas dapat dihitung dengan rekapitulasi tabel dari *Civil 3D*. Hasil rekapitulasi dalam meter kubik (m^3).

6) Tanah galian dan timbunan

Jumlah tanah galian dan timbunan dapat dihitung dengan rekapitulasi tabel dari *Civil 3D*. Hasil rekapitulasi dalam meter kubik (m^3).

5. Tahapan Desain Saluran Samping

Rancangan saluran samping bertujuan untuk mendapatkan dimensi berupa bangunan saluran samping sisi kanan dan kiri badan jalan rel. Urutan perancangan dalam mendesain saluran sebagai berikut.

a. Menghitung curah hujan rencana

Data curah hujan pada Lampiran 3 diolah untuk mendapatkan curah hujan rencana. Analisis frekuensi dilakukan untuk mengolah data curah hujan menjadi curah hujan rencana.

b. Menentukan luas daerah aliran (*catchment*)

Plot *catchment* dilakukan di *google earth*. *Catchment* didapat dari *offset* sepanjang 100 m dari trase. Luas *catchment* dalam satuan km^2 .

c. Menghitung koefisien limpasan (*run off*)

Penentuan koefisien limpasan dihitung berdasarkan Tabel 3.14 dan koefisien gabungan dihitung dengan persamaan 3.46. Koefisien ditentukan sesuai tata guna lahan dari Peta BIG yang diplot ke *Google Earth*.

d. Menghitung waktu konsentrasi (t_c)

Waktu konsentrasi dapat dihitung bila kemiringan jalan serta panjang jalan tiap 1 fase (PPV) telah diketahui melalui permodelan *Civil 3D*. Waktu konsentrasi terbagi menjadi aliran dari air di sisi jalan dan di saluran. Waktu konsentrasi dihitung menggunakan Persamaan 3.49.

e. Menghitung intensitas curah hujan (I)

Intensitas dihitung setelah data curah hujan rencana telah diketahui. Perhitungan intensitas curah hujan menggunakan rumus mononabe sesuai Persamaan 3.48.

f. Menghitung debit banjir rencana

Persamaan 3.46 merupakan rumus rasional yang dapat dihitung debit banjir rencana setelah diketahui luas daerah pengaliran, intensitas hujan, dan koefisien limpasan.

g. Penetapan jenis bahan saluran samping, dan kekasaran manning

Nilai koefisien manning ditetapkan sesuai dengan material drainase yang digunakan. Nilai koefisien manning sesuai Tabel 3.15.

h. Dimensi saluran samping

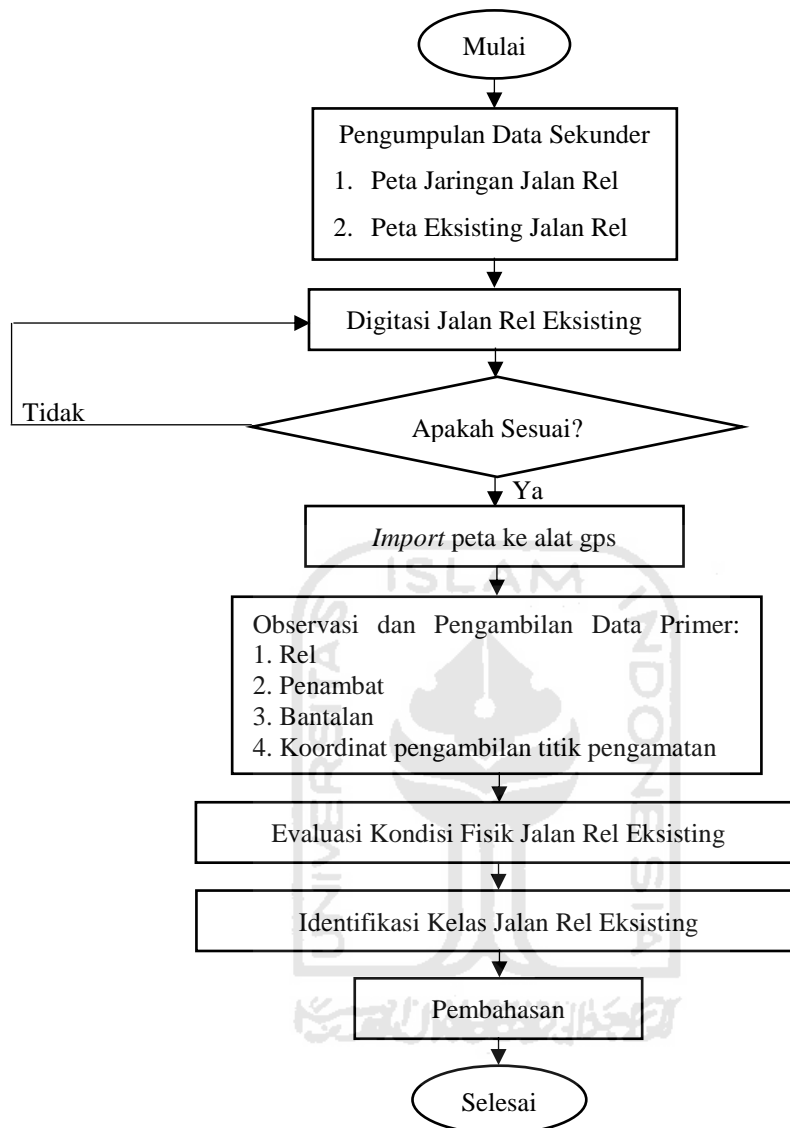
Dimensi saluran samping dihitung sesuai dengan Persamaan 3.50 sampai Persamaan 3.54.

4.6 Bagan Alir

Secara umum perancangan ini terbagi menjadi 3 tahapan yang dikerjakan secara berurutan. Tahap pertama yaitu evaluasi, selanjutnya perancangan, dan tahapan terakhir pemodelan.

1. Bagan Alir Evaluasi

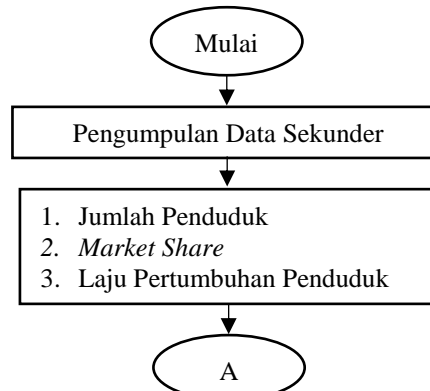
Bagan alir dalam evaluasi dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.

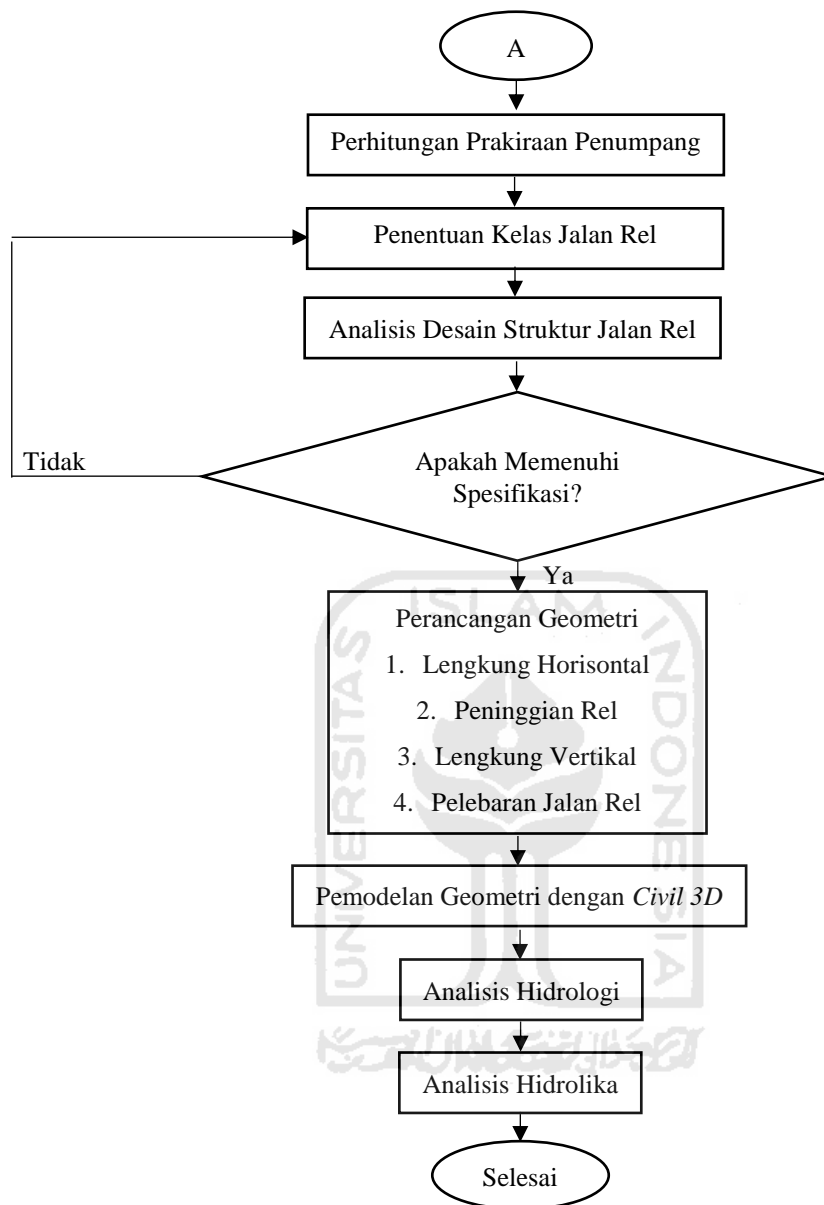


Gambar 4.2 Bagan Alir Evaluasi dan Identifikasi Jalan Rel Eksisting

2. Bagan Alir Perancangan

Bagan alir perancangan dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut

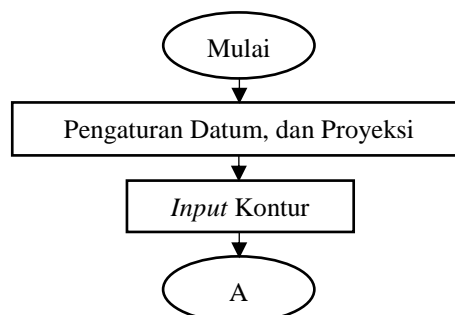


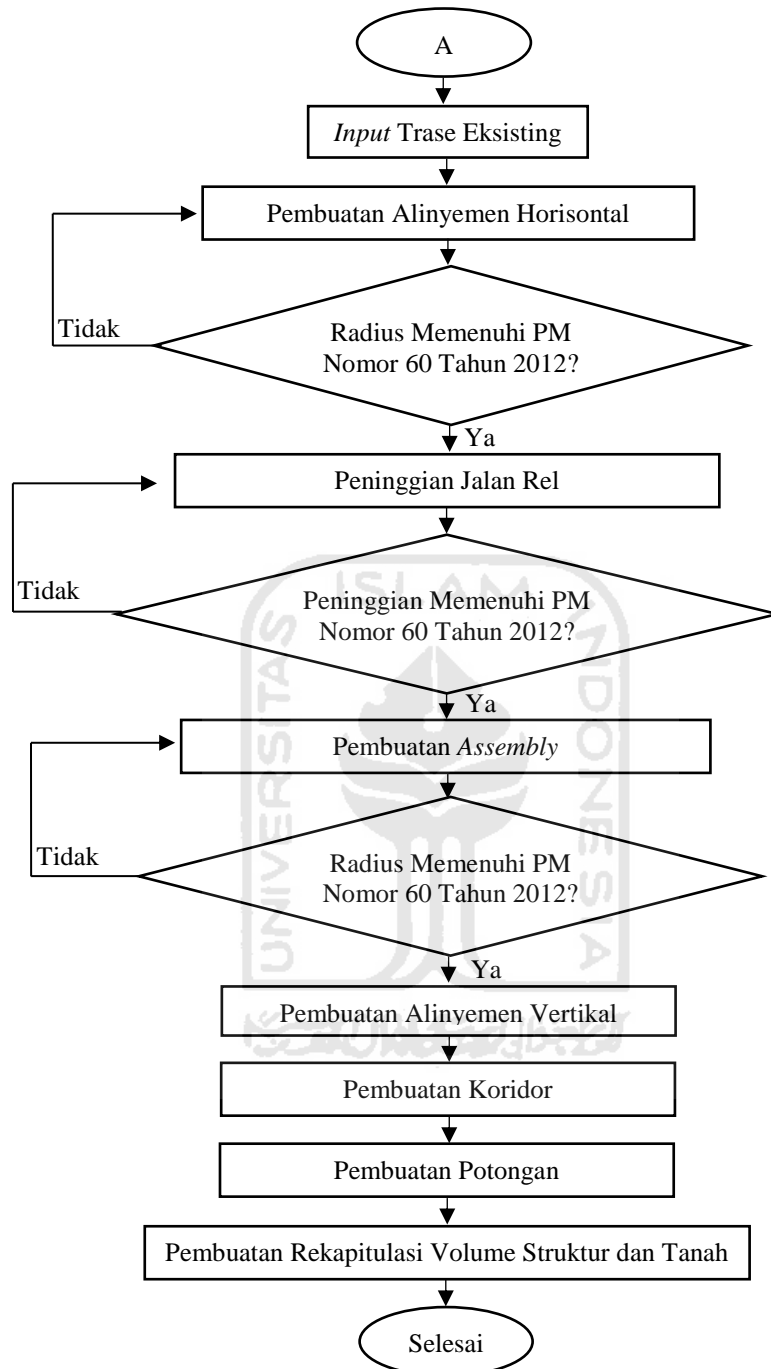


Gambar 4.3 Bagan Alir Perancangan

3. Bagan Alir Pemodelan *Civil 3D*

Bagan alir pemodelan dengan *software Civil 3D* secara singkat tahapan dalam tugas akhir ini yang dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.





Gambar 4.4 Bagan Alir Pemodelan *Civil 3D*

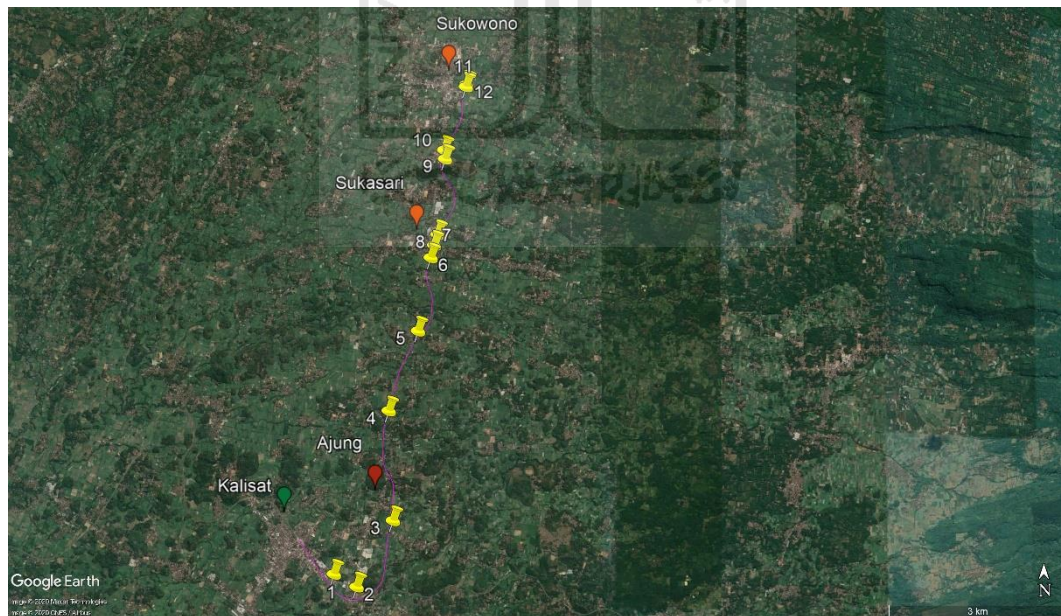
BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Evaluasi Jalur Eksisting Nonaktif

5.1.1 Evaluasi Kondisi Prasarana

Pengamatan dilakukan di sepanjang jalan rel eksisting ruas Kalisat-Sukowono. Peta trase eksisting merupakan sumber data sekunder Peta RBI yang bersumber dari Ina-Geoportal. Peta tersebut didigitasi yang kemudian menjadi panduan dalam survei dengan bantuan alat *gps* yang dapat dilihat pada Lampiran 4. Survei dilakukan dengan penentuan titik-titik pengamatan berdasarkan *tracking* sepanjang jalur eksisting. Penentuan titik-titik pengamatan secara acak dimulai dari titik pertama yaitu percabangan Panarukan dan Banyuwangi berakhir di Stasiun Sukowono. Berikut Gambar 5.1 merupakan titik-titik pengamatan yang telah dilakukan.



Gambar 5.1 Jalur Eksisting dan Titik Pengamatan

Berikut Tabel 5.1 merupakan koordinat titik pengamatan dengan sistem bujur/lintang *universal transverse mercator* (UTM) zona 49 S.

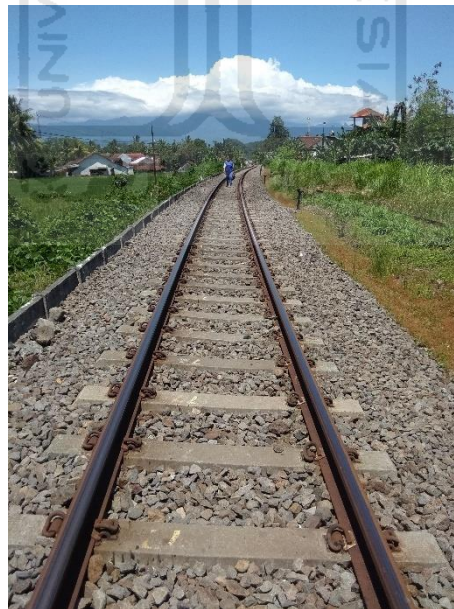
Tabel 5.1 Koordinat Titik Pengamatan

Titik	Koordinat (UTM, Zona 49 S)	
	Timuran	Utaraan
1	810.479,02	9.099.824,19
2	810.481,53	9.099.823,98
3	810.874,23	9.099.610,39
4	811.471,15	9.100.715,15
5	811.414,07	9.102.553,75
6	811.915,53	9.103.899,56
7	812.137,34	9.105.141,46
8	812.196,00	9.105.354,00
9	812.252,00	9.105.536,00
10	812.387,02	9.106.823,76
11	812.375,34	9.106.983,21
12	812.756,00	9.108.099,00

Uraian hasil evaluasi kondisi titik-titik pengamatan sebagai berikut.

1. Titik 1

Hasil dokumentasi titik 1 dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut.



Gambar 5.2 Dokumentasi Pengamatan Titik 1

Kondisi prasarana jalan rel sangat baik. Titik ini merupakan jalur aktif operasional. Jalur ini melayani rute Kalisat arah Banyuwangi. Seluruh komponen struktur jalan rel hingga balas dalam kondisi baik.

2. Titik 2

Dokumentasi kondisi prasarana jalan rel di titik pengamatan 2 pada Gambar 5.3 berikut.



Gambar 5.3 Dokumentasi Pengamatan Titik 2

Titik tersebut merupakan percabangan jalan rel. Sisi kiri gambar terlihat perlintasan aktif ke arah Banyuwangi. Sisi kanan gambar merupakan jalur nonaktif ke arah Panarukan. Kondisi komponen rel masih utuh. Namun penambat tertimbun tanah. Secara visual masih nampak bantalan berupa kayu dalam kondisi keropos.

3. Titik 3

Pengamatan titik 3 merupakan salah satu dari 2 jembatan yang ada sepanjang ruas Kalisat-Sukowono. Konstruksi atas jembatan terbuat gelagar baja dan pilar beton bertulang. Konstruksi jembatan masih utuh dan baik namun komponen jalan rel di jembatan dalam kondisi rusak. Kondisi bantalan juga dalam kondisi keropos. Sebagian besar penambat sudah hilang sehingga kedudukan bantalan tidak beraturan. Dokumentasi titik 3 dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut.



Gambar 5.4 Dokumentasi Pengamatan Titik 3

4. Titik 4

Berikut hasil dokumentasi titik 4 dapat dilihat pada Gambar 5.5.

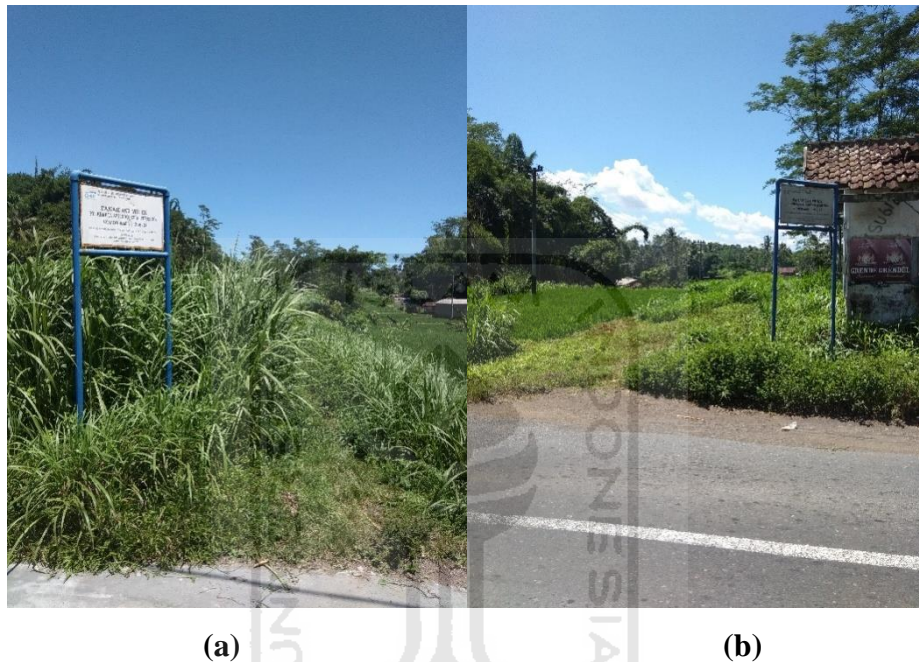


Gambar 5.5 Dokumentasi Pengamatan Titik 4

Hasil pengamatan di titik 4 secara visual dapat disimpulkan bahwa jalan rel sudah beralih fungsi. Peralihan fungsi di titik pengamatan 4 menjadi daerah persawahan.

5. Titik 5

Dokumentasi titik 5 dapat dilihat pada Gambar 5.6 berikut.



Gambar 5.6 Dokumentasi Pengamatan Titik 5

Titik 5 merupakan salah satu perlintasan sebidang. Gambar (a) merupakan dokumentasi foto dari arah Sukowono. Gambar (b) merupakan arah kedatangan dari Kalisat. Hasil pengamatan didapat bahwa, titik 5 sudah beralih fungsi menjadi jalan perkampungan. Kondisi badan jalan rel di perlintasan jalan raya, sama dengan titik pengamatan 4. Semua komponen jalan rel sudah tertimbun oleh badan jalan raya.

6. Titik 6

Dokumentasi titik 6 dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut.



Gambar 5.7 Dokumentasi Pengamatan Titik 6

Titik 6 merupakan pengamatan di salah satu perlintasan sebidang. Gambar 5.6 merupakan dokumentasi foto jalur ke arah Sukowono Hasil pengamatan komponen rel sama sekali tidak terlihat secara visual karena tertutup lahan.

7. Titik 7

Dokumentasi titik 7 dapat dilihat pada Gambar 5.8 berikut.



Gambar 5.8 Dokumentasi Pengamatan Titik 7

Titik pengamatan 7 merupakan perlintasan di jembatan. Jembatan dibangun dengan gelagar baja tipe *deck plate girder*. Kondisi jembatan cukup baik. Namun komponen struktur jalan rel dalam kondisi rusak. Kondisi rel masih utuh namun sudah terlihat korosi. Kondisi penambat dan bantalan beberapa sudah hilang. Kondisi bantalan kayu sudah keropos.

8. Titik 8

Dokumentasi di titik 8 dapat dilihat pada Gambar 5.9 berikut.



Gambar 5.9 Dokumentasi Pengamatan Titik 8

Stasiun ajung merupakan stasiun diantara Stasiun Kalisat dan Stasiun Sukowono Hasil pengamatan jarak eksisting rel dengan bangunan pemukiman sangatlah dekat. Hasil secara visual yang terlihat hanya rel karena komponen struktur bantalan tertimbun tanah.

9. Titik 9

Titik 9 sudah beralih fungsi menjadi pertokoan, yang termasuk kawasan Pasar Sukowono. Perlintasan sebidang masih terlihat percabangan jalan rel. Kondisi jalan rel komponen dalam kondisi rusak. Kondisi bantalan hanya terlihat permukaan atas. Masih terlihat sambungan serta penambat serta rel

dalam kondisi rusak. Dokumentasi di titik 9 dapat dilihat pada Gambar 5.10 berikut.



(a)

(b)

Gambar 5.10 Dokumentasi Pengamatan Titik 9

10. Titik 10

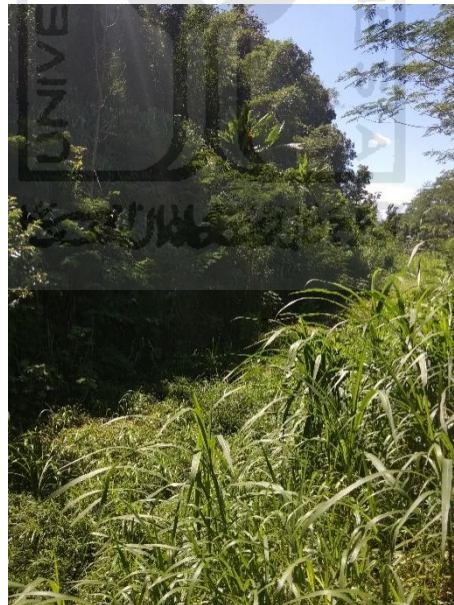
Hasil dokumentasi menunjukkan bahwa kondisi titik pengamatan tertutup lahan. Keadaan rumput yang cukup tinggi dapat disimpulkan bahwa bekas jalur tidak digunakan aktifitas manusia sebagai jalan perkampungan. Dokumentasi di titik 10 dapat dilihat pada Gambar 5.11 berikut.



Gambar 5.11 Dokumentasi Pengamatan Titik 10

11. Titik 11

Dokumentasi titik 11 dapat dilihat pada Gambar 5.12 berikut.



Gambar 5.12 Dokumentasi Pengamatan Titik 11

Hasil pengamatan di titik 11 terlihat tebing yang cukup terjal pada sebelah kanan jalur dari arah Kalisat. Secara visual pengamatan titik 11 sama dengan pengamatan titik 10, yang tertutup lahan.

12. Titik 12

Dokumentasi titik 12 dapat dilihat pada Gambar 5.13 berikut.



Gambar 5.13 Dokumentasi Pengamatan Titik 12

Stasiun Sukowono merupakan titik terakhir pengamatan yaitu titik 12. Stasiun masih utam namun dalam kondisi rusak. Namun komponen struktur jalan rel tertutup lahan. Hanya terlihat rel setengah badan tertanam di tanah serta permukaan atas bantalan kayu.

Berikut Tabel 5.2 merupakan rekapitulasi kondisi prasarana jalan rel eksisting ruas Stasiun Kalisat – Stasiun Sukowono.

Tabel 5.2 Rekapitulasi Kondisi Prasarana Jalan Rel Eksisting

Titik	Rel	Penambat	Bantalan	Balas	Badan Jalan	Kesimpulan
1	Baik	Baik	Baik	Baik	Baik	Baik
2	Rusak	Tertimbun	Rusak	Tertimbun	Tertimbun	Tertutup Lahan
3	Rusak	Rusak	Rusak	Tertimbun	Tertimbun	Rusak
4	Tertimbun	Tertimbun	Tertimbun	Tertimbun	Tertimbun	Beralih Fungsi
5	Tertimbun	Tertimbun	Tertimbun	Tertimbun	Tertimbun	Beralih Fungsi
6	Tertimbun	Tertimbun	Tertimbun	Tertimbun	Tertimbun	Beralih Fungsi
7	Rusak	Rusak	Rusak	Tertimbun	Tertimbun	Rusak

Lanjutan Tabel 5.2 Rekapitulasi Kondisi Prasarana Jalan Rel Eksisting

Titik	Rel	Penambat	Bantalan	Balas	Badan Jalan	Kesimpulan
9	Rusak	Rusak	Tertimbun	Tertimbun	Tertimbun	Rusak
8	Rusak	Tertimbun	Tertimbun	Tertimbun	Tertimbun	Tertutup Lahan
9	Rusak	Rusak	Tertimbun	Tertimbun	Tertimbun	Rusak
10	Tertimbun	Tertimbun	Tertimbun	Tertimbun	Tertimbun	Tertutup Lahan
11	Tertimbun	Tertimbun	Tertimbun	Tertimbun	Tertimbun	Tertutup Lahan
12	Tertimbun	Tertimbun	Tertimbun	Tertimbun	Tertimbun	Tertutup Lahan

5.1.2 Identifikasi Kelas Jalan Rel Eksisting

Kondisi komponen jalan rel sedari awal penutupan sudah tua dan tidak terawat. Hal tersebut menyebabkan banyak sekali titik pengamatan yang sudah lama tidak dapat teridentifikasi karena tertutup oleh tanah atau bangunan. Kondisi tersebut menyebabkan identifikasi dilakukan di titik pengamatan yang keberadaan komponen secara visual dapat ditinjau. Penentuan identifikasi hanya dilakukan di titik-titik pengamatan berikut.

1. Rel : titik 2, titik 7, titik 8, titik 9, dan titik 12.
2. Penambat: titik 2, titik 7, dan titik 9.
3. Bantalan : titik 2, titik 7, titik 9, dan titik 12.

Pengamatan komponen rel berupa pengukuran dimensi lebar dan tinggi rel. Berikut Gambar 5.14 merupakan titik pengamatan untuk mengidentifikasi pada rel eksisting.



(a)



(b)

Gambar 5.14 Dokumentasi Pengukuran Lebar dan Tinggi Rel

Pengukuran lebar rel dilakukan di titik 7 sebagaimana Gambar 5.13.(b). Lebar rel diperoleh nilai sebesar 49 mm. Nilai yang mendekati angka 49 mm merupakan tipe rel 25 dengan nilai lebar yaitu 53 mm. Sehingga rel terjadi mengalami keausan sebesar 4 mm. Pengamatan tinggi jalan rel dilakukan di titik 8 sebagaimana Gambar 5.13.(a). Pengukuran tinggi rel diperoleh sebesar 107 mm. Nilai yang mendekati merupakan tipe rel 25 dengan nilai tinggi sebesar 110 mm. Hasil pengukuran dapat disimpulkan tipe rel yaitu R.25.

Identifikasi komponen penambat ditunjukkan oleh lingkaran warna merah sebagaimana ditunjukkan Gambar 5.15. Hasil pengamatan dapat diidentifikasi jenis penambat kaku. Jenis penambat merupakan tirpon dengan pelat landas.



Gambar 5.15 Dokumentasi Pengamatan Penambat

Identifikasi komponen bantalan berdasar hasil pengamatan yaitu jenis baja dan kayu. Mengacu pengamatan di titik 2 sebagaimana Gambar 5.3, diperoleh bantalan kayu. Bantalan kayu juga terpasang di titik 7 sebagaimana Gambar 5.8, dan di titik 12 sebagaimana Gambar 5.13. Jenis bantalan baja merupakan hasil identifikasi di titik 9, yang dapat dilihat pada Gambar 5.16 berikut.



Gambar 5.16 Dokumentasi Pengamatan Bantalan Baja

5.2 Usulan Kelas Jalan Rel

Persyaratan teknis untuk merancang reaktivasi jalan rel ditentukan setelah diketahui kelas jalan rel. Kelas jalan rel diusulkan agar jalan rel yang direaktivasi dibangun dan digunakan dan berfungsi sesuai peruntukannya. Sesuai RIPNas, jaringan regional dirancang dengan hanya mengasumsikan angkutan penumpang. Sehingga dalam menentukan peruntukan jalan rel ruas Kalisat-Sukowono hanya dihitung sebagai angkutan penumpang non barang dikarenakan jenis trayek internal provinsi.

5.2.1 Prakiraan Penumpang

Penentuan perkiraan jumlah penumpang dihitung dengan variabel jumlah penduduk, dan laju pertumbuhan penduduk terhadap pangsa pasar (*market share*). Prakiraan jumlah penumpang yang diperhitungkan berdasarkan asumsi pangsa pasar dari jumlah penduduk koridor pelayanan Kalisat-Panarukan. Sehingga jumlah penduduk merupakan jumlah penduduk domisili Jember, Bondowoso, dan Situbondo. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) dari Provinsi Jawa Timur didapatkan jumlah penduduk Jember, Bondowoso, dan Situbondo sebagaimana Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3 Jumlah Penduduk Tahun 2018

Kota	Jumlah Penduduk (orang)
Jember	2.440.714
Bondowoso	772.297
Situbondo	679.993

Sumber : Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur (2018)

Sesuai dengan RIPNas bahwa target pengembangan perkeretaapian diproyeksikan hingga tahun 2030. Jumlah proyeksi penduduk dihitung dengan persamaan geometrik. Diperlukan data laju pertumbuhan penduduk per tahun dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Jawa Timur yang ditunjukkan sebagaimana Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.4 Laju Pertumbuhan Penduduk

Kota	Laju Pertumbuhan Penduduk per Tahun 2010-2018 (%)
Jember	0,561
Bondowoso	0,584
Situbondo	0,605

Sumber : Badan Pusat Statistik Kab. Jember (2018)

Contoh perhitungan jumlah penduduk kota Jember tahun proyeksi 2030 menggunakan persamaan geometrik sebagai berikut.

$$P_n = P_o \times (1+r)^n$$

$$P_n = 2.441.000 \times (1+0.561\%)^{(2030-2018)}$$

$$P_n = 2.610.494 \text{ orang}$$

Berikut Tabel 5.5 merupakan rekapitulasi jumlah proyeksi penduduk tahun 2030.

Tabel 5.5 Jumlah Proyeksi Penduduk Tahun 2030

Kabupaten/Kota	Jumlah Penduduk (orang)
Jember	2.610.189

Lanjutan Tabel 5.5 Jumlah Proyeksi Penduduk Tahun 2030

Kabupaten/Kota	Jumlah Penduduk (orang)
Bondowoso	828.192
Situbondo	731.037
Jumlah	4.169.418

RIPNas mengasumsikan bahwa *market share* di Pulau Jawa tahun 2030 sebesar 12%. Nilai tersebut merupakan pangsa pasar atau sasaran dan target dari penyelenggaraan perkerataapian di Pulau Jawa. Berikut perhitungan perkiraan penumpang.

1. Penumpang per Tahun

$$P_{np}/thn = 12\% \times 4.169.418$$

$$P_{np}/thn = 500.330 \text{ pnp/tahun.}$$

2. Penumpang per hari

$$\text{Pnp/hari} = 500.330 / 365$$

$$\text{Pnp/hari} = 1.370,77 \text{ pnp/hari.}$$

Hasil perhitungan dengan *demand* penumpang sebesar 1.371 pnp/hari, yang menjadi kriteria desain rancangan.

5.2.2 Kelas Jalan Rel

Penentuan kelas jalan rel dihitung berdasarkan *passing tonnage*. *Passing tonnage* bergantung variabel jenis kereta, jumlah lintas per hari, serta jumlah rangkaian kereta. Penentuan jenis kereta api mempengaruhi jumlah lintas per hari serta rangkaian kereta. Jenis kereta dapat ditentukan berdasar jarak dan volume angkutan per rangkain kereta.

Pertimbangan pertama penentuan jenis kereta yaitu berdasar jarak dimana koridor Kalisat-Panarukan termasuk jarak tempuh pendek yang memiliki panjang jalur ± 70 km. Pertimbangan kedua yaitu berdasar volume angkut 1 rangkaian kereta api memiliki 2 opsi. Opsi 1 menggunakan kereta api lokal atau opsi 2 menggunakan kereta api diesel elektrik (KRDE).

Kereta api lokal menggunakan lokomotif kereta biasa. Daya tarik lokomotif lebih besar daripada KRDE. Keuntungan daya tarik lokomotif yang lebih besar mampu membawa lebih banyak gerbong kereta. *Demand* penumpang harian yang sangat besar cocok untuk lokomotif. Keuntungan kapasitas angkut KRDE yang lebih kecil, sehingga diperoleh lebih banyak frekuensi perjalanan dengan kapasitas yang lebih sedikit.

Jumlah kapasitas penumpang dalam 1 rangkaian KRDE sejumlah 200 penumpang. *Demand* penumpang sebanyak 1371 pnp/hari. Jumlah lintas operasi per hari yang diperoleh sebanyak 7 kali. Pemilihan jenis kereta api KRDE lebih cocok sebab akan lebih banyak jumlah lintas operasi per harinya daripada kereta lokomotif yang hanya akan bisa 2 kali lintas per hari dengan 1 rangkaian kereta api. Maka digunakan dalam perancangan ini jenis KRDE buatan PT. INKA. Beberapa KRDE yang difungsikan di Indonesia yaitu KRDE prameks relasi Kutoarjo-Solo Balapan, KRDE Arek Surokerto relasi Surabaya-Mojokerto, KA Bandara BIAS,

dan KA Minkes. Gambar 5.17 berikut merupakan 1 rangkaian kereta rel diesel (KRDE).

Spesifikasi teknis KRDE sebagaimana berikut.

- | | | |
|-----------------------------------|---|---------------------|
| 1. Konfigurasi | : | TeC1 – M – T – TeC2 |
| 2. Kecepatan maksimum operasional | : | 100 km/jam |
| 3. Lebar sepur | : | 1.067 mm |
| 4. Jarak antar pusat bogie | : | 14.000 mm |
| 5. Jarak sumbu roda bogie | : | 2.200 mm |
| 6. Berat kosong maksimal | : | TeC = 43,5 ton |
| | | M = 43,5 ton |
| | | T = 38,5 ton |
| 7. Tempat duduk | : | TeC = 46 kursi |
| | | M = 56 kursi |
| | | T = 52 kursi |



Gambar 5.17 Rangkaian KRDE

Sumber : PT. INKA (2020)

Berikut contoh perhitungan daya angkut lintas 1 rangkaian kereta api dengan menggunakan Persamaan 3.4 dan Persamaan 3.5 sebagaimana berikut dengan asumsi berat penumpang 85 kg dengan rincian berat penumpang rata-rata 65 kg dan bagasi 20 kg.

1. Tonase kereta

$$\begin{aligned} \text{Tonase kereta} &= \text{berat kosong 1 rangkaian kereta} \\ \text{Tonase kereta} &= \text{Berat kosong gerbong (TeC1 – M – T – TeC2)} \\ \text{Tonase kereta} &= 43,5+43,5+38,5+43,5 \\ \text{Tonase kereta} &= 169 \text{ ton} \end{aligned}$$

2. Tonase penumpang

$$\begin{aligned} \text{Tonase penumpang} &= \text{jumlah penumpang x berat penumpang x} \\ &\quad \text{jumlah gerbong 1 rangkaian kereta} \\ \text{Tonase penumpang} &= (200 \times 85/1000) \times 4 \\ \text{Tonase penumpang} &= 17 \text{ ton} \end{aligned}$$

3. Tp

$$\begin{aligned} \text{Tp} &= \text{jumlah lintas operasi x tonase kereta x tonase penumpang} \\ \text{Tp} &= 2 \times 2 \times 99 \\ \text{Tp} &= 396 \text{ ton} \end{aligned}$$

4. Tonase ekuivalen (TE)

Tp dihitung sesuai Persamaan 3.5 tanpa gerbong barang dan lokomotif.
Sehingga Persamaan 3.5 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{TE} &= \text{Tp} \\ \text{TE} &= 474 \text{ ton} \end{aligned}$$

5. *Passing tonage* (T)

$$\begin{aligned} \text{T} &= 365 \times 1,1 \times 474 \\ \text{T} &= 187.704 \text{ ton} \end{aligned}$$

Berikut hasil rekapitulasi perhitungan daya angkut lintasan dalam 1 Tahun sebagaimana Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 Rekapitulasi Daya Angkut Lintas Kalisat – Panarukan 2030

KA	ΣLintas Operasi/Hari	ΣKereta Penumpang	Ton Kereta	Ton Pnp	Tp=TE (ton)	T (ton)
1	2	4	169	68	474	187.704
2	2	4	169	68	474	187.704
3	2	4	169	68	474	187.704
4	1	4	169	68	237	93.852
Σ						656.964

Hasil dari Tabel 5.5 menunjukkan $T = 6,5 \times 10^5$ ton/tahun. Sesuai dengan Tabel 3.1 termasuk kelas jalan rel 5.

5.2.3 Kriteria Desain Geometri dan Konstruksi

Kriteria desain reaktivasi jalur kereta api eksisting Stasiun Kalisat – Stasiun Sukowono sebagai berikut.

1. Lebar Rel

Digunakan lebar rel 1.067 mm sesuai dengan jaringan jalan rel di Pulau Jawa.

2. Tipe rel

Tipe rel yang digunakan R.42. Dimensi penampang tipe R.42 sebagaimana Tabel 3.9.

3. Kecepatan rencana

Digunakan kecepatan rencana maksimum sesuai Tabel 3.1 yaitu 80 km/jam. Spesifikasi KRDE yang akan melayani ruas tersebut dapat memenuhi kecepatan maksimum yang dirancang.

4. Geometri Jalan

a. Jari-jari lengkung horisontal tanpa peralihan minimum sebesar 1050 m, dan dengan peralihan minimum 350 m. Besar l_s = panjang lengkung peralihan disesuaikan dengan Persamaan 3.6.

b. Sesuai Tabel 3.4, jari jari lengkung vertikal minimum 6.000 m. Dua lengkung vertikal yang berdekatan harus memiliki lurusan sekurang-kurangnya panjang 1 rangkaian kereta api terpanjang yang melintas.

c. Kelandaian penentu maksimum sesuai dengan Tabel 3.5 sebesar 25 %.

5. Beban Gandar

Spesifikasi 1 gerbong KRDE memiliki bogie berjumlah 2. Setiap bogie terdapat 2 gandar. Perhitungan beban gandar sesuai Persamaan 3.24 dan Persamaan 3.25 sebagai berikut.

a. Beban pada bogie (P_b)

Beban yang diterima pada bogie merupakan berat gerbong maksimum (T_eC) ditambah berat penumpang.

Asumsi berat tiap penumpang = 85 kg = 0,085 ton

W_{pnp} = jumlah penumpang 1 gerbong TeC

W_{pnp} = $56 \times 0,085$

W_{pnp} = 4,76 ton.

W = $43,5 + 4,76$

P_b = $W \times \frac{1}{2}$

P_b = $48,26 \text{ ton} \times \frac{1}{2}$

P_b = 24,13 ton

b. Beban pada gandar (P_g)

P_g = $\frac{1}{2} \times 24,13$

P_g = 12,07 ton

Ketentuan Permenhub No. 60 Tahun 2012 dimana beban gandar maksimum 18 ton. Penggunaan KRDE diperbolehkan karena tidak melewati ambang batas maksimum spesifikasi. Perhitungan beban gandar ditetapkan beban gandar aktual yaitu 12,07 ton.

5.3 Perancangan Geometri Jalan Rel

5.3.1 Trase Eksisting

Jalan rel ruas Kalisat-Sukowno memiliki *altitude* yang cukup tinggi. *Altitude* minimum ± 268 mdpl, dan *altitude* maksimum ± 353 mdpl. *Altitude* yang cukup tinggi tersebut dikarenakan kondisi geografi yang diapit oleh gunung argopuro di sebelah barat dan gunung raung di sebelah timur. Lampiran 4 merupakan hasil dari *input* peta sekunder RBI dengan bantuan *software google earth* yang menunjukkan kelandaian (+) 9.3% dan (-) 6.9%. Kelandaian rata-rata diperoleh sebesar (+) 2.1%, dan (-) 1.7%.

Geometri trase eksisting diolah dengan mempertemukan dua garis yang bersinggungan sehingga diperoleh titik *point of intersection* (PI). Titik PI merupakan titik yang mempertemukan dua garis pembentuk lengkung horisontal. Koordinat titik PI dapat dilihat pada Tabel 5.7 dan Lampiran 5.

Tabel 5.7 Koordinat Titik PI Trase Eksisting

Titik	Koordinat (Zona 49 S)	
	Utaraan (X)	Timuran (Y)
Awal	809.937,56	9.100.610,93
PI-01	811.231,04	9.098.743,88
PI-02	811.568,77	9.101.517,27
PI-03	811.371,07	9.101.857,19
PI-04	811.385,90	9.102.448,87
PI-05	811.657,49	9.103.432,73
PI-06	811.881,54	9.103.855,22
PI-07	812.198,86	9.104.272,01
PI-08	812.228,72	9.104.691,68
PI-09	812.094,65	9.105.023,68
PI-10	812.329,06	9.105.785,96
PI-11	812.704,63	9.106.357,67
PI-12	812.301,55	9.106.896,88
PI-13	812.754,36	9.107.754,62
Akhir	812.755,99	9.108.100,06

5.3.2 Lengkung Horisontal

Titik koordinat PI diolah dengan permodelan *Civil 3D* sehingga dapat teridentifikasi besar radius tikungan trase eksisting. Setiap PI dilakukan *trial* besar radius tikungan, sehingga tikungan *trial* sesuai dengan tikungan trase eksisting. Titik PI lengkung horizontal trase eksisting dapat dilihat pada Lampiran 5. Berikut rekapitulasi besar radius lengkung horizontal dan jenis lengkung sebagaimana Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5.8 Rekapitulasi Besar Radius Lengkung Horisontal

Lengkung	Besar Radius (m)	Jenis Lengkung
PI-01	500	<i>Spiral-circle-spiral</i>
PI-02	400	<i>Spiral-circle-spiral</i>
PI-03	400	<i>Spiral-circle-spiral</i>
PI-04	400	<i>Spiral-circle-spiral</i>
PI-05	800	<i>Spiral-circle-spiral</i>
PI-06	800	<i>Spiral-circle-spiral</i>

Lengkung	Besar Radius (m)	Jenis Lengkung
PI-07	400	<i>Spiral-circle-spiral</i>
PI-08	400	<i>Spiral-circle-spiral</i>
PI-09	400	<i>Spiral-circle-spiral</i>
PI-10	400	<i>Spiral-circle-spiral</i>
PI-11	400	<i>Spiral-circle-spiral</i>
PI-12	400	<i>Spiral-circle-spiral</i>
PI-13	400	<i>Spiral-circle-spiral</i>

Sesuai hasil rekapitulasi Tabel 5.7, maka semua lengkung dirancang dengan perhitungan lengkung tipe *spiral-circle-spiral*. Berikut adalah contoh perhitungan alinyemen horizontal PI-01 tipe *spiral-circle-spiral* sesuai dengan Persamaan 3.7 sampai Persamaan 3.16.

1. Panjang minimum lengkung peralihan (L_s)

$$L_s = 0.01 \times 80 \times 80$$

$$L_s = 65 \text{ m}$$

2. Sudut spiral (θ_s)

$$\theta_s = \frac{90 \times 65}{\pi \times 500}$$

$$\theta_s = 3.724^\circ$$

3. Sudut circle (θ_c)

$$\theta_c = 130.895^\circ$$

4. Panjang busur lingkaran (L_c)

$$L_c = \frac{130.895}{360} \times 2\pi \times 500$$

$$L_c = 1142.272 \text{ m}$$

5. Panjang koordinat peralihan dari *spiral-circle* (X_c, Y_c)

$$X_c = 64 - \frac{65^3}{40 \times 500^2}$$

$$X_c = 64.973 \text{ m}$$

$$Y_c = \frac{65^2}{6 \times 500}$$

$$Y_c = 1.408 \text{ m}$$

6. Panjang titik koordinat lengkung peralihan (P, k)

$$P = 1.408 - 500 \times (1 - \cos 3.724)$$

$$P = 0.352$$

$$K = 64.974 - 500 \times \sin (3.724)$$

$$K = 32.495$$

7. Panjang jarak titik Ts dari PI (Tt)

$$Tt = (500+0.352) \times \operatorname{tg} \frac{138.343}{2} + 32.495$$

$$Tt = 1347.716 \text{ m}$$

8. Panjang jarak dari titik PI ke sumbu jalan arah pusat lingkaran (Et)

$$Et = (500+0.342) \times \sec \frac{138.810}{2} - 31.996$$

$$Et = 922.385 \text{ m.}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan lengkung horisontal *spiral-circle-spiral* (SCS) dapat dilihat pada Tabel 5.9 berikut.



Tabel 5.9 Rekapitulasi Perhitungan Lengkung Horizontal SCS

PI	Ls	Θs	Θc	Lc	Xc	Yc	P	K	Tt	Et
	(m)	(°)	(°)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
01	65	3,72	130,89	1142,27	64,97	1,41	0,352	32,50	1347,72	907,18
02	80	5,73	25,67	179,18	79,92	2,67	0,668	39,99	174,53	22,66
03	80	5,73	20,16	140,73	79,92	2,67	0,668	39,99	153,43	16,42
04	80	5,73	2,54	17,71	79,92	2,67	0,668	39,99	89,17	3,68
05	40	1,43	6,48	90,51	40,00	0,33	0,083	20,00	85,41	2,75
06	40	1,43	6,48	90,51	40,00	0,33	0,083	20,00	85,41	2,75
07	80	5,73	21,76	151,89	79,92	2,67	0,668	39,99	159,49	18,11
08	80	5,73	14,60	101,91	79,92	2,67	0,668	39,99	132,70	11,25
10	80	5,73	4,75	33,15	79,92	2,67	0,668	39,99	97,04	4,71
11	80	5,73	58,62	409,25	79,92	2,67	0,668	39,99	320,96	89,37
12	80	5,73	53,15	371,06	79,92	2,67	0,668	39,99	293,32	74,04
13	65	5,73	16,10	112,41	79,92	2,67	0,668	39,99	138,25	12,54

Perhitungan tikungan secara otomatis dilakukan oleh *Civil 3D*. Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 7. Nilai perhitungan *Civil 3D* seharusnya sama dengan Tabel 5.8.

5.3.3 Peninggian Rel

Peninggian dilakukan pada sisi luar pada lengkung horisontal. Adapun contoh perhitungan peninggian pada PI-01 sebagai berikut.

1. $H_{min} = \frac{8,8 \times V_{rencana}^2}{R} - 53,5$
 $H_{min} = \frac{8,8 \times 80^2}{500} - 53,3$
 $H_{min} = 59,14 \text{ mm}$
2. $H_{normal} = 5,95 \times \frac{V_{rencana}^2}{\text{jari-jari}}$
 $H_{normal} = 5,95 \times \frac{80^2}{500}$
 $H_{normal} = 76,16 \text{ mm}$
3. $H_{max} = 110 \text{ mm}$
4. $H_{pakai} = H_{normal} = 78 \text{ mm} = 80 \text{ mm}$.

Berikut merupakan rekapitulasi peninggian yang dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut.

Tabel 5.10 Rekapitulasi Peninggian Jalan Rel

PI	Hmin (mm)	Hnormal (mm)	Hmax (mm)	Hpakai (mm)
PI-01	59,14	76,16	110	80
PI-02	87,30	95,20	110	100
PI-03	87,30	95,20	110	100
PI-03	87,30	95,20	110	100
PI-04	87,30	95,20	110	100
PI-05	16,90	47,60	110	50
PI-06	16,90	47,60	110	50
PI-07	87,30	95,20	110	100
PI-08	87,30	95,20	110	100
PI-09	87,30	95,20	110	100
PI-10	87,30	95,20	110	100
PI-11	87,30	95,20	110	100

Diagram peninggian rel merupakan diagram peninggian rel pada lengkung horisontal yang berubah sepanjang lengkung *spiral* pada tipe lengkung *spiral-circle-spiral*. Diagram peninggian rel dapat dilihat pada Lampiran 8.

5.3.4 Pelebaran

Pelebaran ditentukan sesuai dengan Tabel 3.4, yang ditentukan berdasarkan besar jari-jari. Tabel 5.11 berikut merupakan rekapitulasi besar pelebaran tiap lengkung horisontal.

Tabel 5.11 Rekapitulasi Besar Pelebaran Lengkung Horisontal

Lengkung	Besar Jari-Jari (Rc)	Pelebaran (mm)
PI-01	500	5
PI-02	400	10
PI-03	400	10
PI-04	400	10
PI-05	800	0
PI-06	800	0
PI-07	400	10
PI-08	400	10
PI-09	400	10
PI-10	400	10
PI-11	400	10
PI-12	400	10
PI-13	400	10

Pelebaran dilakukan ke sisi dalam tikungan. Sehingga pada jalan lurus lebar jalan antar kedua flens tetap yaitu 1067 mm. Sedangkan pada lengkung horisontal $L > 1067$ mm.

5.3.5 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal dirancang dengan memperhatikan elevasi tanah dasar untuk meminimalisir volume galian timbunan. Kelandaian diperoleh setelah penggambaran alinyemen vertikal dengan *software Civil 3D*. Hasil rancangan harus sesuai syarat kelandaian penentu yang ditentukan. Lampiran 9 merupakan *report* alinyemen vertikal berupa STA, elevasi PVI, kelandaian, dan panjang lengkung vertikal (L_v). Kontrol hasil permodelan alinyemen vertikal dengan perhitungan manual. Berikut adalah contoh perhitungan PV-01.

1. Diketahui.

$$\text{PVI 1 STA} = 0+00$$

$$\text{PVI 1 Elevasi} = 268 \text{ m}$$

$$\text{PVI 2 STA} = 0+250$$

$$\text{PVI 2 Elevasi} = 267,77 \text{ m}$$

$$\text{PVI3 STA} = 0+800$$

$$\text{PVI3 Elevasi} = 272,50 \text{ m}$$

$$\text{Radius} = 6.000 \text{ m}$$

2. $L = 250 - 0$

$$L = 250 \text{ m}$$

3. $g_1 = \frac{267,77 - 268}{250 - 0} \times 1000$

$$g_1 = -0,92 \text{ ‰}$$

4. $g_2 = \frac{272,50 - 267,77}{800 - 250} \times 1000$

$$g_2 = 8,60 \text{ ‰}$$

5. Perbedaan kelandaian

$$\varphi = |8,60 - 0,92|$$

$$\varphi = 9,52 \text{ ‰}$$

6. Panjang lengkung vertikal

$$L_v = 9,52 \text{ ‰} \times 6.000$$

$$L_v = 57,12 \text{ m}$$

7. X_m

$$X_m = 0,5 \times 6.000 \times 9,52 \text{ ‰}$$

- $$X_m = 28,56 \text{ m}$$
8. Panjang koordinat peralihan Y_m
- $$Y_m = 0.125 \times 6.000 \times (9,52 \text{ ‰})^2$$
- $$Y_m = 0,07 \text{ m}$$
9. Elv. PVC = $267,77 - (0,5 \times 57,12 \times -0,92 \text{ ‰})$
- $$\text{Elv. PVC} = 267,80$$
10. Sta. PVC = $250 - (0,5 \times 57,12)$
- $$\text{Sta. PVC} = 0+192,80$$
11. Elv. PVT = $267,77 + (0,5 \times 57,12 \times 9,52 \text{ ‰})$
- $$\text{Elv. PVT} = 268,68$$
12. Sta. PVT = $250 + (0,5 \times 57,12)$
- $$\text{Sta. PVT} = 0+278,56 \text{ m}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan lengkung vertikal dapat dilihat pada Tabel 5.12 dan Tabel 5.13 berikut.



Tabel 5.12 Rekapitulasi Perhitungan Lengkung Vertikal

PV	R (m)	Station (m)	Elevasi (m)	g (‰)	φ (‰)	Lv (m)	xm (m)	ym (m)
0	-	0+000	268,00	-0,92	-	-	-	-
1	6.000	0+250	267,77	8,60	9,52	57,12	28,56	0,07
2	6.000	0+800	272,50	20,00	11,40	68,40	34,20	0,10
3	6.000	1+475	286,00	3,09	-16,91	101,49	50,74	0,21
4	6.000	2+350	288,70	23,00	19,91	119,49	59,74	0,30
5	6.000	2+700	296,75	10,00	-13,00	78,00	39,00	0,13
6	6.000	3+225	302,00	7,50	-2,50	15,00	7,50	0,00
7	6.000	4+025	308,00	-3,66	-11,16	66,94	33,47	0,09
8	6.000	4+375	306,72	20,00	23,66	141,94	70,97	0,42
9	6.000	4+600	311,22	1,72	-18,28	109,66	54,83	0,25
10	6.000	5+150	312,17	8,24	6,52	39,12	19,56	0,03
11	6.000	6+100	320,00	-3,81	-12,05	72,32	36,16	0,11
12	6.000	6+625	318,00	5,81	9,62	57,70	28,85	0,07
13	6.000	7+400	322,50	-0,95	-6,76	40,55	20,28	0,03
14	6.000	7+925	322,00	10,50	11,45	68,71	34,36	0,10
15	6.000	8+425	327,25	1,67	-8,83	53,00	26,50	0,06
16	6.000	8+800	327,88	21,00	19,33	116,00	58,00	0,28
17	6.000	9+425	341,00	2,50	-18,50	111,00	55,50	0,26
18	6.000	9+825	342,00	18,18	15,68	94,09	47,05	0,18
19	6.000	10+100	347,00	1,60	-16,58	99,49	49,75	0,21
20	-	10+725,11	348,00	-	-	-	-	-

Tabel 5.13 Rekapitulasi STA dan Elevasi Titik Penting Alinyemen Vertikal

PV	Elv. PPV (m)	Sta. PVI (m)	Elv. PVC (m)	Sta. PVC (m)	Elv. PVT (m)	Sta. PVT (m)
0	-	0+000	-	-	-	-
1	267,77	0+250	267,80	0+221	268,04	0+279
2	272,50	0+800	272,21	0+766	272,89	0+834
3	286,00	1+475	284,99	1+424	285,14	1+526
4	288,71	2+350	288,52	2+290	289,90	2+410
5	296,75	2+700	295,85	2+661	296,24	2+739
6	302,00	3+225	301,93	3+218	301,98	3+233
7	308,00	4+025	307,75	3+992	307,63	4+058
8	306,73	4+375	306,99	4+304	308,41	4+446
9	311,22	4+600	310,12	4+545	310,22	4+655
10	312,17	5+150	312,13	5+130	312,30	5+170
11	320,00	6+100	319,70	6+064	319,56	6+136
12	318,00	6+625	318,11	6+596	318,28	6+654
13	322,50	7+400	322,38	7+380	322,36	7+420
14	322,00	7+925	322,03	7+891	322,39	7+959
15	327,25	8+425	326,97	8+399	327,02	8+452
16	327,88	8+800	327,78	8+742	329,00	8+858
17	341,00	9+425	339,84	9+370	339,97	9+481
18	342,00	9+825	341,89	9+778	342,74	9+872
19	347,00	10+100	346,10	10+050	346,18	10+150

5.3.6 Koordinasi Jalan

Kontrol desain pada koordinasi jalan dilakukan setiap alinyemen horisontal. Gambar untuk koordinasi jalan dapat dilihat pada Lampiran 10. Tabel 5.14 berikut merupakan rekapitulasi dari koordinasi jalan.

Tabel 5.14 Rekapitulasi Koordinasi Jalan

Horisontal	Tipe Lengkung Horisontal	Tipe Lengkung Vertikal
PI-01	Cekung	Cekung
PI-02	Cekung	Tanjakan
PI-03	Cembung	Cembung
PI-04	Cembung	Cembung
PI-05	Cembung	Tanjakan
PI-06	Cembung	Cembung
PI-07	Cekung	Turunan
PI-08	Cekung	Cekung
PI-09	Cembung	Cembung
PI-10	Cembung	Tanjakan
PI-11	Cekung	Cekung
PI-12	Cembung	Cembung
PI-13	Cekung	Datar

5.4 Perancangan Konstruksi Jalan Rel

Sebagai upaya untuk mencapai kriteria jalan kereta api yang baik, aman, nyaman, serta ekonomis, maka persyaratan konstruksi harus sedemikian rupa dirancang dan dipenuhi sesuai dengan ketentuan yang berlaku saat ini yaitu PM Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012. Komponen konstruksi jalan kereta api yang akan dirancang yaitu rel, penambat, bantalan, balas, dan sub-balas.

5.4.1 Rel

Sesuai dengan kriteria desain yang telah ditetapkan yaitu kelas jalan rel 5, maka digunakan Rel tipe 42 (R.42). R.42 memiliki *properties* sebagai berikut.

Berat rel (W)	= 42,18 kg/m.
Modulus Elastisitas (E)	= $2,1 \times 10^6$ kg/cm ² .
Tegangan ijin rel (σ)	= 2.000 kg/cm ² .

Modulus elastis konstruksi tubuh jalan rel (k) = 180 kg/cm².

Tahanan momen dasar = 200 cm³.

R.42 dapat digunakan apabila tegangan yang terjadi di dasar rel lebih kecil daripada tegangan ijin. Berikut adalah analisis tegangan yang terjadi padarel tipe R.42 dalam menahan beban.

1. Kecepatan rencana

Perhitungan kecepatan rencana untuk perancangan struktur digunakan Persamaan 3.1. Diketahui V_r maks yaitu 80 km/jam.

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

$$V_r \text{ rencana} = 1,25 \times 80$$

$$V_r \text{ rencana} = 100 \text{ km/jam}$$

2. Beban pada roda (P_s)

Perhitungan beban pada roda sesuai dengan Persamaan 3.26 sebagai berikut.

$$P_s = \frac{1}{2} \times P_g$$

$$P_s = \frac{1}{2} \times 12,07$$

$$P_s = 6,0325 \text{ ton}$$

$$P_s = 6.032,5 \text{ kg}$$

3. Beban dinamis (P_d)

Beban dinamis dihitung berdasarkan Persamaan 3.23 dan Persamaan 3.27 sebagai berikut.

$$P_d = P_s + (1 + 0,01 \times (V_{\text{maks}}/1,609) - 5)$$

$$P_d = 6.032,5 + (1 + 0,01 \times (100/1,609) - 5)$$

$$P_d = 9.4810,10 \text{ kg}$$

4. *Dumping factor* (λ)

Faktor reduksi menggunakan Persamaan 3.31 sebagai berikut.

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{180}{4 \times 2,1 \times 10^6 \times 1.369}}$$

$$\lambda = 0.01119$$

5. Momen

KRDE memiliki 4 roda yang termasuk BB. Adanya reduksi karena pengaruh superposisi gandar dan konfigurasi gandar maka momen perhitungan momen sesuai Persamaan 3.28 sebagai berikut.

$$M = 0,75 \times \frac{P}{4\lambda}$$

$$M = 0,75 \times \frac{9.480,10}{4 \times 0,01119}$$

$$M = 173.747,77 \text{ kg}$$

6. Tegangan ijin kelas jalan rel

Persamaan 3.32 digunakan untuk menghitung tegangan ijin kelas jalan rel.

$$\sigma_x = \frac{173.747,77 \times 6,85}{1.369}$$

$$\sigma_x = 869,37 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{ijin} = 2.000 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{OK!}$$

7. Tegangan pada dasar jalan rel

Persamaan 3.33 untuk meninjau tegangan yang terjadi pada dasar jalan rel.

$$S_{base} = \frac{173.747,77}{200}$$

$$S_{base} = 869,37 \text{ kg/cm}^2 < 1.343,5 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{OK!}$$

Tegangan yang terjadi pada rel jauh di bawah batas maksimum tegangan lentur rel. Tegangan yang terjadi pada dasar rel juga memenuhi syarat. Maka tipe rel R.42 dapat digunakan.

Berdasarkan Lampiran 8, diperoleh suhu rata-rata sebesar yaitu 27 °C. Data perhitungan celah sambungan sebagaimana berikut.

$$E = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 = 2,1 \times 10^4 \text{ kg/mm}^2$$

$$A = 54,26 \text{ cm}^2$$

$$T = 50^\circ\text{C}$$

$$T_p = 27^\circ\text{C}$$

$$R = 450 \text{ kg/m}$$

Berikut perhitungan lebar celah pemasangan menggunakan Persamaan 3.49.

$$G = \frac{2,1 \times 10^4 \times 54,26 \times 2 \times (50-27)^2}{2 \times 450} + 2$$

$$G = \frac{7.233,29}{900}$$

$$G = 10,037 \text{ mm}$$

$$G = 11 \text{ mm}$$

5.4.2 Penambat

Penambat sesuai kelas jalan rel 5 menggunakan jenis penambat elastis tunggal. Pertimbangan utama dalam pemilihan penambat pada faktor besar gaya jepitnya. Gaya jepit diperlukan untuk menahan gaya khususnya lateral.

Model penambat yang dapat digunakan jenis elastis tunggal yaitu KA *clip* produksi PT. Pindad atau yang setara. Produksi penambat KA *clip* sesuai dengan spesifikasi SNI: 11-3677-1995 menghasilkan daya jepit 750-1300 kgf. Daya jepit tersebut memenuhi persyaratan komponen sesuai PM Nomor 60 Tahun 2012 dengan syarat 900-1100 kgf. Berikut penambat KA *clip* sebagaimana ditunjukkan Gambar 5.18.



Gambar 5.18 Penambat KA *Clip* Produksi PT. Pindad

5.4.3 Bantalan

Sesuai tabel 3.1 kelas jalan rel 5 bantalan menggunakan kayu/baja. Triwinanto (2017) mempertimbangkan penggunaan bantalan beton menggantikan kayu karena alasan ekonomis. Satu set harga bantalan kayu lebih mahal. Alasan lainnya yaitu ramah lingkungan dan juga ketersediaan kayu dengan spesifikasi yang ada semakin langka. Pertimbangan tersebut menjadi dasar usulan rancangan bantalan dengan material beton. Bantalan yang diusulkan merupakan produksi PT. WIKA Beton jenis N-67 atau yang setara. Bantalan tersebut didesain untuk jalur

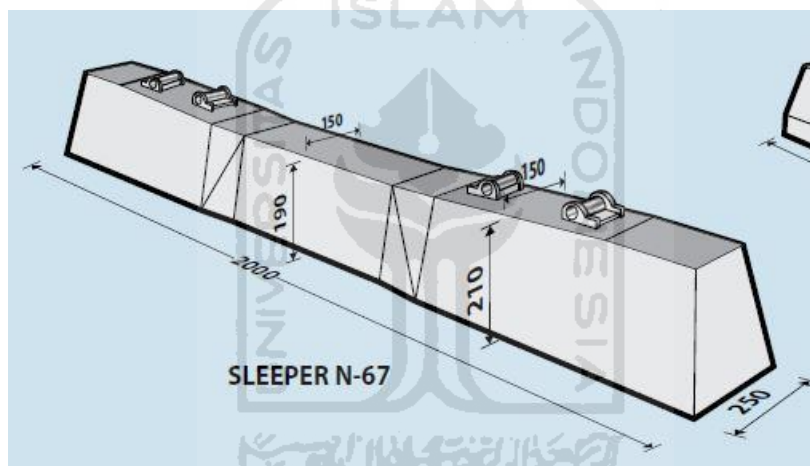
lebar 1067 mm, beban gandar 18 ton, dan kecepatan kereta 120 km/jam. Tegangan ijin bantalan beton tipe N-67 dapat dilihat pada Tabel 5.15 berikut.

Tabel 5.15 Spesifikasi Bantalan Beton Produk Wika Tipe N-67

Desain Bending Momen (kg.m)			
Momen di dudukan rel		Momen di tengah	
M+	M-	M+	M-
1500	750	660	930

Sumber : PT. WIKA Beton (2019)

Dimensi bantalan tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.19 sebagai berikut.



Gambar 5.19 Bantalan Beton N-67 Produksi Wika Beton

Sumber : PT. Wika Beton (2019)

Adapun spesifikasi dari bantalan tersebut diperoleh dari brosur PT. WIKA Beton terlampir pada Tabel 5.16 berikut.

Tabel 5.16 Dimensi Bantalan Beton Produk Wika Tipe N-67

Panjang (mm)	Tinggi (mm)		Lebar di dudukan (mm)		Lebar di Tengah (mm)	
	Dudukan rel	Tengah	Atas	Bawah	Atas	Bawah
2000	210	190	150	250	150	226

Sumber : PT. Wika Beton (2019)

Berdasar Tabel 5.15 dan Tabel 5.16, spesifikasi bantalan produksi wika tipe N-67 sudah memenuhi persyaratan PM Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012. Syarat yang terpenuhi merupakan syarat momen dan dimensi bantalan. Bantalan dipasang dengan jarak 60 cm sesuai Tabel 3.1. Pemasangan tersebut dihitung antar as bantalan.

Perhitungan analisis pembebanan bantalan terhadap beban kereta api aktual dilakukan sebagaimana berikut.

1. Data perhitungan pembebanan bantalan

$$Pd = 9.480,10 \text{ kg}$$

$$\text{Jarak bantalan (S)} = 60 \text{ cm}$$

$$\lambda_{rel} = 0,112 \text{ cm}^{-1}$$

$$f'_{cu} = 600 \text{ kg/cm}^2$$

2. Beban terdistribusi rel

Sesuai konsep pembebanan BoEF, beban terdistribusi rel dihitung dengan persamaan 3.35 dan Persamaan 3.36 berikut.

$$X1 = \frac{\pi}{4 \times 0,112}$$

$$X1 = 70,22 \text{ cm}$$

$$Q1 = 0,786 \times \frac{9.480,10 \times 60}{70,22}$$

$$Q1 = 6.367,14 \text{ kg}$$

$$\%Pd = \frac{6.367,14}{9.480,10} \times 100$$

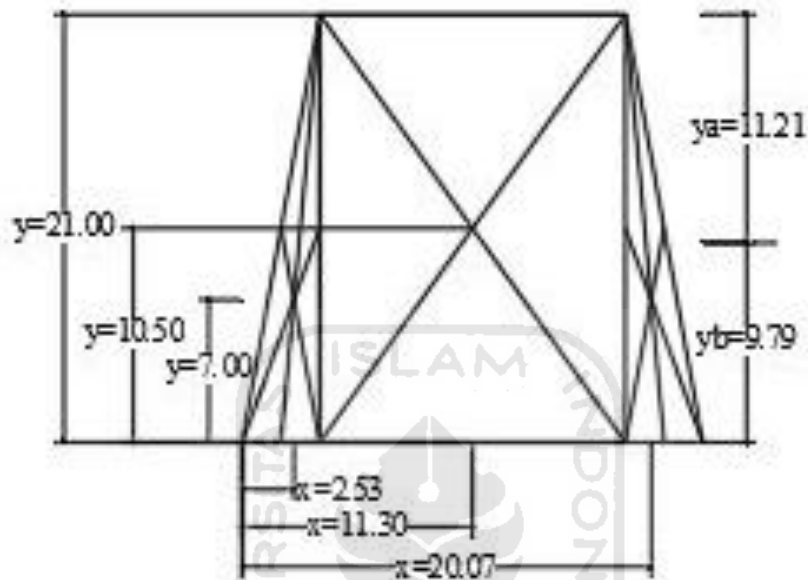
$$\%Pd = 67\%$$

3. Dimensi karakteristik penampang

Perhitungan analisis terbagi menjadi 2 posisi. Posisi di dudukan rel dan di tengah bantalan. Kedua posisi tinjauan tersebut memiliki perbedaan dimensi penampang sebagaimana ditunjukkan Tabel 5.16 dan Tabel 5.17. Karakteristik penampang yang dihitung yaitu: inersia arah x (I_x), garis netral sisi atas (Y_a) dan garis netral sisi bawah (Y_b).

Tabel 5.17 berikut merupakan rekapitulasi perhitungan karakteristik penampang dudukan rel.

Gambar 5.21 berikut merupakan karakteristik penampang di dudukan bantalan.



Gambar 5.21 Karakteristik Penampang di Tengah Bantalan

4. Modulus elastis bantalan beton

$$E = 6400 \times \sqrt{f'c}$$

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

$$E = 15.676,34 \text{ kg/cm}^2$$

5. *Dumping factor* (λ)

$$\text{Titik dudukan rel } (\lambda_1) = \sqrt[4]{\frac{180}{4 \times 1,56 \times 10^5 \times 14148,75}}$$

$$\lambda_1 = 0,01137 \text{ cm}^{-1}$$

$$\text{Titik tengah } (\lambda_2) = \sqrt[4]{\frac{180}{4 \times 1,56 \times 10^5 \times 13.531,35}}$$

$$\lambda_2 = 0,01296 \text{ cm}^{-1}$$

6. Fungsi trigonometrik dan hiperbolik

Data perhitungan fungsi trigonometrik dan hiperbolik sebagai berikut.

Diketahui:

$$\begin{aligned} L &= 200 \text{ cm,} \\ a &= 43 \text{ cm, dan} \\ c &= 57 \text{ cm.} \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan fungsi trigonometrik dan hiperbolik di titik dudukan rel sebagaimana Tabel 5.19 berikut.

Tabel 5.19 Fungsi Trigonometrik dan Hiperbolik Titik Dudukan Rel

Fungsi	Nilai	Fungsi	Nilai
$\sin \lambda L$	0,685	$\cos 2 \lambda c$	0,210
$\sinh \lambda L$	5,394	$\cos \lambda L$	-0,729
$\cosh \lambda a$	1,135	$\sinh \lambda c$	0,733
$\cosh 2 \lambda c$	2,075	$\sin \lambda c$	0,629
$\cosh \lambda L$	5,486	$\sin \lambda (L-c)$	0,991
$\cos \lambda a$	0,871	$\sinh \lambda (L-c)$	2,666
$\sinh \lambda 2 a$	1,218	$\cosh \lambda c$	1,240
$\sin \lambda 2 c$	0,978	$\cos \lambda (L-c)$	-0,136
$\sinh \lambda 2 c$	1,818	$\cos \lambda c$	0,778
$\sin 2 \lambda a$	0,856	$\cosh \lambda (L-c)$	2,848

Rekapitulasi perhitungan fungsi trigonometrik dan hiperbolik di titik tengah bantalan sebagaimana Tabel 5.20 berikut.

Tabel 5.20 Fungsi Trigonometrik dan Hiperbolik Titik Tengah Bantalan Rel

Fungsi	Nilai	Fungsi	Nilai
$\sin \lambda L$	0,665	$\cos 2 \lambda c$	0,195
$\sinh \lambda L$	5,543	$\cos \lambda L$	-0,747
$\cosh \lambda a$	1,138	$\sinh \lambda c$	0,743
$\cosh 2 \lambda c$	2,103	$\sin \lambda c$	0,634
$\cosh \lambda L$	5,632	$\sin \lambda (L-c)$	0,988
$\cos \lambda a$	0,868	$\sinh \lambda (L-c)$	2,721
$\sinh \lambda 2 a$	1,236	$\cosh \lambda c$	1,246
$\sin \lambda 2 c$	0,981	$\cos \lambda (L-c)$	-0,155
$\sinh \lambda 2 c$	1,850	$\cos \lambda c$	0,773
$\sin 2 \lambda a$	0,862	$\cosh \lambda (L-c)$	2,899

7. Momen di dudukan rel

Berikut momen di dudukan rel menggunakan Persamaan 3.16.

$$M = \frac{6.367,14}{4 \times 0,01193} \times \frac{1}{0,685+5,394} \times [2 \times 1,288^2 \times (0,210+ 5,486) -2 \times 0,758 (2,075 + (-0,729)) -1,218(0,978+ 5,394) - 0,856 \times (1,818 + 0,685)]$$

$$M = 5.9782,21 \text{ kg.cm}$$

$$M = 597,82 \text{ kg.m} < \text{Mijin} = 1.500 \text{ kg.m} \dots \text{OK}$$

8. Momen di tengah

Berikut momen di tengah bantalan menggunakan Persamaan 3.17.

$$M = \frac{6.367,14}{2 \times 0,01207} \times \frac{1}{0,665+5,543} \times [0,743 \times (0,634+0,998) + 0,634 \times (0,743+2,721) + 1,246 \times -0,155 - 0,773 \times 2,899]$$

$$M = -41.159,88 \text{ kg.cm}$$

$$M = -411,60 \text{ kg.m} < \text{Mijin} = -930 \text{ kg.m} \dots \text{OK}$$

5.4.4 Balas & Subbalas

Perancangan balas meliputi desain lapisan balas dan material penyusunnya. Secara umum desain lapisan balas terbagi menjadi 2 formasi lapisan yaitu balas dan subbalas. Lapisan atas (balas) terdiri dari material dengan spesifikasi yang baik dari bahan batu pecah yang keras dan bersudut. Sedangkan lapisan bawah (subbalas) terdiri dari material berupa kerikil halus, atau pasir kasar.

Persyaratan material penyusun balas harus sesuai persyaratan PM Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012 merujuk pada sub bab 3.7.4. Penggunaan bantalan beton perlu memperhatikan gradasi balas agar dicapai kinerja material yang baik. Karena karakteristik pembebanan bantalan beton berbeda dengan kayu dan baja. Bantalan beton memiliki berat hingga 5x dari berat bantalan baja. Konsekuensinya bantalan beton mempunyai pembebanan yang jauh lebih berat. Kelemahan bantalan beton lainnya yaitu kurangnya kelenturan terhadap peredaman getaran. Hal tersebut akan berdampak pada tingginya potensi pecah balas.

Dimensi balas dirancang sesuai dengan Tabel 3.12, maka didapatkan dimensi lapisan balas sebagaimana Tabel 5.21 berikut.

Tabel 5.21 Dimensi Lapisan Balas

d1 (cm)	b (cm)	c (cm)	k1 (cm)	d2 (cm)	e (cm)	k2 (cm)
25	135	210	240	15 – 35	20	300

Berikut perhitungan tekanan pada lapisan balas.

1. Asumsi koefisien balas (ke)

$$\text{ke balas} = 12 \text{ kg/cm}^3$$

$$\text{ke subbalas} = 9 \text{ kg/cm}^3$$

2. Modulus balas (k)

$$\text{k balas} = 12 \times 25$$

$$\text{k balas} = 300 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{k subbalas} = 9 \times 25$$

$$\text{k subbalas} = 225 \text{ kg/cm}^2$$

3. Faktor reduksi (λ)

Dihitung dengan Persamaan 3.31 sebagaimana berikut.

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{300}{4 \times 156.767,34 \times 14.148,75}}$$

$$\lambda = 0,01262 \text{ cm}^{-1}$$

4. Fungsi trigonometri dan hiperbolik

Nilai dari fungsi trigonometri dan hiperbolikus pembebanan balas sesuai Tabel 5.22 berikut.

Tabel 5.22 Fungsi Trigonometri dan Hiperbolikus Tekanan Balas

Fungsi	Nilai	Fungsi	Nilai
$\sin \lambda L$	0,579	$\cos 2 \lambda c$	0,157
$\sinh \lambda L$	6,198	$\cos \lambda L$	-0,815
$\cosh \lambda a$	1,158	$\sinh \lambda c$	0,767
$\cosh 2 \lambda c$	2,177	$\sin \lambda c$	0,649
$\cosh \lambda L$	6,278	$\sin \lambda (L-c)$	0,970
$\cos \lambda a$	0,850	$\sinh \lambda (L-c)$	2,996
$\sinh \lambda 2 a$	1,353	$\cosh \lambda c$	1,260
$\sin \lambda 2 c$	0,988	$\cos \lambda (L-c)$	-0,244
$\sinh \lambda 2 c$	1,933	$\cos \lambda c$	0,761
$\sin 2 \lambda a$	0,896	$\cosh \lambda (L-c)$	3,159

5. Lendutan maksimum (y)

$$y = \frac{9.480,10 \times 0,01262}{2 \times 300} \times \frac{1}{0,579+6,198} \times [2 \times 1,158^2 (0,157+6,278) - 2 \times 0,850^2 (2,177+(-0,815)) - 1,353(0,988 + 6,198) - 0,896(1,933+0,579)]$$

$$y = 0,323 \text{ cm.}$$

6. Tekanan pada lapisan balas

$$\sigma_1 = 12 \times 0,323$$

$$\sigma_1 = 3,871 \text{ kg/cm}^2$$

Jika dirancang lapisan balas dengan tebal (d_1) = 25 cm dan tebal subbalas (d_2) = 35 cm. Terdapat perbedaan nilai modulus material lapisan balas dan sub alas. Maka tebal ekuivalen (H_e) sesuai Persamaan 3.46 sebagai berikut.

$$H_e = 0,9 \times \left(25 \times \sqrt[3]{\frac{300}{100}} + 25 \times \sqrt[3]{\frac{225}{100}} \right)$$

$$H_e = 61,93 \text{ cm}$$

Tegangan pada lapisan subgrade (σ_2) dihitung dengan Persamaan 3.45 sebagai berikut.

$$\sigma_2 = \frac{58 \times 3,871}{10 + 61,93^{1,35}}$$

$$\sigma_2 = 0,82 \text{ kg/cm}^2.$$

5.4.5 Tanah Dasar

Persyaratan konstruksi tanah dasar yaitu nilai *California Bearing Ratio* (CBR). Nilai *CBR* diambil dari penelitian Tugas Akhir Berdikaryo (2015). Hasil nilai *CBR* laboratorium diperoleh nilai *CBR* untuk tiap perbandingan campuran dapat dilihat pada Tabel 5.23 berikut.

Tabel 5.23 Hasil Pengujian *CBR* Tiap Perbandingan Campuran

Nomor Sampel	Perbandingan Campuran	CBR (%)
1.	1+2	36,7
2.	1+3	40,0
3.	1+4	36,7
4.	2+3	36,3

Lanjutan Tabel 5.23 Hasil Pengujian CBR Tiap Perbandingan Campuran

Nomor Sampel	Perbandingan Campuran	CBR (%)
5.	2+4	35,6
6.	3+4	35,0

Sumber : Berdikaryo (2015)

Nilai dari beberapa *job mixing* tanah gumuk di Kecamatan Kalisat menunjukkan bahwa tanah asli memenuhi syarat tanah dasar sesuai dengan PM Nomor 60 Tahun 2012 sebesar 8%.

5.4.6 Volume Komponen Konstruksi

Volume komponen konstruksi berupa balas dan subbalas, galian dan timbunan diperoleh dari *report Civil 3D* sebagaimana Lampiran 11. Perhitungan rel, bantalan dan penambat secara manual. Berikut perhitungan volume rel, bantalan dan penambat.

$$\begin{aligned}
 \Sigma L \text{ jalan rel} &= 10.723,87 \text{ m} \\
 \text{Volume rel} &= 10.723,87 \times 2 \\
 \text{Volume rel} &= 21.447,74 \text{ meter} \\
 \text{Volume bantalan} &= \frac{\Sigma L_{rel}}{s} \\
 \text{Volume bantalan} &= \frac{10.723,87}{0,60} \\
 \text{Volume bantalan} &= 17.873,12 = 17.873 \text{ buah} \\
 \text{Volume penambat} &= 2 \times 17.873 = 35.746 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

5.5 Perancangan Saluran Samping

5.5.1 Analisis Hidrologi

Perhitungan desain saluran samping dimulai dengan analisis hidrologi. Analisis hidrologi dilakukan dengan pengujian distribusi. Uji distribusi dilakukan dengan 4 metode yaitu normal, log normal, log person III, dan gumbel. Berikut uraian perhitungan analisis hidrologi.

1. Curah hujan maksimum harian per tahun

Berikut Tabel 5.24 merupakan data curah hujan maksimum harian per tahun (mm) yang diperoleh dari Lampiran 3.

Tabel 5.24 Data Curah Hujan Maksimal Harian Per Tahun

Tahun	Xi (mm)
2008	102,50
2009	124,75
2010	131,25
2011	121,00
2012	128,25
2013	132,50
2017	182,25
2015	95,25
2016	97,75
2017	97,50
Jumlah	1.213,00

Hujan rata-rata harian per tahun adalah jumlah curah hujan maksimal harian per tahun dibagi dengan jumlah data. Sehingga perhitungannya sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\bar{X} &= \frac{\sum X_i}{n} \\ \bar{X} &= \frac{1.213,00}{10} \\ \bar{X} &= 121,30 \text{ mm.}\end{aligned}$$

2. Distribusi curah hujan

Penentuan metode ditentukan oleh nilai parameter statistik berupa koefisien variasi (cv), standar deviasi (Sd), faktor kemencengan (cs), dan faktor kurtosis (ck). Adapun contoh perhitungan parameter statistik yang dimulai dengan nilai hujan harian tahun 2008 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{a. } X_i &= 102,500 \text{ mm} \\ \text{b. } X_i - \bar{X} &= 102,500 - 121,300 \\ X_i - \bar{X} &= -18,800 \\ \text{c. } (X_i - \bar{X})^2 &= -18,802 \\ (X_i - \bar{X})^2 &= -353,440 \\ \text{d. } (X_i - \bar{X})^3 &= -18,803\end{aligned}$$

$$(X_i - \bar{X})^3 = -6.644,672$$

e. $(X_i - \bar{X})^4 = -18,804$

$$(X_i - \bar{X})^4 = 124.919,834$$

Perhitungan dengan cara yang sama, maka diperoleh rekapitulasi perhitungan parameter statistik dari tahun 2008 – 2017 sebagaimana Tabel 5.25 berikut.

Tabel 5.25 Rekapitulasi Parameter Statistik

Tahun	X_i	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$	$(X_i - \bar{X})^4$
2008	102,50	-18,800	353,440	-6.644,672	124.920,834
2009	124,75	3,450	11,903	41,064	141,670
2010	131,25	9,950	99,003	985,075	9.801,495
2011	121,00	-0,300	0,090	-0,027	0,008
2012	128,25	6,950	48,303	335,702	2.333,132
2013	132,50	11,200	125,440	1.404,928	15.735,194
2017	182,25	60,950	3.714,903	22.6423,307	1,4E+07
2015	95,25	-26,050	678,603	-17.678,595	460.501,353
2016	97,75	-23,550	554,603	-13.061,889	307.584,933
2017	97,50	-23,800	566,440	-13.481,272	320.854,274
Jumlah		2,84217E-14	6.152,725	178.325,621	1,5E+07

Data berikutnya untuk melengkapi perhitungan nilai parameter statistik yaitu sebagai berikut.

a. Rata-rata (\bar{X})

$$\bar{X} = 121,30 \text{ mm}$$

b. Standar deviasi (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(X_i - X_{rata-rata})^2}{n-1}}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{6152,725}{10-1}}$$

$$Sd = 26,146$$

c. Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{Sd}{X_{rata-rata}}$$

$$Cv = \frac{26,146}{121,30}$$

$$Cv = 0,216$$

d. Koefisien kemencengan (Cs)

$$Cs = \frac{n}{(n-1)x(n-2)} x \frac{\sum(Xi-\bar{X})^3}{Sd^3}$$

$$Cs = \frac{10}{(10-1)x(10-2)} x \frac{178325,621}{26,15^3}$$

$$Cs = 1,386$$

e. Koefisien Kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{n^2}{(n-1)x(n-2)x(n-3)} x \frac{\sum(Xi-\bar{X})^4}{Sd^4}$$

$$Ck = \frac{10^2}{(10-1)x(10-2)x(10-3)} x \frac{15042371,475}{26,15^4}$$

$$Ck = 6,386$$

Hasil perhitungan parameter statistik distribusi curah hujan dapat dilihat pada Tabel 5.26 berikut.

Tabel 5.26 Parameter Statistik Normal

Parameter	Nilai
Mean (\bar{X})	121,300
Standar Deviasi (Sd)	26,116
Koef. Variasi (Cv)	0,216
Koef. Skewness (Cs)	1,386
Koef. Kurtosis (Ck)	6,386

Perhitungan parameter statistik untuk distribusi hujan tipe log normal dan pearson III dilakukan dengan tendensi sentral logaritmik. Adapun contoh perhitungan parameter statistik dimulai dengan nilai hujan harian pada tahun 2008 sebagai berikut:

- a. $X_i = 102,50$ mm
- b. $\log X_i = \log(102,50)$
 $\log X_i = 2,011$
- c. $\log X_i - \log \bar{X} = 2,011 - \log(125,30)$
 $\log X_i - \log \bar{X} = -0,073$
- d. $(\log X_i - \log \bar{X})^2 = -0,073^2$
 $(\log X_i - \log \bar{X})^2 = 0,0053$

$$e. (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^3 = -0,073^3$$

$$(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^3 = -0,00039$$

$$f. (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^4 = -0,073^4$$

$$(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^4 = 0,000029$$

Rekapitulasi perhitungan parameter statistik dari tahun 2008 – 2017 sebagaimana Tabel 5.27 di bawah ini.

Tabel 5.27 Rekapitulasi Parameter Statistik

Tahun	Log (Xi)	Log Xi – Log \bar{X}	(Log Xi – Log \bar{X}) ²	(Log Xi – Log \bar{X}) ³	(Log Xi – Log \bar{X}) ⁴
2008	2,323	0,216	0,0468	0,01013	0,00219
2009	2,096	-0,011	0,00012	0,00000	0,00000
2010	2,118	0,011	0,00013	0,00000	0,00000
2011	2,083	-0,024	0,00058	-0,00001	0,00000
2012	2,108	0,001	0,000	0,00000	0,00000
2013	2,122	0,015	0,00023	0,00000	0,00000
2017	2,261	0,154	0,02364	0,00364	0,00056
2015	1,979	-0,128	0,01640	-0,00210	0,00027
2016	1,990	-0,117	0,01364	-0,00159	0,00019
2017	1,989	-0,118	0,01390	-0,00164	0,00019
Jumlah	21,069	0,000	0,11544	0,00842	0,00340

Data berikutnya untuk melengkapi perhitungan nilai parameter statistik yaitu sebagai berikut.

a. Mean (\bar{X})

$$\bar{X} = \frac{\log X_i}{n}$$

$$\bar{X} = \frac{21,069}{10}$$

$$\bar{X} = 2,107$$

b. Standar deviasi (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{0,115}{10-1}}$$

$$Sd = 0,113$$

c. Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{X}}$$

$$Cv = \frac{0,113}{121,30}$$

$$Cv = 0,001$$

d. Koefisien kemencengan (Cs)

$$Cs = \frac{n}{(n-1)x(n-2)} \times \frac{\sum(\log Xi - \log \bar{X})^3}{Sd^3}$$

$$Cs = \frac{10}{(10-1)x(10-2)} \times \frac{0,00842}{0,113^3}$$

$$Cs = 0,805$$

e. Koefisien Kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{n^2}{(n-1)x(n-2)x(n-3)} \times \frac{\sum(\log Xi - \log \bar{X})^4}{Sd^4}$$

$$Ck = \frac{10^2}{(10-1)x(10-2)x(10-3)} \times \frac{0,0034}{0,113^4}$$

$$Ck = 4,098$$

Hasil perhitungan parameter statistik distribusi curah hujan dapat dilihat pada Tabel 5.28 berikut.

Tabel 5.28 Parameter Staistik Logaritmik

Parameter	Nilai
Standar Deviasi (Sd)	0,113
Koef. Varias (Cv)	0,001
Koef. Skewness (Cs)	0,805
Koef. Kurtois (Ck)	4,098

3. Curah hujan rancangan

Adapun syarat dari masing-masing metode sebaran pada Tabel 5.29 berikut.

Tabel 5.29 Syarat Penggunaan Jenis Sebaran

Jenis Distribusi	Syarat		Hasil Perhitungan	Kriteria
	Cs	Ck		
Normal	$Cs \approx 0$	$Ck \approx 3$	$Cs=1,3856$ $Ck=6,3861$	Tidak memenuhi
Gumbel	$Cs \leq 1,1396$	$Ck \leq 5,4002$		Tidak memenuhi
Log Normal	$Cs \approx 3Cv + Cv^3$	$Cv \approx 0$	$Cs=0,805$ $Ck=4,098$	Tidak memenuhi
Log Pearson III	Selain nilai syarat-syarat diatas		$Cv=0,01$	Memenuhi

Sesuai Tabel 5.29, metode yang memenuhi persyaratan hanya log pearson III. Perhitungan hujan rancangan menggunakan metode log pearson III dengan kala ulang 5 Tahun sebagai berikut.

a. Diketahui:

$$S_d = 0,113, \text{ dan}$$

$$C_s = 0,805.$$

b. Nilai k didapat dengan interpolasi pada nilai $C_s = 0,805$ sebagaimana perhitungan berikut.

$$\frac{0,805 - 0,8}{1 - 0,8} = \frac{X - 0,78}{0,758 - 0,780}$$

$$\frac{0,005}{0,2} = \frac{X - 0,78}{0,022}$$

$$X = 0,779$$

$$\text{Log } X_t = 2,107 + (0,779 \times 0,113)$$

$$\text{Log } X_t = 2,195$$

$$X_t = 10^{2,195}$$

$$X_t = 156,744 \text{ mm}$$

Perhitungan debit dengan rumus rasional memerlukan data pendukung berupa hujan rencana, panjang tiap saluran, elevasi saluran, lebar *catchment*, luas *catchment*, tata guna lahan, dan waktu limpasan. Panjang tiap saluran diambil dari

1 fase alinyemen vertikal sesuai Tabel 5.12. Sehingga panjang saluran merupakan jarak antar station PVI.

Elevasi saluran dihitung berdasarkan elevasi rencana dikurangi tinggi konstruksi. Ketinggian konstruksi dihitung dari kepala rel hingga elevasi terbawah dari subbalas. Ketinggian konstruksi kelas jalan rel 5 sebagaimana Lampiran 6 yaitu 0,85 meter dengan uraian sebagai berikut.

Tinggi rel = 138 mm = 0,14 m.

Tinggi balas = 0,46 m.

Tinggi subbalas = 0,25 m.

Elevasi saluran sebagaimana Tabel 5.30 berikut.

Tabel 5.30 Rekapitulasi Elevasi Saluran Samping

PVI	Elevasi (m)	PVI	Elevasi (m)
0	0,85	11	311,32
1	267,15	12	319,15
2	266,92	13	317,15
3	271,65	14	321,65
4	285,15	15	321,15
5	287,85	16	326,40
6	295,90	17	327,03
7	301,15	18	340,15
8	307,15	19	341,15
9	305,87	20	346,15
10	310,37		

Lebar dari *catchment* diasumsikan sebesar ± 100 meter dihitung tegak lurus saluran. Batas *catchment* diplot di *google earth* untuk mendapatkan elevasi dan luas dari *catchment*. Tabel 5.31 berikut merupakan elevasi dari batas *catchment* pada sisi kiri jalan rel.

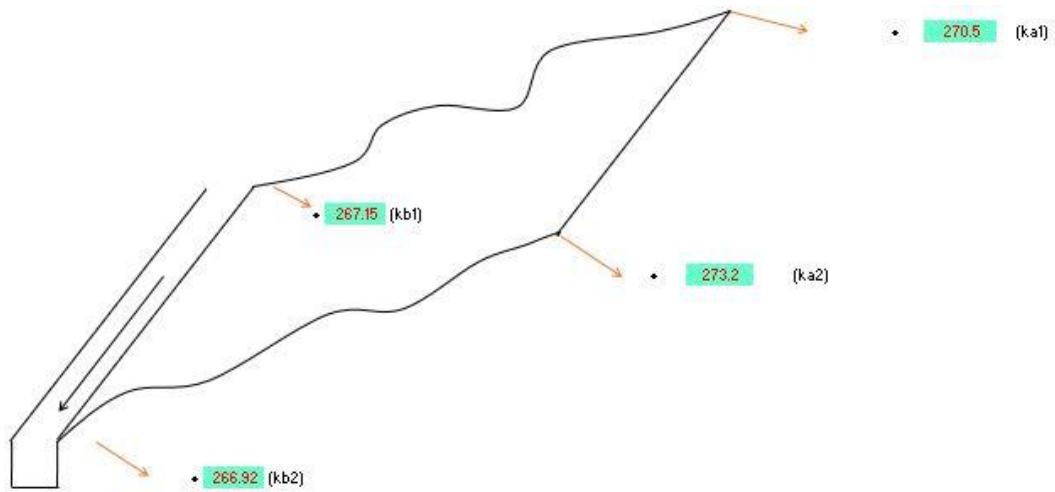
Tabel 5.31 Rekapitulasi Elevasi Batas *Catchment* Sisi Kiri Jalan

Sisi Kiri Jalan		Sisi Kanan Jalan	
PVI	Elevasi (m)	PVI	Elevasi (m)
0	270,50	0	268,12
1	273,20	1	266,80

Lanjutan Tabel 5.31 Rekapitulasi Elevasi Batas *Catchment* Sisi Kiri Jalan

Sisi Kiri Jalan		Sisi Kanan Jalan	
PVI	Elevasi (m)	PVI	Elevasi (m)
2	276,75	2	270,75
3	279,50	3	275,40
4	291,80	4	295,15
5	295,75	5	296,93
6	301,20	6	305,32
7	305,60	7	311,73
8	302,10	8	307,29
9	325,00	9	322,00
10	311,75	10	316,99
11	323,25	11	321,82
12	316,78	12	321,60
13	322,50	13	323,89
14	319,80	14	324,58
15	321,60	15	327,00
16	326,60	16	329,32
17	340,40	17	364,60
18	340,00	18	345,93
19	341,30	19	347,90
20	348,40	20	351,22

Badan jalan timbunan dan galian mempengaruhi debit aliran yang terjadi. Kondisi konstruksi timbunan menyebabkan aliran air hanya berasal dari badan jalan, sedangkan pada galian debit aliran dipengaruhi oleh sisi lereng. Maka perhitungan *catchment* lereng bergantung oleh kemiringan lereng. Nilai negatif kemiringan lereng menandakan *catchment* lereng tidak dibutuhkan. Gambar 5.22 berikut merupakan sketsa *catchment* lereng di sisi kiri saluran 1 jalan rel.



Gambar 5.22 Sketsa *Catchment* Lereng di Sisi Kiri Saluran 1 Jalan Rel

Berikut contoh perhitungan kemiringan lereng pada saluran 1.

1. Diketahui

$$\text{Elv. Ka1} = 270,5 \text{ m}$$

$$\text{Elv. Kb1} = 267,15 \text{ m}$$

$$\text{Elv. Ka2} = 273,2 \text{ m}$$

$$\text{Elv. Kb2} = 266,92 \text{ m}$$

$$L1 = L2 = 97,60 \text{ m}$$

$$2. S1 = \frac{(\text{Elv. ka1} - \text{Elv. kb1})}{L2}$$

$$S1 = \frac{270,5 - 267,15}{97,60}$$

$$S1 = 3,43 \%$$

$$3. S2 = \frac{(\text{Elv. ka2} - \text{Elv. kb2})}{L2}$$

$$S2 = \frac{273,2 - 266,92}{97,60}$$

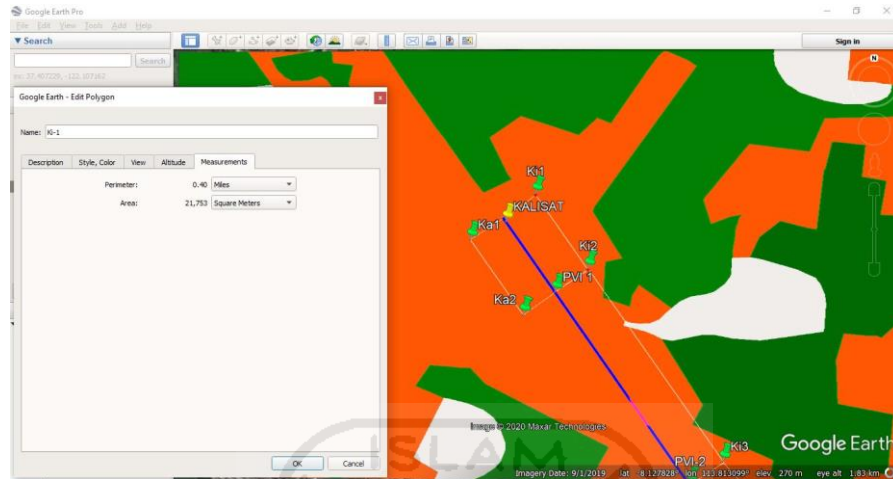
$$S2 = 6,43 \%$$

$$4. \text{Stebing} = \frac{3,43 + 6,43}{2}$$

$$\text{Stebing} = 4,93 \%$$

Luas *catchment* terbagi menjadi 3 kategori sesuai jenis tata guna lahannya yaitu pemukiman, persawahan, dan ladang atau kebun. Luas *catchment* tidak perlu

dihitung jika elevasi lereng lebih rendah dari elevasi saluran. Gambar 5.23 berikut merupakan contoh luas *catchment* saluran 1 sisi kiri jalan rel.



Gambar 5.23 Luas *Catchment* Sisi Kiri Saluran 1 Jalan Rel

Perbedaan tata guna lahan sebagaimana Gambar 5.23. Warna oranye merupakan daerah pemukiman. Warna hijau adalah persawahan. Warna putih adalah ladang atau kebun. Adanya perbedaan tata guna lahan, maka dihitung koefisien limpasan desain menggunakan Persamaan 3.47.

Berikut merupakan perhitungan koefisien limpasan pakai saluran 1 sisi kiri jalan rel.

1. Diketahui

$$\text{Panjang jalan} = 250 \text{ m.}$$

$$\text{Lebar } \frac{1}{2} \text{ jalan} = 2,4 \text{ m.}$$

$$\text{Luas pemukiman} = 21.753 \text{ m}^2.$$

$$\text{Koefisien badan jalan} = 0,5$$

$$\text{Koefisien pemukiman} = 0,6$$

2. Abadan jalan = $2,4 \times 250$

$$\text{Abadan jalan} = 600 \text{ m}^2.$$

3. A total = $600 + 21.753$

$$\text{A total} = 22.353 \text{ m}^2$$

4. Koefisien pakai = $\left(0,5 \times \frac{600}{22,353}\right) + \left(0,6 \times \frac{21,555}{22,353}\right)$

Koefisien pakai = 0,597.

Contoh perhitungan waktu konsentrasi saluran 1 sisi kiri jalan sebagai berikut.

$$t_c = \left(0,0195 \frac{250,00}{\sqrt{0,09\%}} \right)^{0,77}$$

$$t_c = 49,88 \text{ menit}$$

$$t_c = 0,833 \text{ jam}$$

Intensitas hujan dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.48 sebagaimana contoh saluran 1 sisi kiri jalan rel berikut ini.

$$I = \frac{156,74}{24} \times \frac{24}{0,833}^{\frac{2}{3}}$$

$$I = 61,390 \text{ mm/jam}$$

Berdasarkan nilai diatas, berikut contoh perhitungan debit aliran saluran 1 sisi kiri jalan dengan Persamaan 3.46.

$$Q = 0,597 \times 61,390 \times 22.353$$

$$Q = 819,670 \text{ m}^3/\text{jam.}$$

$$Q = 0,228 \text{ m}^3/\text{det.}$$

Berikut merupakan rekpitulasi perhitungan debit aliran yang ditunjukkan Tabel 5.32 untuk sisi kiri jalan dan Tabel 5.33 untuk sisi kanan jalan.

Tabel 5.32 Rekapitulasi Perhitungan Debit Aliran Saluran Sisi Kiri Jalan

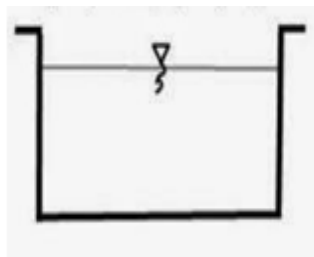
Kode Saluran	L (m)	Ssal	Steb	A1 (m ²)	A2 (m ²)	A3 (m ²)	A4 (m ²)	C	Tc (jam)	I (mm/jam)	Q (m ³ /dt)
S-1	250	-0,09	4,93	600,00	21.753,00	0,00	0,00	0,597	0,833	61,390	0,228
S-2	550	0,86	5,83	1.320,00	57.857,00	0,00	0,00	0,598	0,646	72,689	0,714
S-3	675	2,00	-0,28	1.620,00	35.590,00	31.529,00	0,00	0,529	0,547	81,263	0,018
S-4	875	0,31	-0,87	2.100,00	0,00	0,00	0,00	0,500	1,371	44,026	0,013
S-5	350	2,30	1,94	840,00	0,00	34.205,00	0,00	0,451	0,312	118,003	0,518
S-6	525	1,00	-0,05	1.260,00	0,00	0,00	0,00	0,500	0,588	77,385	0,014
S-7	800	0,75	2,30	1.920,00	34.512,00	25.339,00	4.741,00	0,535	0,909	57,901	0,532
S-8	350	-0,37	-2,73	840,00	0,00	0,00	0,00	0,500	0,634	73,607	0,009
S-9	225	2,00	5,56	540,00	0,00	0,00	0,00	0,500	0,235	142,828	0,011
S-10	550	0,17	7,71	1.320,00	7.914,00	34.682,00	11.400,00	0,479	1,200	48,118	0,281
S-11	950	0,82	2,32	2.280,00	27.472,00	69.669,00	0,00	0,493	1,001	54,315	0,739
S-12	525	-0,38	1,91	1.260,00	2.283,00	47.810,00	0,00	0,458	0,853	60,406	0,395
S-13	775	0,58	0,24	1.860,00	0,00	0,00	0,00	0,500	0,979	55,110	0,014
S-14	525	-0,10	-0,26	1.260,00	23.807,00	25.801,00	0,00	0,521	1,455	42,320	0,007
S-15	500	1,05	-3,15	1.200,00	0,00	0,00	0,00	0,500	0,556	80,347	0,013
S-16	375	0,17	-2,68	900,00	0,00	0,00	0,00	0,500	0,905	58,069	0,007
S-17	625	2,10	-0,09	1.500,00	0,00	0,00	0,00	0,500	0,506	85,603	0,018
S-18	400	0,25	-0,46	960,00	17.742,00	16.094,00	4.819,00	0,528	0,814	62,338	0,008
S-19	275	1,82	-3,08	660,00	0,00	0,00	0,00	0,500	0,284	125,734	0,012
S-20	625,11	0,16	-1,85	1.500,26	0,00	0,00	0,00	0,500	1,363	44,203	0,009

Tabel 5.33 Rekapitulasi Perhitungan Debit Aliran Saluran Sisi Kanan Jalan

Kode Saluran	L (m)	Ssal	Steb	A1 (m ²)	A2 (m ²)	A3 (m ²)	A4 (m ²)	C	Tc (jam)	I (mm/jam)	Q (m ³ /dt)
S-1	250	-0,09	0,43	21.555,00	0,00	0,00	21.555,00	0,597	0,528	83,149	0,306
S-2	550	0,86	-0,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,500	0,646	72,689	0,013
S-3	675	2,00	-5,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,500	0,547	81,263	0,018
S-4	875	0,31	-1,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,500	1,371	44,026	0,013
S-5	350	2,30	4,27	4.102,00	30.925,00	0,00	4.102,00	0,468	0,312	118,003	0,551
S-6	525	1,00	2,66	7.048,00	44.408,00	0,00	7.048,00	0,471	0,588	77,385	0,534
S-7	800	0,75	7,55	18.632,00	36.961,00	23.317,00	18.632,00	0,500	0,909	57,901	0,463
S-8	350	-0,37	3,07	17.234,00	11.474,00	0,00	17.234,00	0,539	0,634	73,607	0,326
S-9	225	2,00	6,68	8.431,00	9.064,00	3.472,00	8.431,00	0,522	0,235	142,828	0,373
S-10	550	0,17	8,86	0,00	35.732,00	16.259,00	0,00	0,452	1,200	48,118	0,224
S-11	950	0,82	4,27	1.628,00	52.394,00	44.203,00	1.628,00	0,456	1,001	54,315	0,388
S-12	525	-0,38	3,65	2.000,00	34.865,00	17.852,00	2.000,00	0,460	0,853	60,406	0,294
S-13	775	0,58	3,43	8.452,00	59.260,00	3.340,00	8.452,00	0,470	0,979	55,110	0,500
S-14	525	-0,10	2,90	19.345,00	30.988,00	0,00	19.345,00	0,507	1,455	42,320	0,308
S-15	500	1,05	2,06	20.950,00	24.691,00	0,00	20.950,00	0,518	0,556	80,347	0,542
S-16	375	0,17	1,48	0,00	37.217,00	0,00	0,00	0,451	0,905	58,069	0,277
S-17	625	2,10	13,70	9.241,00	53.142,00	0,00	9.241,00	0,473	0,506	85,603	0,718
S-18	400	0,25	14,97	0,00	23.860,00	11.483,00	0,00	0,452	0,814	62,338	0,194
S-19	275	1,82	3,34	0,00	26.993,00	0,00	0,00	0,451	0,284	125,734	0,436
S-20	625,11	0,16	2,98	8.244,00	57.376,00	0,00	8.244,00	0,470	1,363	44,203	0,387

5.5.2 Analisis Hidrolika

Perhitungan penampang dilakukan dengan analisis hidrolika. Tipe saluran yang digunakan merupakan jenis terbuka dengan penampang persegi dan material beton pracetak sebagaimana Gambar 5.24.



Gambar 5.24 Penampang Saluran Terbuka Persegi Empat

Berikut contoh perhitungan pada Saluran-1 (S-1) sisi kiri jalan.

Diketahui:

Bentuk saluran : persegi empat

Material penyusun : beton pracetak

Kekasaran manning (n): 0.014

Digunakan desain bahwa $B = 1 \times H$. Trial $B=H= 0,6$ m. Maka analisis hidrolika dihitung dengan Persamaan 3.50 sampai Persamaan 3.54.

1. Luas basah (A):

$$A = H \times H$$

$$A = H^2$$

$$A = 0,6^2$$

$$A = 0,36 \text{ m}^2$$

2. Keliling basah saluran (P)

$$P = H + 2H$$

$$P = 3H$$

$$P = 3 \times 0,6$$

$$P = 1,8 \text{ m}$$

3. Radius hidraulik (R)

$$R = A / P$$

$$R = 0,36 / 1,8$$

$$R = 0,2$$

4. Kecepatan saluran (Vsal)

$$V_{sal} = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{sal} = \frac{1}{0,014} \times 0,2 \times 0,6^{\frac{2}{3}} \times 0,09\%^{\frac{1}{2}}$$

$$V = 0,74 \text{ m/det.}$$

5. Debit saluran

$$Q = A \times V_{sal}$$

$$Q_{sal} = 0,36 \times 0,74$$

$$Q_{sal} = 0,267 \text{ (m}^3\text{/det).}$$

6. Cek

$$Q_{sal} > Q_{in}$$

$$0,267 \text{ m}^3\text{/det} > 0,228 \text{ m}^3\text{/det} \dots \text{OK!!}$$

Rekapitulasi perhitungan dimensi, debit, dan kecepatan saluran pada sisi kiri jalan sebagaimana Tabel 5.34 berikut.

Tabel 5.34 Rekapitulasi Analisis Hidrolika Saluran

Saluran	Sisi Kiri				Sisi Kanan			
	B (m)	H (m)	Qsal (m ³ /det)	Vsal (m/det)	B (m)	H (m)	Qsal (m ³ /det)	Vsal (m/det)
S-1	0,6	0,6	0,543	0,854	0,6	0,6	0,306	1,553
S-2	0,6	0,6	1,065	3,194	0,2	0,2	0,013	1,742
S-3	0,2	0,2	0,941	1,758	0,2	0,2	0,018	2,656
S-4	0,2	0,2	0,545	2,870	0,2	0,2	0,013	1,043
S-5	0,5	0,5	0,431	1,217	0,5	0,5	0,551	4,016
S-6	0,2	0,2	0,561	2,904	0,5	0,5	0,534	2,648
S-7	0,6	0,6	1,043	2,339	0,5	0,5	0,463	2,293
S-8	0,2	0,2	0,023	0,790	0,5	0,5	0,326	1,601
S-9	0,2	0,2	0,228	0,860	0,4	0,4	0,373	3,444
S-10	0,6	0,6	0,714	2,629	0,5	0,5	0,224	1,099
S-11	0,6	0,6	0,106	2,656	0,5	0,5	0,388	2,404

Lanjutan Tabel 5.34 Rekapitulasi Analisis Hidrolika Saluran

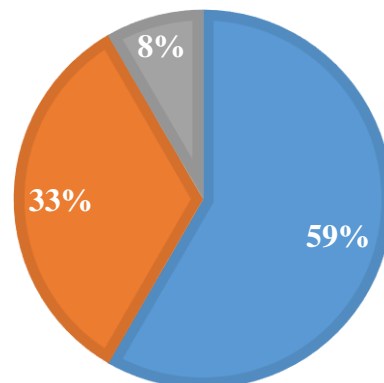
Saluran	Sisi Kiri				Sisi Kanan			
	B (m)	H (m)	Q (m ³ /det)	V (m/det)	B (m)	H (m)	Q (m ³ /det)	V (m/det)
S-12	0,6	0,6	0,013	1,043	0,5	0,5	0,294	1,634
S-13	0,2	0,2	0,518	4,016	0,6	0,6	0,500	2,160
S-14	0,2	0,2	0,014	1,878	0,7	0,7	0,308	0,927
S-15	0,2	0,2	0,532	2,455	0,5	0,5	0,542	2,713
S-16	0,2	0,2	0,009	1,136	0,6	0,6	0,277	1,158
S-17	0,2	0,2	0,011	2,656	0,5	0,5	0,718	3,837
S-18	0,2	0,2	0,281	1,177	0,5	0,5	0,194	1,324
S-19	0,2	0,2	0,739	2,574	0,5	0,5	0,436	3,570
S-20	0,2	0,2	0,395	1,750	0,7	0,7	0,387	1,202

5.6 Pembahasan

5.6.1 Hasil Evaluasi Jalan Rel Eksisting

Hasil evaluasi kondisi prasarana jalan rel eksisting ruas Stasiun Kalisat-Stasiun Sukowono disajikan pada Gambar 5.24.

■ Beralih fungsi / tertutup lahan ■ Rusak ■ Baik



Gambar 5.25 Diagram Hasil Pengamatan Kondisi Jalur Eksisting

Diagram hasil pengamatan sesuai Gambar 5.22 menunjukkan kondisi prasarana sebagian besar (59%) sudah beralih fungsi atau tertutup lahan, 33% dalam kondisi rusak, dan hanya 8% dalam kondisi baik. Kondisi beralih fungsi atau tertutup lahan berupa berdirinya pemukiman atau badan jalan rel tidak terlihat secara visual karena tertimbun tanah sekitar. Kondisi rusak yang diperoleh berupa kondisi komponen rel dalam keadaan aus, komponen penambat tidak lengkap, dan hanya terlihat permukaan bantalan kayu. Kondisi baik diperoleh di Stasiun Kalisat hingga jalur percabangan karena Stasiun tersebut masih aktif beroperasi. Hasil pengamatan sepanjang jalur menunjukkan secara umum kondisi rel hanya sebagian kecil yang terlihat, karena sudah tertimbun oleh tanah.

Faktor utama tertutupnya badan jalan oleh tanah yaitu minimnya perawatan semenjak jalur tersebut nonaktif. Namun sepanjang ruas pengamatan, inventarisasi PT. KAI Daop IX secara baik dilaksanakan dengan adanya patok kepemilikan tanah. Hal tersebut sangatlah bermanfaat dari aspek teknis serta sosial dalam rangka kegiatan reaktivasi karena akan minim pembebasan lahan.

Metode pengamatan pada penelitian ini sesuai dengan penelitian oleh Mughni (2018) yang menggunakan metode observasi. Penelitian sejenis oleh Anwar dan Arisandi (2013), menyimpulkan bahwa kondisi rel tertutup lahan dan hanya sebagian kecil yang terlihat. Penelitian terdahulu menyimpulkan bahwa evaluasi reaktivasi diperoleh kondisi jalan rel reaktivasi jalan rel eksisting cenderung menemui kendala yaitu sebagian besar badan jalan rel telah beralih fungsi.

Sesuai hasil survei yang dilakukan di sepanjang jalur kereta api eksisting dapat diidentifikasi komponen struktur atas jalan sebagaimana Tabel 5.35 berikut.

Tabel 5.35 Identifikasi Komponen Struktur Atas Jalan Rel Eksisting

No	Jenis Data	Eksisting
1.	Rel	R.25
2.	Penambat	Jenis kaku, tipe <i>skrew</i>
3.	Bantalan	Kayu dan baja

Berdasarkan klasifikasi jalan rel sesuai PM Perhubungan nomor 60 tahun 2012, spesifikasi minimum untuk komponen rel adalah tipe R.42, penambat adalah

jenis elastis tunggal, dan jenis bantalan adalah kayu atau baja. Hasil identifikasi kelas jalan rel eksisting tidak memenuhi persyaratan kelas jalan rel minimum sesuai PM Perhubungan nomor 60 tahun 2012. Sejalan dengan hasil pengamatan Anwar dan Arisandi (2013), bahwa tipe rel eksisting tidak sesuai dengan spesifikasi berdasarkan Peraturan Dasar PJKA nomor 10 tahun 1986. Ketidaksesuaian ini disebabkan karena komponen struktur eksisting jalan rel dibangun pada masa kolonial Belanda, yang didesain untuk dilalui jenis kereta api kuno dengan beban gandar lebih kecil dibandingkan peraturan yang berlaku saat ini. Konsekuensinya daya angkut meningkat sehingga membutuhkan peningkatan struktur jalan rel.

5.6.2 Hasil Usulan Kelas Jalan Rel

Berdasarkan Tabel 5.5 dan PM Perhubungan nomor 60 tahun 2012 diperoleh *passing tonnage* < 2,5 juta ton/tahun, sehingga kelas jalan rel termasuk jalan rel kelas 5. Sejalan dengan publikasi oleh Nugroho dkk. (2016) dan Jaya (2018), mengusulkan kelas jalan sesuai besar *passing tonnage* berdasar Permenhub No. 60 Tahun 2012.

Penentuan spesifikasi komponen konstruksi berdasar PM Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012. Jalan rel kelas 5 memiliki spesifikasi komponen konstruksi yang disajikan Tabel 5.36 berikut.

Tabel 5.36 Usulan Desain Konstruksi Reaktivasi Jalan Rel Kelas 5

Komponen	Usulan Desain	Keterangan
Jalan rel	R. 42	-
Penambat	Elastis tunggal	-
Bantalan	Baja/Kayu	Digunakan bantalan beton jarak 60 cm
Balas	Batu pecah	Dimensi lebar atas 270 cm, kemiringan 1: 2
Subbalas	Kerikil + pasir kasar	Dimensi lebar atas 420 cm, kemiringan 1 : 1,5

Perbandingan kondisi eksisting (Tabel 5.34) dengan usulan desain peningkatan kelas jalan rel (Tabel 5.35) menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan terhadap komponen konstruksi rel dan penambat. Rel tipe R.25 sudah

tidak lagi digunakan di Indonesia, dan penambat terbatas pada tipe elastis. Pertimbangan kemudahan dan efisiensi dalam pelaksanaan serta perawatan, maka jenis bantalan yang digunakan adalah beton tipe N-67 produksi dari PT. WIKA atau yang setara.

5.6.3 Hasil Usulan Desain Geometri Reaktivasi Jalan Rel

Usulan desain tikungan menggunakan tipe *spiral-circle-spiral* dengan 3 macam jari-jari sebesar 400 m, 500 m, dan 800 m. Peninggian jalan rel dirancang dengan peninggian normal sesuai besar jari-jari tikungan, yaitu sebesar 100 mm untuk radius 400 m, 80 mm untuk radius 500 m, dan 50 mm untuk radius 800m. Desain alinyemen vertikal harus memperhatikan kondisi topografi, syarat kelandaian maksimum, dan koordinasi jalan. Usulan kecepatan rencana sesuai kelas jalan rel adalah 80 km/jam. Usulan desain aliyemen vertikal menggunakan jari-jari sebesar 6.000 m. Hasil desain alinyemen vertikal menggunakan kelandaian maksimum sebesar 22,40%. Kelandaian tersebut memenuhi syarat landai penentu jalan rel kelas 5 yaitu 25%.

Hasil desain sesuai gambar potongan melintang pada Lampiran 12 membutuhkan rumija selebar 30 meter. Ketinggian galian maksimum dari elevasi tanah dasar sampai elevasi rencana sebesar 9,27 meter. Ketinggian timbunan maksimum dari elevasi tanah dasar sampai elevasi rencana mencapai 9,12 meter.

5.6.4 Hasil Usulan Desain Konstruksi Reaktivasi Jalan Rel

Analisis beban dinamik menggunakan berat gerbong terbesar yaitu 43,50 ton ditambah berat jumlah penumpang 1 gerbong, sehingga beban gandar aktual ditentukan sebesar 12,07 ton. Rekapitulasi hasil analisis perhitungan tegangan yang terjadi akibat beban dinamik kereta api jenis KRDE sesuai usulan peningkatan konstruksi disajikan pada Tabel 5.37 berikut.

Tabel 5.37 Rekapitulasi Hasil Analisis Tegangan Aktual

Komponen	Aktual	Ijin	Satuan
Kelas jalan rel	869,37	2.000,00	Kg/cm ²
Dasar jalan rel	869,37	1.343,50	Kg/cm ²

Lanjutan Tabel 5.37 Rekapitulasi Hasil Analisis Tegangan Aktual

Komponen	Aktual	Ijin	Satuan
Dudukan bantalan	597,82	1.500,00	Kg.cm
Tengah bantalan	-411,60	-930,00	Kg.cm
Balas	3,871	-	Kg/cm ²
<i>Subgrade</i>	0,82	8,34	Kg/cm ²

Berdasar analisis tegangan aktual terhadap usulan desain komponen struktur jalan rel memenuhi tegangan yang diijinkan, sehingga dapat disimpulkan bahwa usulan peningkatan kelas jalan rel memenuhi persyaratan komponen berdasar tegangan aktual. Hasil ini relevan dengan hasil analisis yang dipublikasikan oleh Wahab (2017), bahwa nilai tegangan pada rel eksisting mempunyai dimensi yang lebih kecil, sehingga beban yang terdistribusi ke bantalan menjadi besar. Akibatnya bantalan tidak dapat menahan momen yang terjadi. Penelitian tersebut merekomendasikan revitalisasi layak dilaksanakan pada tipe rel. Hasil serupa telah dipublikasikan Panjaitan dan Sembiring (2011), yang menyimpulkan meningkatkan komponen struktur rel eksisting karena tidak memenuhi tegangan ijin. Penelitian lain oleh Jaya (2018), menganjurkan untuk mengganti komponen rel sehingga memenuhi persyaratan operasional pelayanan jalan rel.

Tabel 5.38 berikut merupakan usulan komponen struktur reaktivasi jalan rel ruas Stasiun Kalisat-Stasiun Sukowono.

Tabel 5.38 Hasil Usulan Konstruksi Reaktivasi Jalan Rel

Komponen	Desain	Keterangan
Jalan rel	R. 42	-
Penambat	KA <i>clip</i>	Daya jepit 750-1300 kgf.
Bantalan	Beton	Lebar = 2000 mm. Momen di dudukan: +1500 dan -750. Momen di tengah: +930 dan -660.
Balas	Batu pecah	Tebal 25 cm. $\sigma_{min} = 3,871 \text{ kg/cm}^2$

Lanjutan Tabel 5.38 Hasil Usulan Konstruksi Reaktivasi Jalan Rel

Komponen	Desain	Keterangan
Subbalas	Kerikil + pasir kasar	Tebal 25 cm.
<i>Subgrade</i>	Tanah asli	CBR > 8% = 35% $\sigma_2 = 1,28 \text{ kg/cm}^2$
Saluran Samping	Beton pracetak	Dimensi B=H= 0,7 cm

Rekapitulasi volume komponen struktur jalan rel reaktivasi ruas Stasiun Kalisat–Stasiun Sukowono disajikan pada Tabel 5.39 berikut.

Tabel 5.39 Rekapitulasi Volume Komponen Struktur Jalan Rel

Komponen	Volume	Satuan
Rel	21.447,74	meter
Penambat	35.746,00	buah
Bantalan	17.873,00	buah
Balas	12.335,56	m ³
Subbalas	13.897,88	m ³
Galian	331.584,73	m ³
Timbunan	206.201,13	m ³

Diperoleh volume galian jauh lebih banyak. Hal tersebut dikarenakan bentuk geometri konstruksi berupa *berm* sehingga pada lokasi tebing yang curam akan mendapatkan volume galian yang besar.

5.6.5 Hasil Desain Saluran Samping

Hasil curah hujan rencana menggunakan distribusi *log pearson III* dengan kala ulang 5 tahun diperoleh sebesar 156,744 mm. Dimensi tipikal saluran ditentukan berdasarkan dimensi terbesar. Sehingga saluran sepanjang ruas Kalisat – Sukowono merupakan saluran tipikal dengan dimensi 70 x 70 cm.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, dan pembahasan yang telah diuraikan, maka diperoleh kesimpulan berikut.

1. Evaluasi kondisi prasarana jalan rel eksisting ruas Stasiun Kalisat – Stasiun Sukowono sepanjang 10,723 km menunjukkan sebagian besar (58%) tertutup lahan dan beralih fungsi, 34% dalam kondisi rusak, dan hanya 8% dalam kondisi baik. Hasil identifikasi komponen struktur jalan rel eksisting tidak memenuhi klasifikasi minimum kelas jalan rel sesuai PM Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012.
2. *Passing tonnage* diperoleh sebesar 898 ribu ton/tahun maka diusulkan jalan rel kelas 5.
3. Usulan alinyemen horisontal dirancang dengan tipe *spiral-circle-spiral* dengan 3 macam radius yaitu sebesar 400 m, 500 m, dan 800 m, jari-jari alinyemen vertikal sebesar 6.000 m, dengan kelandaian maksimum sebesar 22,40‰.
4. Usulkan komponen konstruksi sesuai dengan kelas jalan rel 5. Analisis tegangan aktual usulan komponen rel, bantalan, dan *subgrade* tanah asli dengan prinsip *beam of elastic foundation* (BoEF) memenuhi tegangan ijin.
5. Usulan rancangan saluran samping menggunakan material beton pracetak tipe *u-ditch* dengan dimensi 70 cm x 70 cm.

6.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan, maka penulis merekomendasikan beberapa saran sebagaimana berikut.

1. Merancang desain alternatif perkuatan tanah berupa *retaining wall* sehingga dapat memenuhi ketentuan lebar ruang milik jalan sesuai Peraturan Pemerintah Nomor 56 Tahun 2009.
2. Merancang prasarana kereta api pada bangunan stasiun, persinyalan, dan perlintasan sebidang.

3. Perlu penelitian lebih lanjut untuk menganalisis kelayakan investasi atau *benefit cost ratio*.



DAFTAR PUSTAKA

- Agustini, E.D. 2014. Proyeksi Kebutuhan Sarana Kereta Api dari dan ke Bandara Internasional Kualanamu di Provinsi Sumatera Utara. *Jurnal Penelitian Transportasi Darat*. Vol.16 No.2:71-80. Jakarta.
- Anwar, A. dan Arisandi, Y. 2013. Inventarisasi Jalan Rel Non Operasi Lintas Yogyakarta-Magelang-Temanggung. *Jurnal Penelitian Transportasi Darat*. Vol.15 No.4:183-196. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Bondowoso. 2020. *Kabupaten Bondowoso dalam Angka*. Penerbit BPS Kabupaten Bondowoso. Kabupaten Bondowoso.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Jember. 2020. *Kabupaten Jember dalam Angka*. Penerbit BPS Kabupaten Jember. Kabupaten Jember.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Situbondo. 2020. *Kabupaten Situbondo dalam Angka*. Penerbit BPS Kabupaten Situbondo. Kabupaten Situbondo.
- Bina Marga. 1989. *Desain Tebal Perkerasan Jalan Raya Metode Analisa Komponen*. SNI 03 1732-1989. Jakarta. Indonesia.
- Berdikaryo, A.P. 2015. Analisis Job Mixing Tanah Gumuk di Kecamatan Kalisat Kabupaten Jember sebagai Bahan Lapis Pondasi Agregat Kelas B. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Negeri Jember. Jember.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2006. *Perencanaan Sistem Drainase Jalan, Pedoman Konstruksi dan Bangunan Pd T-02-2006-B*. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Perkeretapian Republik Indonesia. 2018. *Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 2128 Tahun 2018 Tentang Rencana Induk Perkeretaapian Nasional*. Kemenhub RI. Jakarta.
- Gunadin, R. 2018. Evaluasi Kinerja Sistem Drainase di Jalan Kaliurang KM 4,5 – 6 Kabupaten Sleman. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Jaya, F. H., & Miswanto, M. 2019. Evaluasi Struktur Atas Komponen Jalan Rel Berdasarkan Passing Tonnage (Studi Kasus: Jalan Rel Lintas Tanjung Karang–Bekri). *TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi): Jurnal Program Studi Teknik Sipil*. Vol. 8 No.1:33-45. Lampung.

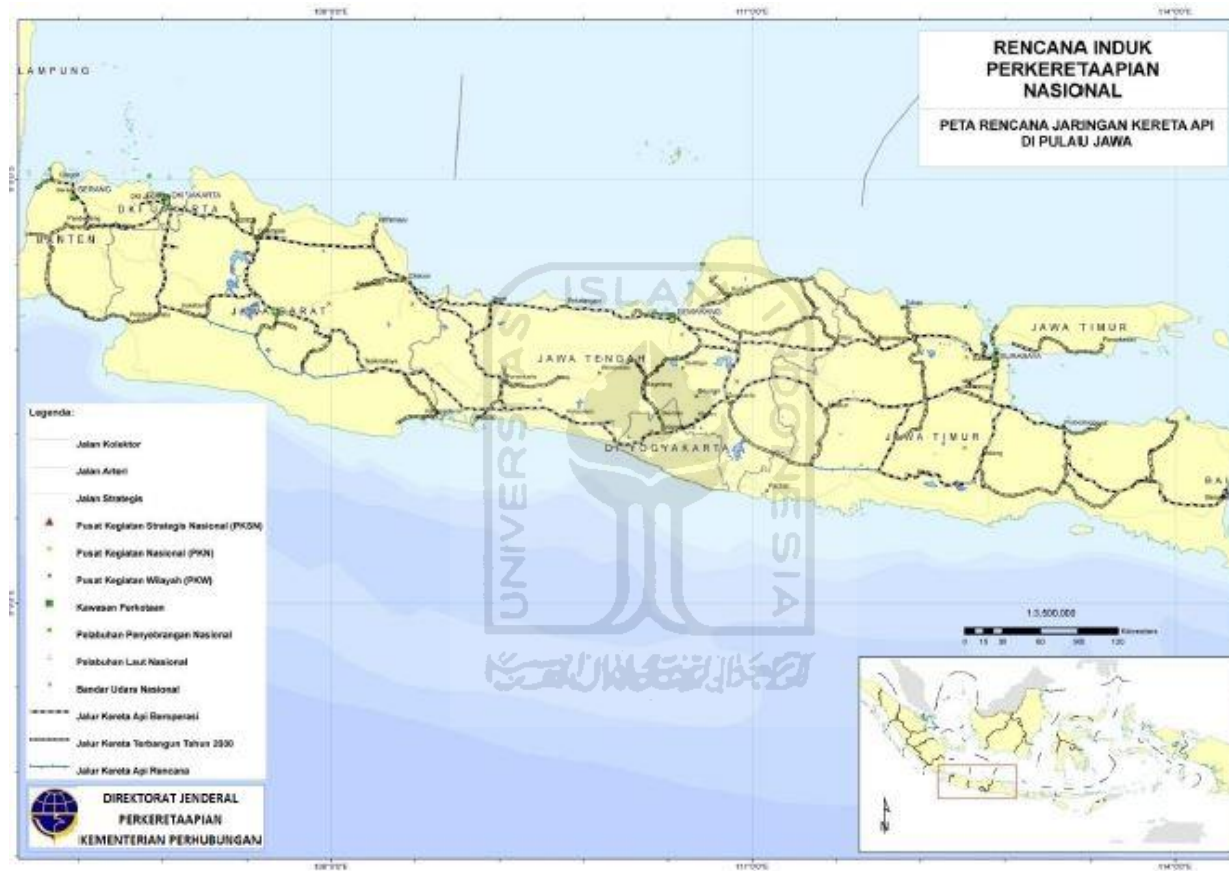
- Menteri Perhubungan Republik Indonesia. 2012. *PM Perhubungan Republik Indonesia Nomor 60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api*. Kemenhub RI. Jakarta.
- Mughni, H. 2018. Perancangan Reaktivasi Jalan Rel Kereta Api Rute Yogyakarta-Parangtritis. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Neves, J., Sampaio, Z., and Vilela, M. 2019. A Case of Study of BIM Implementation in Rail Track Rehabilitation. *Infrastructures*. Vol.4 No.8:1-13. Basel.
- Nugroho, R dan Natasha, G.F.P. 2016. Perancangan Reaktivasi Jalan Rel Kereta Api Koridor Magelang-Ambarawa. *Jurnal Karya Teknik Sipil*. Vol.5 No.2:87-93. Semarang.
- Pemerintah Daerah Kabupaten Jember. 2015. *Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Jember Tahun 2015-2035*. Pemda Kab. Jember. Jember.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia. 2009. *Peraturan Pemerintah Nomor 56 Tahun 2009 Tentang Penyelenggaraan Perkeretaapian*. Presiden RI. Jakarta.
- Rosadi, R dan Kartika, A. 2013. Perancangan Geometrik Jalan Rel Antara Banyuwangi-Situbondo-Probolinggo. *Jurnal Teknik POMITS*. Vol. 2 Nomor 1:1-5. Surabaya.
- Rosyidi, S.A.P. 2015. *Rekayasa Jalan Kereta Api*. LP3M UMY. Yogyakarta.
- Panjaitan, H. dan Sembiring, I.S. 2014. Evaluasi Komponen Jalan Rel Berdasarkan Passing Tonnage dan Analisis Kebutuhan Pemeliharaan Tahunan Jalan Rel Dengan Analisa Jo Tahun 2011. *Jurnal Teknik Sipil USU*. Vol.3 No.1. Medan.
- Prasetyo, D.P. 2018. Redesain Saluran Drainase pada Bandara Radin Inten II Propinsi Lampung. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Puarada, U.H.A. 2018. Pembuatan Perangkat Lunak Perhitungan Bantalan Kayu dan Beton Blok Tunggal Berbasis Visual Basic For Application (VBA) Excel. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.

- Subarkah, I. 1981. *Jalan Kereta Api*. Idea Dharma. Bandung.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Triwinanto, P. 2017. Analisis Kekuatan Lentur Statis Dan Dinamis Bantalan Sintetis Untuk Jalan Kereta Api. *Majalah Ilmiah Pengkajian Industri*. Vol.11 No.2. Banten.
- Utomo, S.H.T. 2009. *Jalan Rel*, Cetakan Kedua. Beta Offset. Yogyakarta.
- Wahab, W. dan Afriyani, S. 2017. Analisis Kelayakan Konstruksi Bagian Atas Jalan Rel dalam Kegiatan Revitalisasi Jalur Kereta Api Lubuk Alung-Kayu Tanam (KM 39,699-KM 60,038). *Jurnal Teknik Sipil ITP*. Vol.4 No2. Padang.
- Kriswardhana, W. dan Widyastuti, H. 2015. Probabilitas Perpindahan Moda dari Bus ke Kereta Api dalam Rencana Reaktivasi Jalur Kereta Api Jember-Panarukan. *Tesis*. (Tidak Diterbitkan). Institut Teknik Surabaya. Surabaya.
- Zulkabir, B. 2016. Perancangan Jalur Ganda Jalan Rel Ruas Stasiun Solo Balapan Sampai Stasiun Sragen. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

LAMPIRAN



Lampiran 1 Peta Rencana Pengembangan Jaringan Kereta Api Pulau Jawa



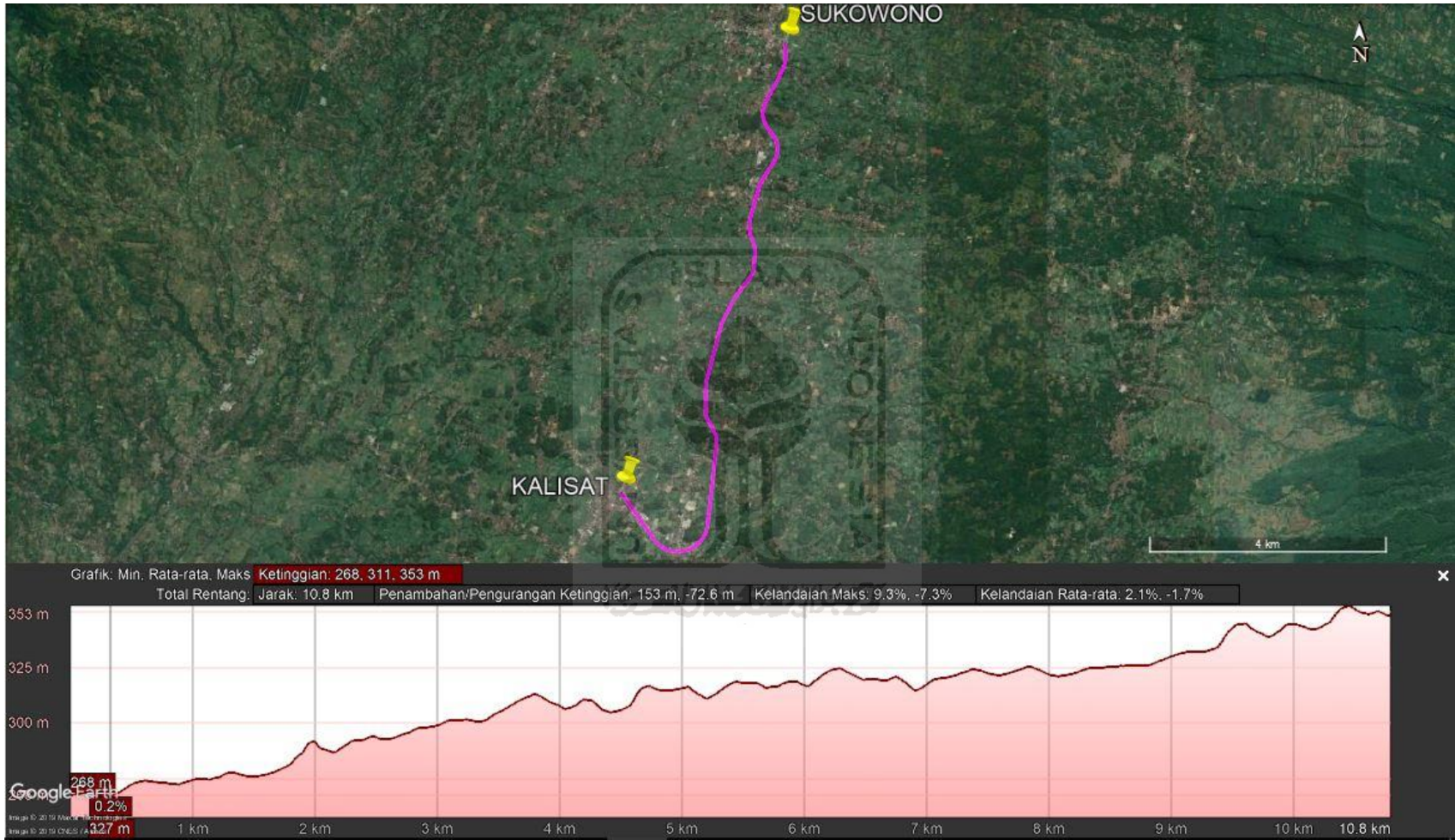
Sumber : Kementerian Perhubungan Dirjen Perkeretaapian (2012)

Lampiran 3 Data Curah Hujan

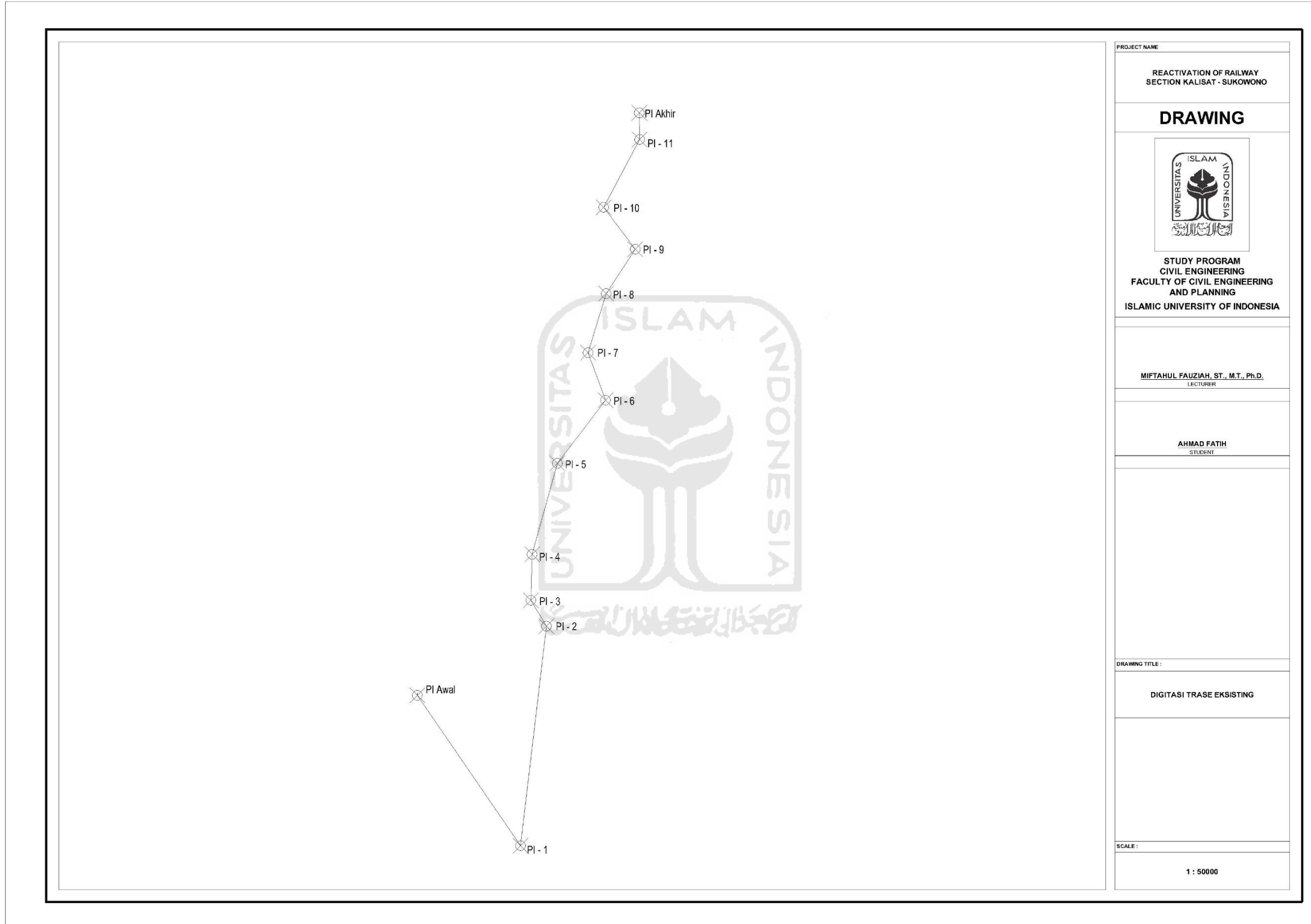
Tahun	STA. A (mm)	STA. B (mm)	STA. C (mm)	STA. D (mm)
2008	102	104	112	92
2009	149	116	119	115
2010	157	96	167	105
2011	131	105	130	118
2012	109	115	147	142
2013	128	163	129	110
2014	312	100	205	112
2015	92	104	80	105
2016	91	86	142	72
2017	123	96	86	85

Sumber : Dinas Pengairan Kabupaten Jember (2018)

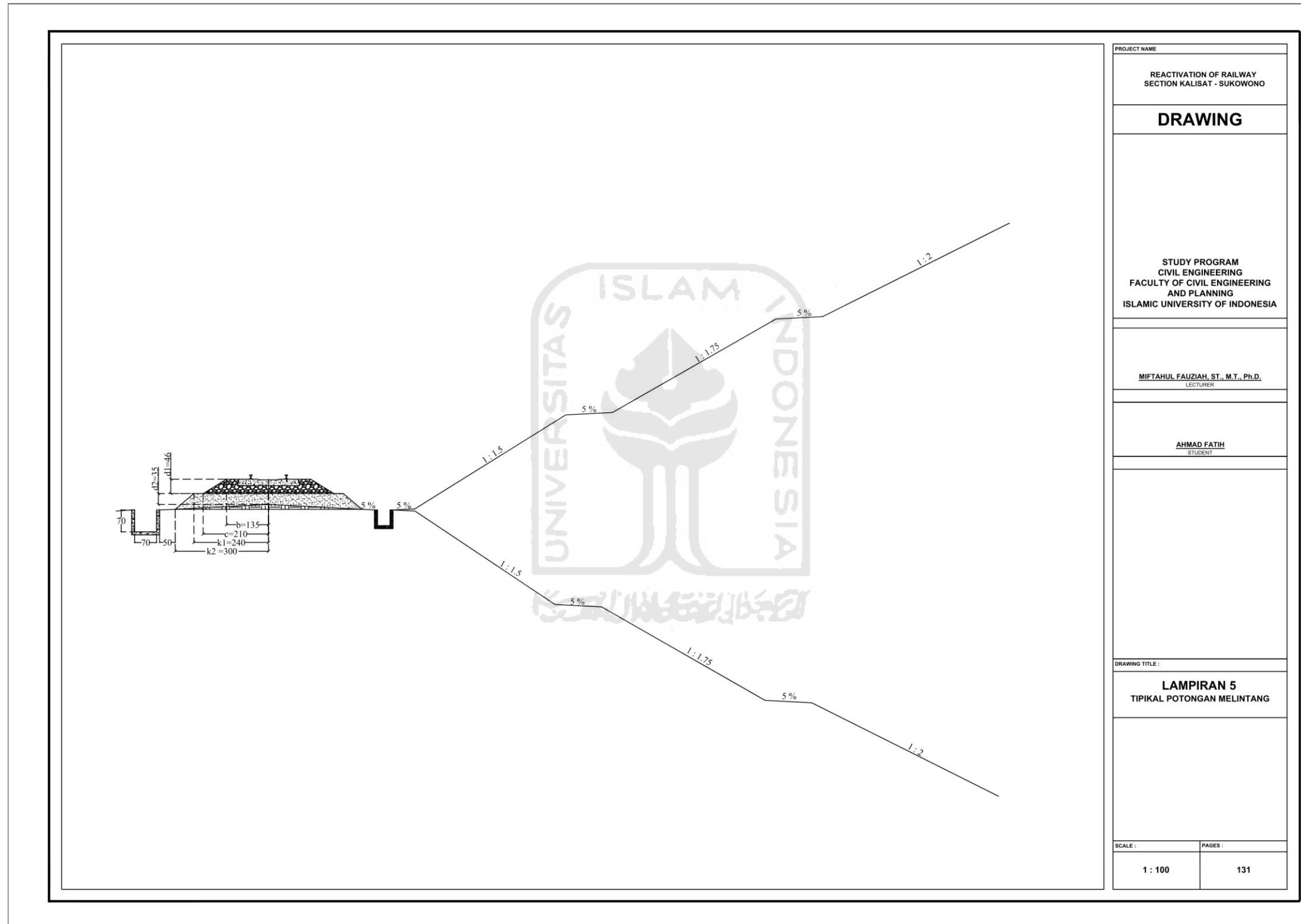
Lampiran 4 Jalan Rel Eksisting Stasiun Kalisat – Stasiun Sukowono



Lampiran 5 Titik PI Lengkung Horisontal



Lampiran 6 Potongan Melintang



Lampiran 7 Report STA, dan Koordinat Titik Penting Tikungan

<u>Report Alignment Horizontal</u>			
<u>Tangent Data</u>			
Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	0+00.000	9100571.129	809937.564
End:	9+23.614	9099811.912	810463.541
<u>Tangent Data</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	923.614	Course:	S 34° 42' 49.7928" E
<u>Spiral Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
TS:	9+23.614	9099811.912	810463.541
SPI:		9099776.284	810488.224
SC:	9+88.614	9099759.306	810501.699
<u>Spiral Curve Data: clothoid</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	65	L Tan:	43.343
Radius:	500	S Tan:	21.675
Theta:	03° 43' 27.2124"	P:	0.352
X:	64.973	K:	32.495
Y:	1.408	A:	180.278
Chord:	64.988	Course:	S 35° 57' 18.7037" E
<u>Curve Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
SC:	9+88.614	9099759.306	810501.699
RP:		9100070.14	810893.339
CS:	21+30.886	9099977.587	811384.699
<u>Circular Curve Data</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	130° 53' 40.8835"	Type:	LEFT
Radius:	500		
Length:	1142.272	Tangent:	1094.483
Mid-Ord:	292.235	External:	703.285
Chord:	909.58	Course:	N 76° 06' 52.5530" E
<u>Spiral Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
CS:	21+30.886	9099977.587	811384.699
SPI:		9099998.888	811388.711
Description	Station	Northing	Easting

Lanjutan Lampiran 7 Report STA, dan Koordinat Titik Penting Tikungan

Description	Station	Northing	Easting
ST:	21+95.886	9100041.913	811393.95
<u>Spiral Curve Data: clothoid</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	65	L Tan:	43.343
Radius:	500	S Tan:	21.675
Theta:	03° 43' 27.2124"	P:	0.352
X:	64.973	K:	32.495
Y:	1.408	A:	180.278
Chord:	64.988	Course:	N 08° 11' 03.8098" E
<u>Tangent Data</u>			
Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	21+95.886	9100041.913	811393.95
End:	34+67.514	9101304.216	811547.668
<u>Tangent Data</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	1271.628	Course:	N 06° 56' 34.8989" E
<u>Spiral Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
TS:	34+67.514	9101304.216	811547.668
SPI:		9101357.186	811554.118
SC:	35+47.514	9101383.873	811554.683
<u>Spiral Curve Data: clothoid</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	80	L Tan:	53.361
Radius:	400	S Tan:	26.692
Theta:	05° 43' 46.4806"	P:	0.666
X:	79.92	K:	39.987
Y:	2.665	A:	178.885
Chord:	79.964	Course:	N 05° 01' 59.9875" E
<u>Curve Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
SC:	35+47.514	9101383.873	811554.683
RP:		9101392.343	811154.773
CS:	37+26.693	9101557.917	811518.896
<u>Circular Curve Data</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	25° 39' 56.0748"	Type:	LEFT

Lanjutan Lampiran 7 Report STA, dan Koordinat Titik Penting Tikungan

Parameter	Value	Parameter	Value
Radius:	400		
Length:	179.18	Tangent:	91.119
Mid-Ord:	9.991	External:	10.247
Chord:	177.685	Course:	N 11° 37' 09.6191" W
<u>Spiral Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
CS:	37+26.693	9101557.917	811518.896
SPI:		9101582.215	811507.847
ST:	38+06.693	9101628.342	811481.02
<u>Spiral Curve Data: clothoid</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	80	L Tan:	53.361
Radius:	400	S Tan:	26.692
Theta:	05° 43' 46.4806"	P:	0.666
X:	79.92	K:	39.987
Y:	2.665	A:	178.885
Chord:	79.964	Course:	N 28° 16' 19.2258" W
<u>Tangent Data</u>			
Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	38+06.693	9101628.342	811481.02
End:	38+71.958	9101684.759	811448.209
<u>Tangent Data</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	65.265	Course:	N 30° 10' 54.1372" W
<u>Spiral Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
TS:	38+71.958	9101684.759	811448.209
SPI:		9101730.887	811421.382
SC:	39+51.958	9101755.185	811410.333
<u>Spiral Curve Data: clothoid</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	80	L Tan:	53.361
Radius:	400	S Tan:	26.692
Theta:	05° 43' 46.4806"	P:	0.666
X:	79.92	K:	39.987
Y:	2.665	A:	178.885
Chord:	79.964	Course:	N 28° 16' 19.2258" W

Lanjutan Lampiran 7 Report STA, dan Koordinat Titik Penting Tikungan

Description	Station	Northing	Easting
SC:	39+51.958	9101755.185	811410.333
RP:		9101920.758	811774.456
CS:	40+92.690	9101890.81	811375.579
<u>Circular Curve Data</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	20° 09' 30.0977"	Type:	RIGHT
Radius:	400		
Length:	140.732	Tangent:	71.101
Mid-Ord:	6.173	External:	6.27
Chord:	140.007	Course:	N 14° 22' 22.6077" W
<u>Spiral Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
CS:	40+92.690	9101890.81	811375.579
SPI:		9101917.427	811373.58
ST:	41+72.690	9101970.772	811374.917
<u>Spiral Curve Data: clothoid</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	80	L Tan:	53.361
Radius:	400	S Tan:	26.692
Theta:	05° 43' 46.4806"	P:	0.666
X:	79.92	K:	39.987
Y:	2.665	A:	178.885
Chord:	79.964	Course:	N 00° 28' 25.9895" W
<u>Tangent Data</u>			
Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	41+72.690	9101970.772	811374.917
End:	45+21.958	9102319.93	811383.669
<u>Tangent Data</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	349.268	Course:	N 01° 26' 08.9218" E
<u>Spiral Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
TS:	45+21.958	9102319.93	811383.669
SPI:		9102373.274	811385.006
SC:	46+01.958	9102399.758	811388.335

Lanjutan Lampiran 7 Report STA, dan Koordinat Titik Penting Tikungan

<u>Spiral Curve Data: clothoid</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	80	L Tan:	53.361
Radius:	400	S Tan:	26.692
Theta:	05° 43' 46.4806"	P:	0.666
X:	79.92	K:	39.987
Y:	2.665	A:	178.885
Chord:	79.964	Course:	N 03° 20' 43.8332" E
<u>Curve Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
SC:	46+01.958	9102399.758	811388.335
RP:		9102349.864	811785.211
CS:	46+19.669	9102417.276	811390.933
<u>Circular Curve Data</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	02° 32' 12.8928"	Type:	RIGHT
Radius:	400		
Length:	17.711	Tangent:	8.857
Mid-Ord:	0.098	External:	0.098
Chord:	17.71	Course:	N 08° 26' 01.8488" E
<u>Spiral Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
CS:	46+19.669	9102417.276	811390.933
SPI:		9102443.586	811395.431
ST:	46+99.669	9102495.024	811409.63
<u>Spiral Curve Data: clothoid</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	80	L Tan:	53.361
Radius:	400	S Tan:	26.692
Theta:	05° 43' 46.4806"	P:	0.666
X:	79.92	K:	39.987
Y:	2.665	A:	178.885
Chord:	79.964	Course:	N 13° 31' 19.8645" E
<u>Tangent Data</u>			
Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	46+99.669	9102495.024	811409.63
End:	55+23.501	9103289.155	811628.846
<u>Tangent Data</u>			

Lanjutan Lampiran 7 Report STA, dan Koordinat Titik Penting Tikungan

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	823.832	Course:	N 15° 25' 54.7758" E
<u>Spiral Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
TS:	55+23.501	9103289.155	811628.846
SPI:		9103314.861	811635.942
SC:	55+63.501	9103327.621	811639.81
<u>Spiral Curve Data: clothoid</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	40	L Tan:	26.668
Radius:	800	S Tan:	13.334
Theta:	01° 25' 56.6202"	P:	0.083
X:	39.998	K:	20
Y:	0.333	A:	178.885
Chord:	39.999	Course:	N 15° 54' 33.6401" E
<u>Curve Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
SC:	55+63.501	9103327.621	811639.81
RP:		9103095.537	812405.406
CS:	56+98.108	9103452.554	811689.488
<u>Circular Curve Data</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	09° 38' 25.6489"	Type:	RIGHT
Radius:	800		
Length:	134.606	Tangent:	67.462
Mid-Ord:	2.829	External:	2.839
Chord:	134.447	Course:	N 21° 41' 04.2205" E
<u>Spiral Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
CS:	56+98.108	9103452.554	811689.488
SPI:		9103464.487	811695.438
ST:	57+38.108	9103488.047	811707.932
<u>Spiral Curve Data: clothoid</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	40	L Tan:	26.668
Radius:	800	S Tan:	13.334
Theta:	01° 25' 56.6202"	P:	0.083
X:	39.998	K:	20

Lanjutan Lampiran 7 Report STA, dan Koordinat Titik Penting Tikungan

Parameter	Value	Parameter	Value
Y:	0.333	A:	178.885
Chord:	39.999	Course:	N 27° 27' 34.8008" E
<u>Tangent Data</u>			
Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	57+38.108	9103488.047	811707.932
End:	60+23.257	9103739.965	811841.525
<u>Tangent Data</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	285.149	Course:	N 27° 56' 13.6651" E
<u>Spiral Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
TS:	60+23.257	9103739.965	811841.525
SPI:		9103763.525	811854.019
SC:	60+63.257	9103775.145	811860.559
<u>Spiral Curve Data: clothoid</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	40	L Tan:	26.668
Radius:	800	S Tan:	13.334
Theta:	01° 25' 56.6202"	P:	0.083
X:	39.998	K:	20
Y:	0.333	A:	178.885
Chord:	39.999	Course:	N 28° 24' 52.5294" E
<u>Curve Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
SC:	60+63.257	9103775.145	811860.559
RP:		9103382.793	812557.739
CS:	61+53.766	9103851.345	811909.311
<u>Circular Curve Data</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	06° 28' 56.0599"	Type:	RIGHT
Radius:	800		
Length:	90.509	Tangent:	45.303
Mid-Ord:	1.28	External:	1.282
Chord:	90.461	Course:	N 32° 36' 38.3152" E
<u>Spiral Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
CS:	61+53.766	9103851.345	811909.311

Lanjutan Lampiran 7 Report STA, dan Koordinat Titik Penting Tikungan

Description	Station	Northing	Easting
SPI:		9103862.153	811917.12
ST:	61+93.766	9103883.371	811933.275
<u>Spiral Curve Data: clothoid</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	40	L Tan:	26.668
Radius:	800	S Tan:	13.334
Theta:	01° 25' 56.6202"	P:	0.083
X:	39.998	K:	20
Y:	0.333	A:	178.885
Chord:	39.999	Course:	N 36° 48' 24.1010" E
<u>Tangent Data</u>			
Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	61+93.766	9103883.371	811933.275
End:	64+72.709	9104105.31	812102.25
<u>Tangent Data</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	278.943	Course:	N 37° 17' 02.9653" E
<u>Spiral Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
TS:	64+72.709	9104105.31	812102.25
SPI:		9104147.766	812134.574
SC:	65+52.709	9104170.511	812148.542
<u>Spiral Curve Data: clothoid</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	80	L Tan:	53.361
Radius:	400	S Tan:	26.692
Theta:	05° 43' 46.4806"	P:	0.666
X:	79.92	K:	39.987
Y:	2.665	A:	178.885
Chord:	79.964	Course:	N 35° 22' 28.0540" E
<u>Curve Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
SC:	65+52.709	9104170.511	812148.542
RP:		9104379.836	811807.686
CS:	67+04.597	9104311.764	812201.851
<u>Circular Curve Data</u>			

Lanjutan Lampiran 7 Report STA, dan Koordinat Titik Penting Tikungan

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	21° 45' 22.7731"	Type:	LEFT
Radius:	400		
Length:	151.888	Tangent:	76.87
Mid-Ord:	7.188	External:	7.319
Chord:	150.977	Course:	N 20° 40' 35.0982" E
<u>Spiral Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
CS:	67+04.597	9104311.764	812201.851
SPI:		9104338.067	812206.393
ST:	67+84.597	9104391.293	812210.179
<u>Spiral Curve Data: clothoid</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	80	L Tan:	53.361
Radius:	400	S Tan:	26.692
Theta:	05° 43' 46.4806"	P:	0.666
X:	79.92	K:	39.987
Y:	2.665	A:	178.885
Chord:	79.964	Course:	N 05° 58' 42.1423" E
<u>Tangent Data</u>			
Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	67+84.597	9104391.293	812210.179
End:	69+13.142	9104519.515	812219.3
<u>Tangent Data</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	128.546	Course:	N 04° 04' 07.2310" E
<u>Spiral Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
TS:	69+13.142	9104519.515	812219.3
SPI:		9104572.742	812223.086
SC:	69+93.142	9104599.423	812222.312
<u>Spiral Curve Data: clothoid</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	80	L Tan:	53.361
Radius:	400	S Tan:	26.692
Theta:	05° 43' 46.4806"	P:	0.666
X:	79.92	K:	39.987
Y:	2.665	A:	178.885

Lanjutan Lampiran 7 Report STA, dan Koordinat Titik Penting Tikungan

Parameter	Value	Parameter	Value
Chord:	79.964	Course:	N 02° 09' 32.3196" E
<u>Curve Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
SC:	69+93.142	9104599.423	812222.312
RP:		9104587.829	811822.48
CS:	70+95.055	9104699.82	812206.483
<u>Circular Curve Data</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	14° 35' 52.3784"	Type:	LEFT
Radius:	400		
Length:	101.912	Tangent:	51.234
Mid-Ord:	3.241	External:	3.268
Chord:	101.637	Course:	N 08° 57' 35.4388" W
<u>Spiral Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
CS:	70+95.055	9104699.82	812206.483
SPI:		9104725.444	812199.01
ST:	71+75.055	9104774.924	812179.031
<u>Spiral Curve Data: clothoid</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	80	L Tan:	53.361
Radius:	400	S Tan:	26.692
Theta:	05° 43' 46.4806"	P:	0.666
X:	79.92	K:	39.987
Y:	2.665	A:	178.885
Chord:	79.964	Course:	N 20° 04' 43.1973" W
<u>Tangent Data</u>			
Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	71+75.055	9104774.924	812179.031
End:	72+18.215	9104814.945	812162.871
<u>Tangent Data</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	43.16	Course:	N 21° 59' 18.1086" W
<u>Spiral Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
TS:	72+18.215	9104814.945	812162.871
SPI:		9104864.425	812142.891

Lanjutan Lampiran 7 Report STA, dan Koordinat Titik Penting Tikungan

Description	Station	Northing	Easting
SC:	72+98.215	9104890.049	812135.418
<u>Spiral Curve Data: clothoid</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	80	L Tan:	53.361
Radius:	400	S Tan:	26.692
Theta:	05° 43' 46.4806"	P:	0.666
X:	79.92	K:	39.987
Y:	2.665	A:	178.885
Chord:	79.964	Course:	N 20° 04' 43.1973" W
<u>Curve Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
SC:	72+98.215	9104890.049	812135.418
RP:		9105002.04	812519.421
CS:	74+91.057	9105080.855	812127.262
<u>Circular Curve Data</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	27° 37' 21.3029"	Type:	RIGHT
Radius:	400		
Length:	192.842	Tangent:	98.333
Mid-Ord:	11.565	External:	11.909
Chord:	190.98	Course:	N 02° 26' 50.9766" W
<u>Spiral Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
CS:	74+91.057	9105080.855	812127.262
SPI:		9105107.024	812132.522
ST:	75+71.057	9105158.028	812148.206
<u>Spiral Curve Data: clothoid</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	80	L Tan:	53.361
Radius:	400	S Tan:	26.692
Theta:	05° 43' 46.4806"	P:	0.666
X:	79.92	K:	39.987
Y:	2.665	A:	178.885
Chord:	79.964	Course:	N 15° 11' 01.2441" E
<u>Tangent Data</u>			
Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	75+71.057	9105158.028	812148.206

Lanjutan Lampiran 7 Report STA, dan Koordinat Titik Penting Tikungan

Description	PT Station	Northing	Easting
End:	80+89.330	9105653.407	812300.542
<u>Tangent Data</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	518.273	Course:	N 17° 05' 36.1555" E
<u>Spiral Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
TS:	80+89.330	9105653.407	812300.542
SPI:		9105704.411	812316.227
SC:	81+69.330	9105729.014	812326.58
<u>Spiral Curve Data: clothoid</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	80	L Tan:	53.361
Radius:	400	S Tan:	26.692
Theta:	05° 43' 46.4806"	P:	0.666
X:	79.92	K:	39.987
Y:	2.665	A:	178.885
Chord:	79.964	Course:	N 19° 00' 11.0668" E
<u>Curve Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
SC:	81+69.330	9105729.014	812326.58
RP:		9105573.86	812695.263
CS:	82+02.482	9105759.002	812340.69
<u>Circular Curve Data</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	04° 44' 55.1183"	Type:	RIGHT
Radius:	400		
Length:	33.152	Tangent:	16.585
Mid-Ord:	0.343	External:	0.344
Chord:	33.142	Course:	N 25° 11' 50.1952" E
<u>Spiral Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
CS:	82+02.482	9105759.002	812340.69
SPI:		9105782.663	812353.045
ST:	82+82.482	9105827.262	812382.342
<u>Spiral Curve Data: clothoid</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	80	L Tan:	53.361

Lanjutan Lampiran 7 Report STA, dan Koordinat Titik Penting Tikungan

Parameter	Value	Parameter	Value
Radius:	400	S Tan:	26.692
Theta:	05° 43' 46.4806"	P:	0.666
X:	79.92	K:	39.987
Y:	2.665	A:	178.885
Chord:	79.964	Course:	N 31° 23' 29.3237" E
<u>Tangent Data</u>			
Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	82+82.482	9105827.262	812382.342
End:	85+48.521	9106049.617	812528.408
<u>Tangent Data</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	266.039	Course:	N 33° 18' 04.2350" E
<u>Spiral Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
TS:	85+48.521	9106049.617	812528.408
SPI:		9106094.216	812557.706
SC:	86+28.521	9106117.877	812570.06
<u>Spiral Curve Data: clothoid</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	80	L Tan:	53.361
Radius:	400	S Tan:	26.692
Theta:	05° 43' 46.4806"	P:	0.666
X:	79.92	K:	39.987
Y:	2.665	A:	178.885
Chord:	79.964	Course:	N 31° 23' 29.3237" E
<u>Curve Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
SC:	86+28.521	9106117.877	812570.06
RP:		9106303.02	812215.487
CS:	90+37.774	9106509.331	812558.176
<u>Circular Curve Data</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	58° 37' 16.2193"	Type:	LEFT
Radius:	400		
Length:	409.253	Tangent:	224.567
Mid-Ord:	51.208	External:	58.727
Chord:	391.635	Course:	N 01° 44' 20.3552" W

Lanjutan Lampiran 7 Report STA, dan Koordinat Titik Penting Tikungan

<u>Spiral Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
CS:	90+37.774	9106509.331	812558.176
SPI:		9106532.199	812544.408
ST:	91+17.774	9106574.939	812512.459
<u>Spiral Curve Data: clothoid</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	80	L Tan:	53.361
Radius:	400	S Tan:	26.692
Theta:	05° 43' 46.4806"	P:	0.666
X:	79.92	K:	39.987
Y:	2.665	A:	178.885
Chord:	79.964	Course:	N 34° 52' 10.0341" W
<u>Tangent Data</u>			
Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	91+17.774	9106574.939	812512.459
End:	91+76.705	9106622.139	812477.176
<u>Tangent Data</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	58.931	Course:	N 36° 46' 44.9455" W
<u>Spiral Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
TS:	91+76.705	9106622.139	812477.176
SPI:		9106664.879	812445.226
SC:	92+56.705	9106687.747	812431.459
<u>Spiral Curve Data: clothoid</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	80	L Tan:	53.361
Radius:	400	S Tan:	26.692
Theta:	05° 43' 46.4806"	P:	0.666
X:	79.92	K:	39.987
Y:	2.665	A:	178.885
Chord:	79.964	Course:	N 34° 52' 10.0341" W
<u>Curve Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
SC:	92+56.705	9106687.747	812431.459
RP:		9106894.058	812774.148
CS:	96+27.763	9107044.552	812403.538

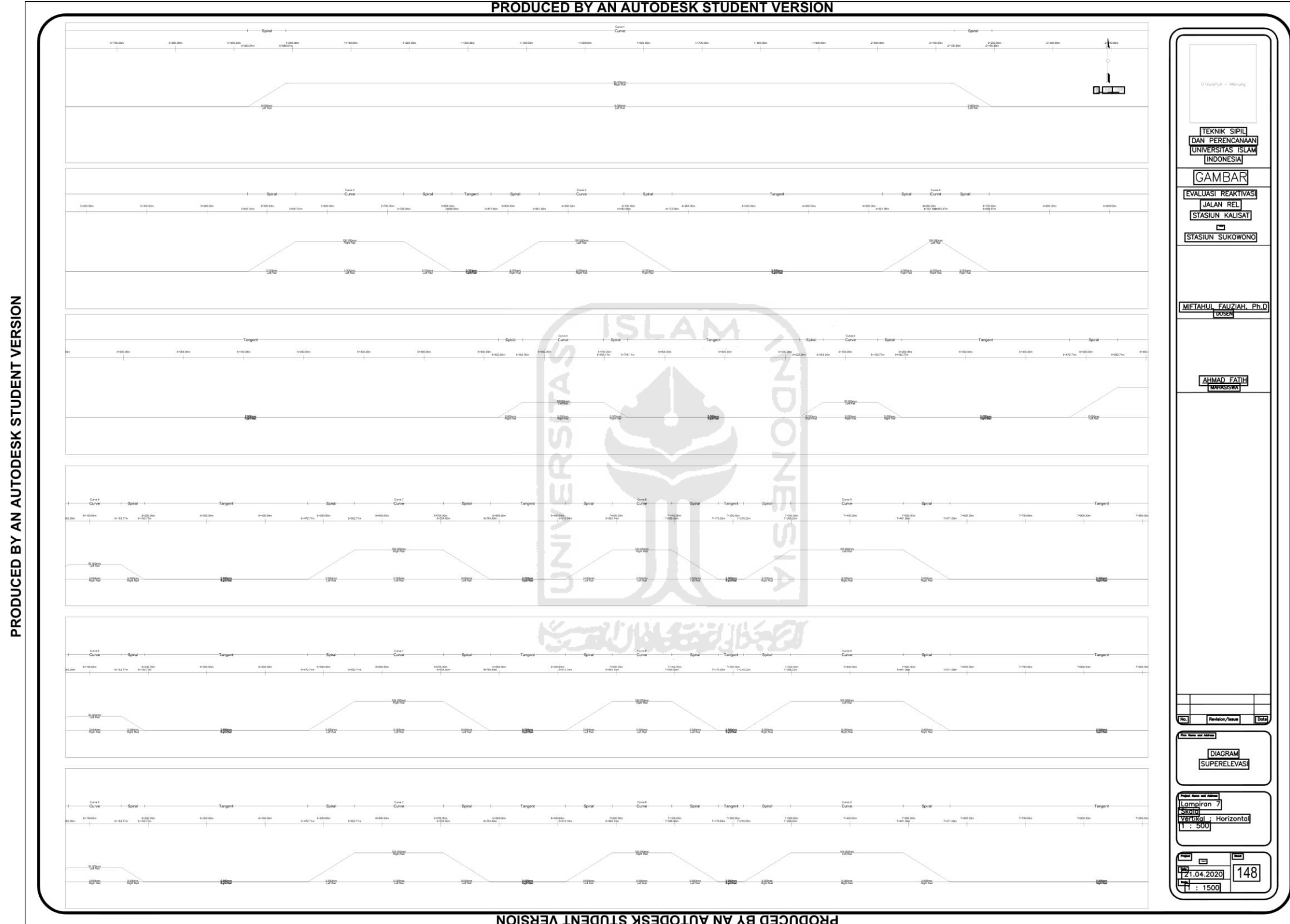
Lanjutan Lampiran 7 Report STA, dan Koordinat Titik Penting Tikungan

<u>Circular Curve Data</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	53° 09' 00.3963"	Type:	RIGHT
Radius:	400		
Length:	371.058	Tangent:	200.087
Mid-Ord:	42.26	External:	47.253
Chord:	357.896	Course:	N 04° 28' 28.2667" W
<u>Spiral Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
CS:	96+27.763	9107044.552	812403.538
SPI:		9107069.283	812413.58
ST:	97+07.763	9107116.472	812438.492
<u>Spiral Curve Data: clothoid</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	80	L Tan:	53.361
Radius:	400	S Tan:	26.692
Theta:	05° 43' 46.4806"	P:	0.666
X:	79.92	K:	39.987
Y:	2.665	A:	178.885
Chord:	79.964	Course:	N 25° 55' 13.5007" E
<u>Tangent Data</u>			
Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	97+07.763	9107116.472	812438.492
End:	102+46.112	9107592.553	812689.821
<u>Tangent Data</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	538.349	Course:	N 27° 49' 48.4120" E
<u>Spiral Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
TS:	102+46.112	9107592.553	812689.821
SPI:		9107639.743	812714.733
SC:	103+26.112	9107664.474	812724.775
<u>Spiral Curve Data: clothoid</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	80	L Tan:	53.361
Radius:	400	S Tan:	26.692
Theta:	05° 43' 46.4806"	P:	0.666
X:	79.92	K:	39.987

Lanjutan Lampiran 7 Report STA, dan Koordinat Titik Penting Tikungan

Parameter	Value	Parameter	Value
Y:	2.665	A:	178.885
Chord:	79.964	Course:	N 25° 55' 13.5007" E
<u>Curve Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
SC:	103+26.112	9107664.474	812724.775
RP:		9107814.967	812354.165
CS:	104+38.521	9107773.161	812751.975
<u>Circular Curve Data</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	16° 06' 04.9202"	Type:	LEFT
Radius:	400		
Length:	112.409	Tangent:	56.577
Mid-Ord:	3.942	External:	3.981
Chord:	112.039	Course:	N 14° 02' 59.4713" E
<u>Spiral Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
CS:	104+38.521	9107773.161	812751.975
SPI:		9107799.707	812754.764
ST:	105+18.521	9107853.068	812755.015
<u>Spiral Curve Data: clothoid</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	80	L Tan:	53.361
Radius:	400	S Tan:	26.692
Theta:	05° 43' 46.4806"	P:	0.666
X:	79.92	K:	39.987
Y:	2.665	A:	178.885
Chord:	79.964	Course:	N 02° 10' 45.4419" E
<u>Tangent Data</u>			
Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	105+18.521	9107853.068	812755.015
End:	107+25.711	9108060.255	812755.99
<u>Tangent Data</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	207.19	Course:	N 00° 16' 10.5306" E

Lampiran 8 Diagram Superelevasi



Lampiran 9 Report Alinyemen Vertikal

PVI	Station	Grade Out	Curve Length	Value
0	0+000.00	-0.09%		
1	0+250.00	0.86%	57.120m	
	Vertical Curve Information:(sag curve)			
	PVC Station:	0+221.44	Elevation:	267.796m
	PVI Station:	0+250.00	Elevation:	267.770m
	PVT Station:	0+278.56	Elevation:	268.016m
	Low Point:	0+226.96	Elevation:	267.794m
	Grade in:	-0.09%	Grade out:	0.86%
	Change:	0.95%	K:	60
	Curve Length:	57.120m		
	Headlight Distance:			
2	0+800.00	2.00%	68.400m	
	Vertical Curve Information:(sag curve)			
	PVC Station:	0+765.80	Elevation:	272.206m
	PVI Station:	0+800.00	Elevation:	272.500m
	PVT Station:	0+834.20	Elevation:	273.184m
	Low Point:	0+765.80	Elevation:	272.206m
	Grade in:	0.86%	Grade out:	2.00%
	Change:	1.14%	K:	60
	Curve Length:	68.400m		
	Headlight Distance:			
3	1+475.00	0.31%	101.486m	
	Vertical Curve Information:(crest curve)			
	PVC Station:	1+424.26	Elevation:	284.985m
	PVI Station:	1+475.00	Elevation:	286.000m
	PVT Station:	1+525.74	Elevation:	286.157m
	High Point:	1+525.74	Elevation:	286.157m
	Grade in:	2.00%	Grade out:	0.31%
	Change:	1.69%	K:	60
	Curve Length:	101.486 m		
	Passing Distance:	964.977 m	Stopping Distance:	443.650m

Lanjutan Lampiran 9 Report Alinyemen Vertikal

PVI	Station	Grade Out	Curve Length	Value
4	2+350.00	2.30%	119.486m	
Vertical Curve Information:(sag curve)				

	PVC Station:	2+290.26	Elevation:	288.516m
	PVI Station:	2+350.00	Elevation:	288.700m
	PVT Station:	2+409.74	Elevation:	290.074m
	Low Point:	2+290.26	Elevation:	288.516m
	Grade in:	0.31%	Grade out:	2.30%
	Change:	1.99%	K:	60
		119.486		
	Curve Length:	m		
		1,297.052		
	Headlight Distance:	m		
5	2+700.00	1.00%	78.000m	
Vertical Curve Information:(crest curve)				

	PVC Station:	2+661.00	Elevation:	295.853m
	PVI Station:	2+700.00	Elevation:	296.750m
	PVT Station:	2+739.00	Elevation:	297.140m
	High Point:	2+739.00	Elevation:	297.140m
	Grade in:	2.30%	Grade out:	1.00%
	Change:	1.30%	K:	60
	Curve Length:	78.000m		
		1,228.510	Stopping	
	Passing Distance:	m	Distance:	550.212m
6	3+225.00	0.75%	15.000m	
Vertical Curve Information:(crest curve)				

	PVC Station:	3+217.50	Elevation:	301.925m
	PVI Station:	3+225.00	Elevation:	302.000m
	PVT Station:	3+232.50	Elevation:	302.056m
	High Point:	3+232.50	Elevation:	302.056m
	Grade in:	1.00%	Grade out:	0.75%
	Change:	0.25%	K:	60
	Curve Length:	15.000m		

Lanjutan Lampiran 9 Report Alinyemen Vertikal

PVI	Station	Grade Out	Curve Length	Value
		6,192.950	Stopping	2,665.801
	Passing Distance:	m	Distance:	m
7	4+025.00	-0.37%	66.949m	
	Vertical Curve Information:(crest curve)			
	PVC Station:	3+991.53	Elevation:	307.749m
	PVI Station:	4+025.00	Elevation:	308.000m
	PVT Station:	4+058.47	Elevation:	307.878m
	High Point:	4+036.53	Elevation:	307.918m
	Grade in:	0.75%	Grade out:	-0.37%
	Change:	1.12%	K:	60
	Curve Length:	66.949m		
	Passing Distance:	1,419.331 m	Stopping Distance:	629.069m
8	4+375.00	2.00%	141.949m	
	Vertical Curve Information:(sag curve)			
	PVC Station:	4+304.03	Elevation:	306.979m
	PVI Station:	4+375.00	Elevation:	306.720m
	PVT Station:	4+445.97	Elevation:	308.139m
	Low Point:	4+325.97	Elevation:	306.939m
	Grade in:	-0.37%	Grade out:	2.00%
	Change:	2.37%	K:	60
	Curve Length:	141.949 m		
	Headlight Distance:	593.110 m		
9	4+600.00	0.17%	109.658m	
	Vertical Curve Information:(crest curve)			
	PVC Station:	4+545.17	Elevation:	310.123m
	PVI Station:	4+600.00	Elevation:	311.220m
	PVT Station:	4+654.83	Elevation:	311.314m
	High Point:	4+654.83	Elevation:	311.314m
	Grade in:	2.00%	Grade out:	0.17%

Lanjutan Lampiran 9 Report Alinyemen Vertikal

PVI	Station	Grade Out	Curve Length	Value
	Change:	1.83%	K:	60
		109.658		
	Curve Length:	m		
		900.930	Stopping	
	Passing Distance:	m	Distance:	418.455m
10	5+150.00	0.82%	39.125m	
	Vertical Curve Information:(sag curve)			
	PVC Station:	5+130.44	Elevation:	312.134m
	PVI Station:	5+150.00	Elevation:	312.168m
	PVT Station:	5+169.56	Elevation:	312.329m
	Low Point:	5+130.44	Elevation:	312.134m
	Grade in:	0.17%	Grade out:	0.82%
	Change:	0.65%	K:	60
	Curve Length:	39.125m		
	Headlight Distance:			
11	6+100.00	-0.38%	72.325m	
	Vertical Curve Information:(crest curve)			
	PVC Station:	6+063.84	Elevation:	319.702m
	PVI Station:	6+100.00	Elevation:	320.000m
	PVT Station:	6+136.16	Elevation:	319.862m
	High Point:	6+113.31	Elevation:	319.906m
	Grade in:	0.82%	Grade out:	-0.38%
	Change:	1.21%	K:	60
	Curve Length:	72.325m		
		1,319.014	Stopping	
	Passing Distance:	m	Distance:	587.489m
12	6+625.00	0.58%	57.696m	
	Vertical Curve Information:(sag curve)			
	PVC Station:	6+596.15	Elevation:	318.110m
	PVI Station:	6+625.00	Elevation:	318.000m
	PVT Station:	6+653.85	Elevation:	318.168m

Lanjutan Lampiran 9 Report Alinyemen Vertikal

PVI	Station	Grade Out	Curve Length	Value
	Low Point:	6+619.01	Elevation:	318.066m
	Grade in:	-0.38%	Grade out:	0.58%
	Change:	0.96%	K:	60
	Curve Length:	57.696m		
	Headlight Distance:			
13	7+400.00	-0.10%	40.553m	
	Vertical Curve Information:(crest curve)			
	PVC Station:	7+379.72	Elevation:	322.382m
	PVI Station:	7+400.00	Elevation:	322.500m
	PVT Station:	7+420.28	Elevation:	322.481m
	High Point:	7+414.56	Elevation:	322.483m
	Grade in:	0.58%	Grade out:	-0.10%
	Change:	0.68%	K:	60
	Curve Length:	40.553m		
	Passing Distance:	2,308.190 m	Stopping Distance:	1,003.546 m
14	7+925.00	1.05%	68.714m	
	Vertical Curve Information:(sag curve)			
	PVC Station:	7+890.64	Elevation:	322.033m
	PVI Station:	7+925.00	Elevation:	322.000m
	PVT Station:	7+959.36	Elevation:	322.361m
	Low Point:	7+896.36	Elevation:	322.030m
	Grade in:	-0.10%	Grade out:	1.05%
	Change:	1.15%	K:	60
	Curve Length:	68.714m		
	Headlight Distance:			
15	8+425.00	0.17%	53.000m	
	Vertical Curve Information:(crest curve)			
	PVC Station:	8+398.50	Elevation:	326.972m
	PVI Station:	8+425.00	Elevation:	327.250m
	PVT Station:	8+451.50	Elevation:	327.294m
	High Point:	8+451.50	Elevation:	327.294m

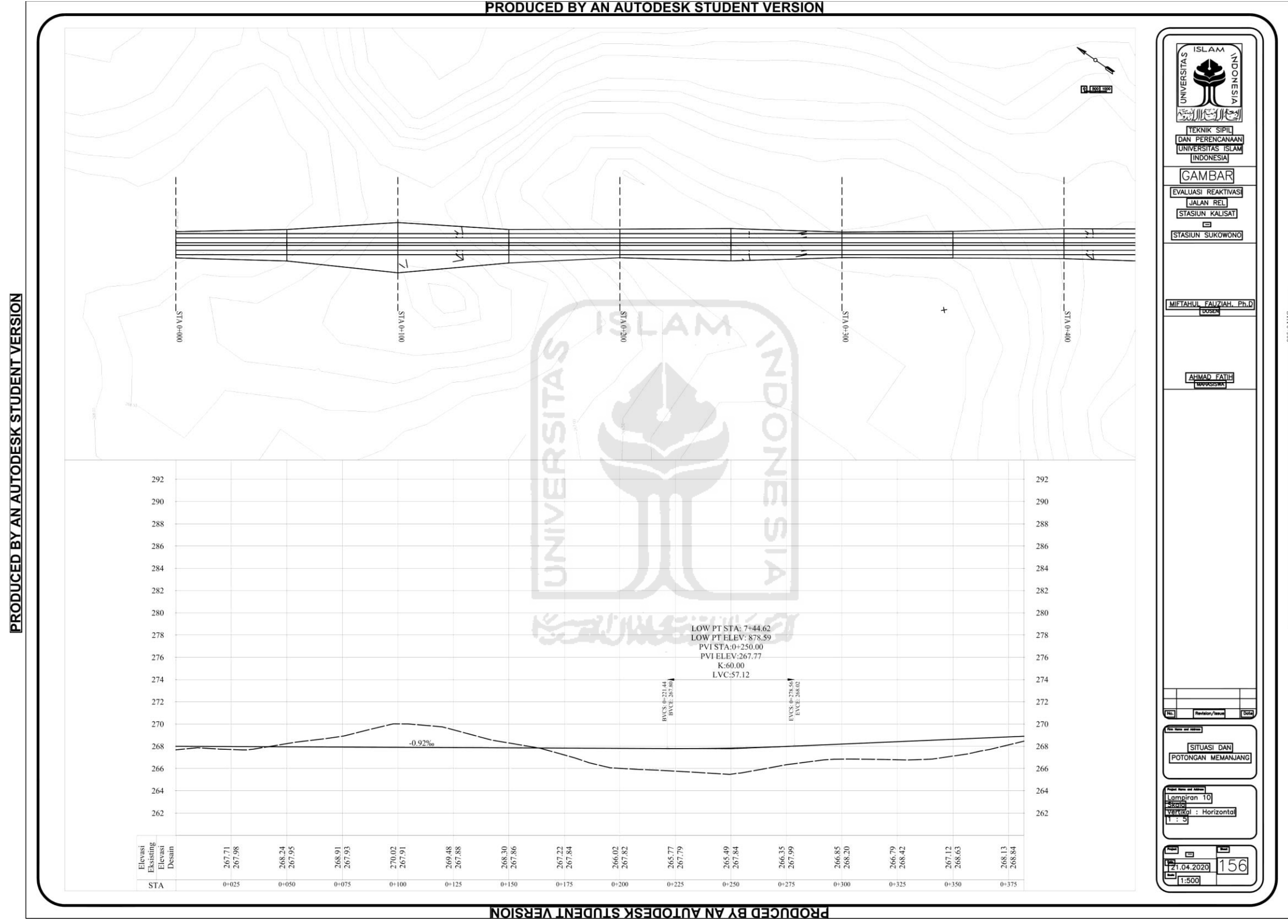
Lanjutan Lampiran 9 Report Alinyemen Vertikal

PVI	Station	Grade Out	Curve Length	Value
	Grade in:	1.05%	Grade out:	0.17%
	Change:	0.88%	K:	60
	Curve Length:	53.000m		
		1,777.099	Stopping	
	Passing Distance:	m	Distance:	778.849m
16	8+800.00	2.10%	116.000m	
	Vertical Curve Information:(sag curve)			
	PVC Station:	8+742.00	Elevation:	327.778m
	PVI Station:	8+800.00	Elevation:	327.875m
	PVT Station:	8+858.00	Elevation:	329.093m
	Low Point:	8+742.00	Elevation:	327.778m
	Grade in:	0.17%	Grade out:	2.10%
	Change:	1.93%	K:	60
		116.000		
	Curve Length:	m		
		1,661.814		
	Headlight Distance:	m		
17	9+425.00	0.25%	111.000m	
	Vertical Curve Information:(crest curve)			
	PVC Station:	9+369.50	Elevation:	339.834m
	PVI Station:	9+425.00	Elevation:	341.000m
	PVT Station:	9+480.50	Elevation:	341.139m
	High Point:	9+480.50	Elevation:	341.139m
	Grade in:	2.10%	Grade out:	0.25%
	Change:	1.85%	K:	60
		111.000		
	Curve Length:	m		
		891.372	Stopping	
	Passing Distance:	m	Distance:	414.730m
18	9+825.00	1.82%	94.091m	
	Vertical Curve Information:(sag curve)			
	PVC Station:	9+777.95	Elevation:	341.882m
	PVI Station:	9+825.00	Elevation:	342.000m

Lanjutan Lampiran 9 Report Alinyemen Vertikal

PVI	Station	Grade Out	Curve Length	Value
	PVT Station:	9+872.05	Elevation:	342.855m
	Low Point:	9+777.95	Elevation:	341.882m
	Grade in:	0.25%	Grade out:	1.82%
	Change:	1.57%	K:	60
	Curve Length:	94.091m		
	Headlight Distance:			
19	10+100.00	0.16%	99.502m	
	Vertical Curve Information:(crest curve)			
		10+050.2		
	PVC Station:	5	Elevation:	346.095m
		10+100.0		
	PVI Station:	0	Elevation:	347.000m
		10+149.7		
	PVT Station:	5	Elevation:	347.080m
		10+149.7		
	High Point:	5	Elevation:	347.080m
	Grade in:	1.82%	Grade out:	0.16%
	Change:	1.66%	K:	60
	Curve Length:	99.502m		
	Passing Distance:	982.214	Stopping Distance:	450.492m
20	10+725.71			

Lampiran 10 Gambar Situasi dan Potongan Memanjang



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

ISLAM INDONESIA

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GAMBAR

EVALUASI REAKTIVAS JALAN REL STASIUN KALISATI STASIUN SUKOWONO

MIFTAHUL FAUZHIAH, Ph.D

AHMAD FATIHA

SITUASI DAN POTONGAN MEMANJANG

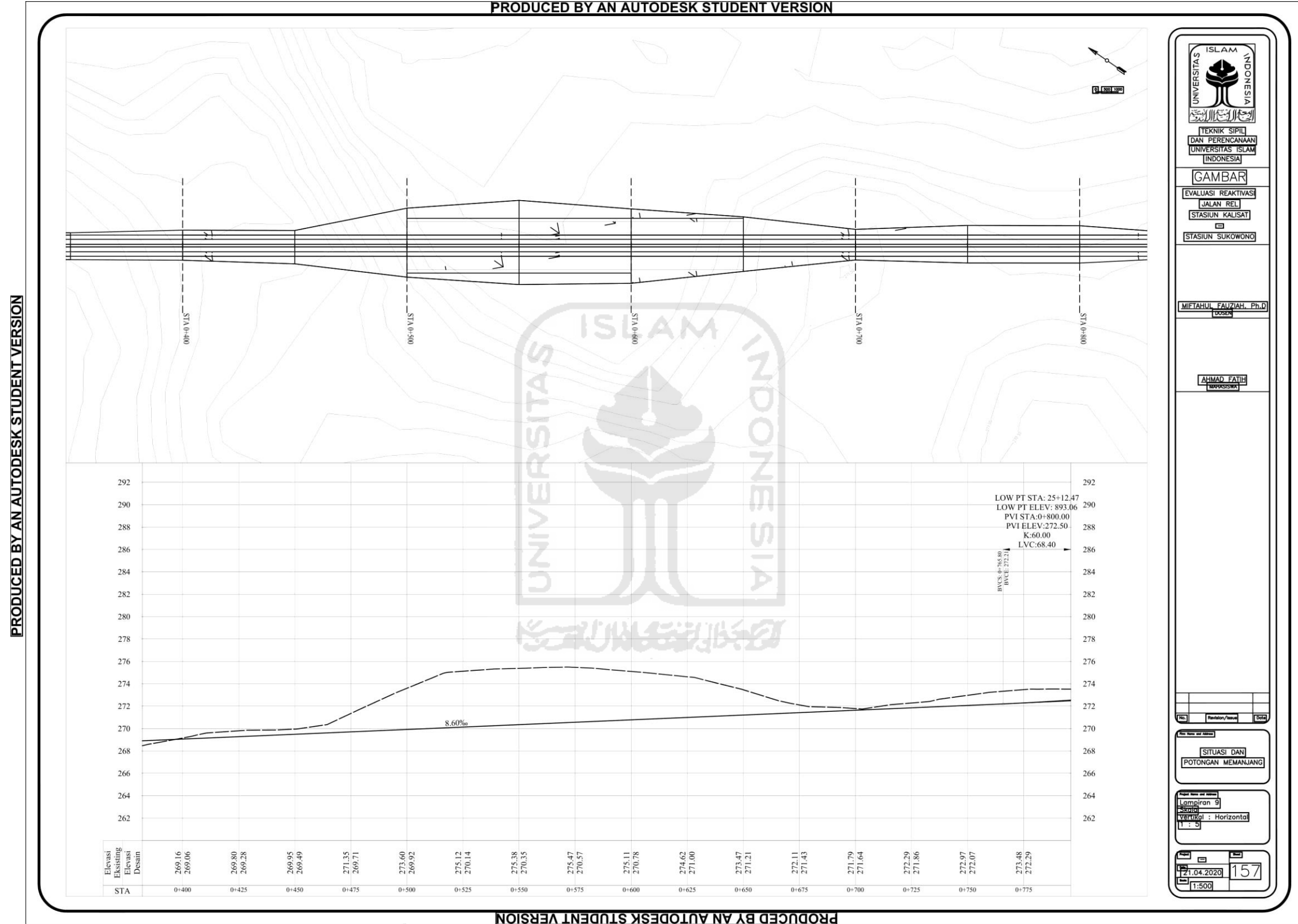
Lampiran 10

Skala: Horizontal 1:500

21.04.2020 156

1:500

Lanjutan Lampiran 10 Gambar Situasi dan Potongan Memanjang



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GAMBAR

EVALUASI REAKTIVASI
JALAN REL
STASIUN KALISAT
STASIUN SUKOWONO

MIFTAHUL FAUZIAH, Ph.D
Dosen

AHMAD FATHI
Mahasiswa

SITUASI DAN
POTONGAN MEMANJANG

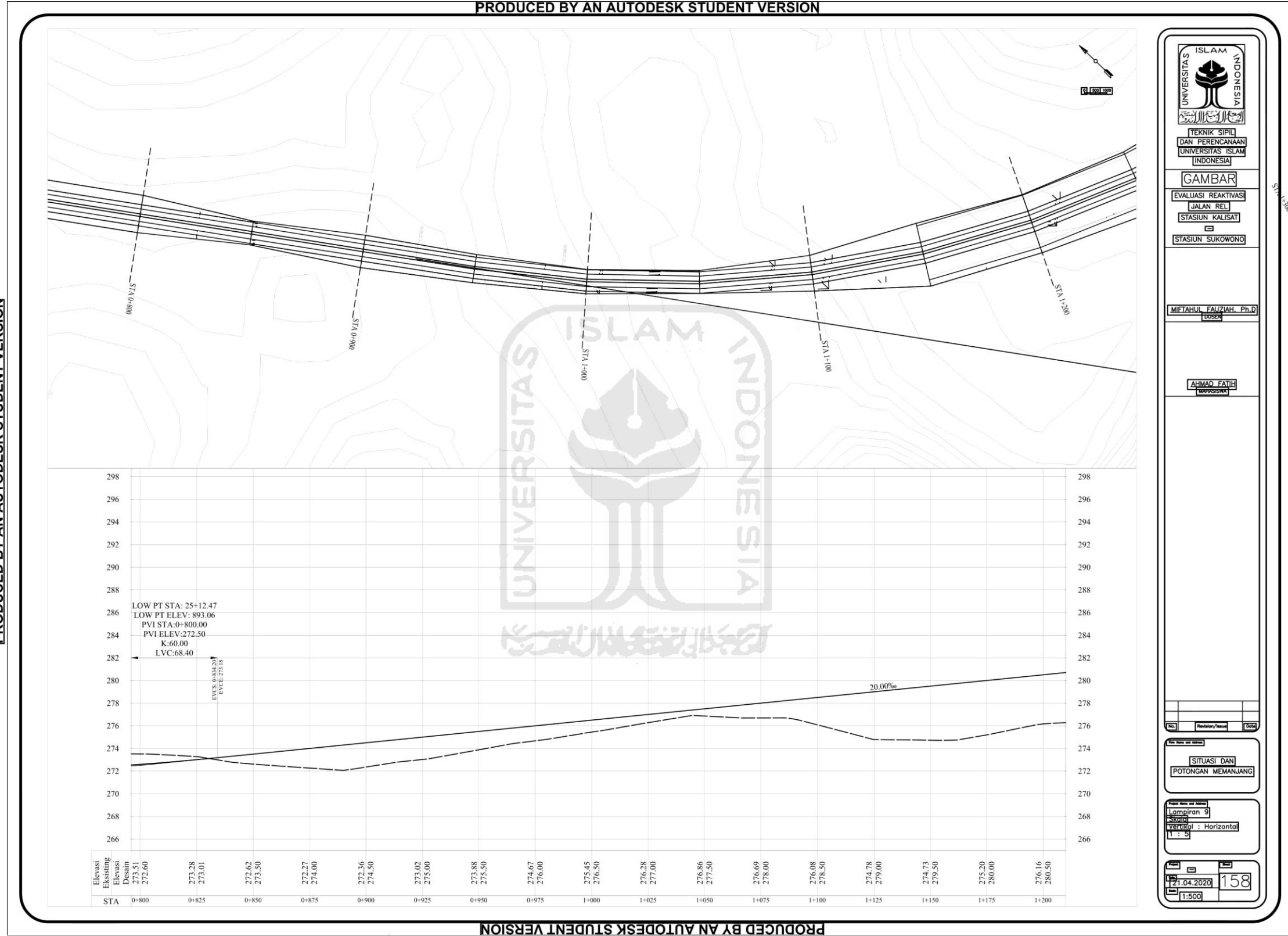
Lampiran 9
Skala
Vertikal : Horizontal
1 : 5

21.04.2020 157
1:500

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

Lanjutan Lampiran 10 Gambar Situasi dan Potongan Memanjang



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

ISLAM INDONESIA
UNIVERSITAS

TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA

GAMBAR

EVALUASI REAKTIVASI
JALAN REL
STASIUN KALISAT
STASIUN SUKOWONO

MIETAHUI FAUZHIAH, Ph.D
DOSEN

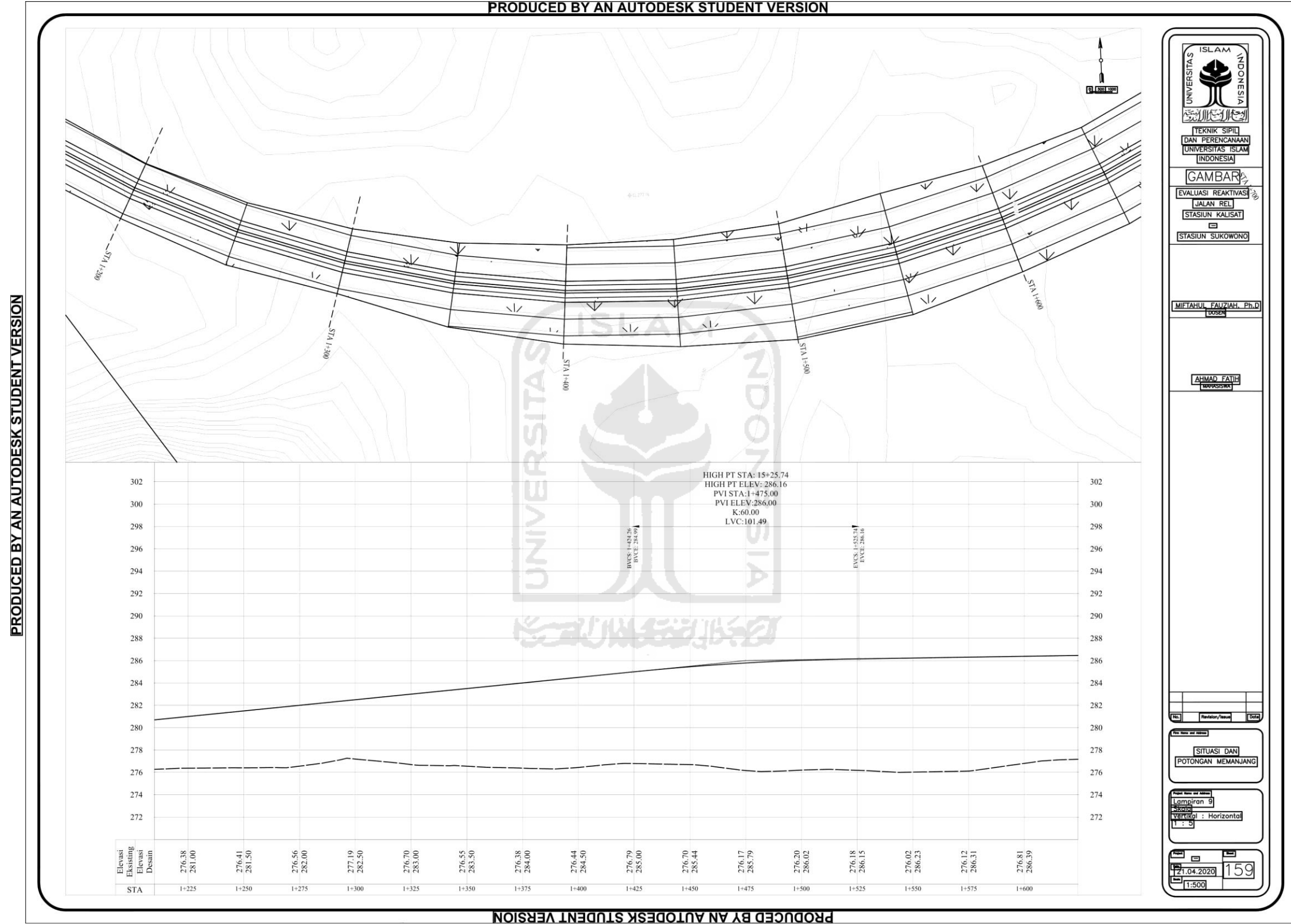
AHMAD FATIHA
SIVILISIA

SITUASI DAN
POTONGAN MEMANJANG

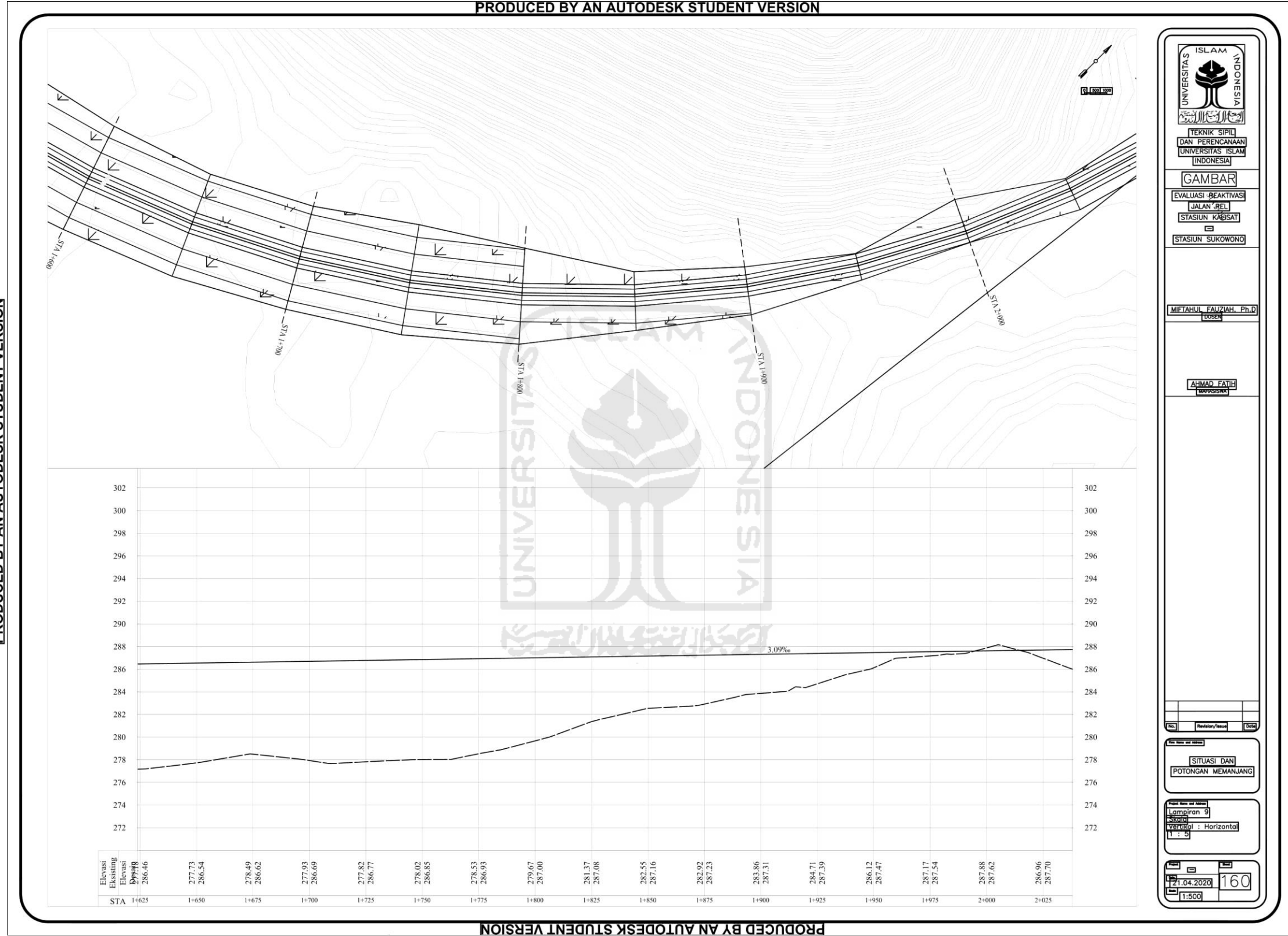
Lampiran 9
Skala : Horizontal
1 : 50

21.04.2020 158
1:500

Lanjutan Lampiran 10 Gambar Situasi dan Potongan Memanjang



Lanjutan Lampiran 10 Gambar Situasi dan Potongan Memanjang



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

ISLAM
UNIVERSITAS
INDONESIA

TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA

GAMBAR

EVALUASI REAKTIVASI
JALAN REL
STASIUN KABSAT
STASIUN SUKOWONO

MIETAHUL FAUZHIAH, Ph.D
DOSEN

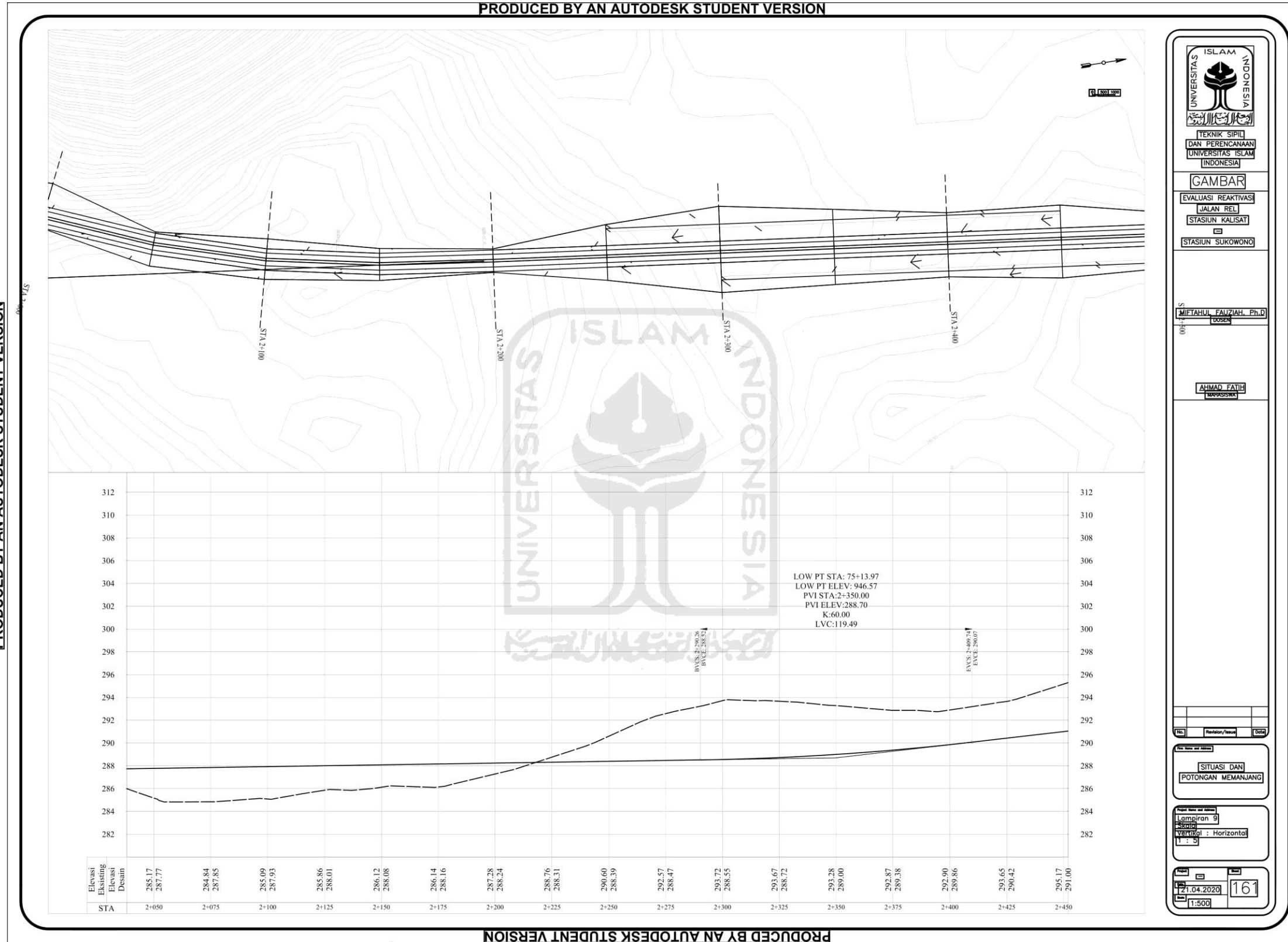
AHMAD FATIHA
SIPIL

SITUASI DAN
POTONGAN MEMANJANG

Lampiran 9
Skala
Vertikal : Horizontal
1 : 5

21.04.2020 160
1:500

Lanjutan Lampiran 10 Gambar Situasi dan Potongan Memanjang



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GAMBAR

EVALUASI REAKTIVASI
JALAN REL
STASIUN KALISAT
STASIUN SUKOWONO

MIFTAHUL FAUZHIAH, Ph.D
DOSEN

AHMAD FATIH
SAPUTRA

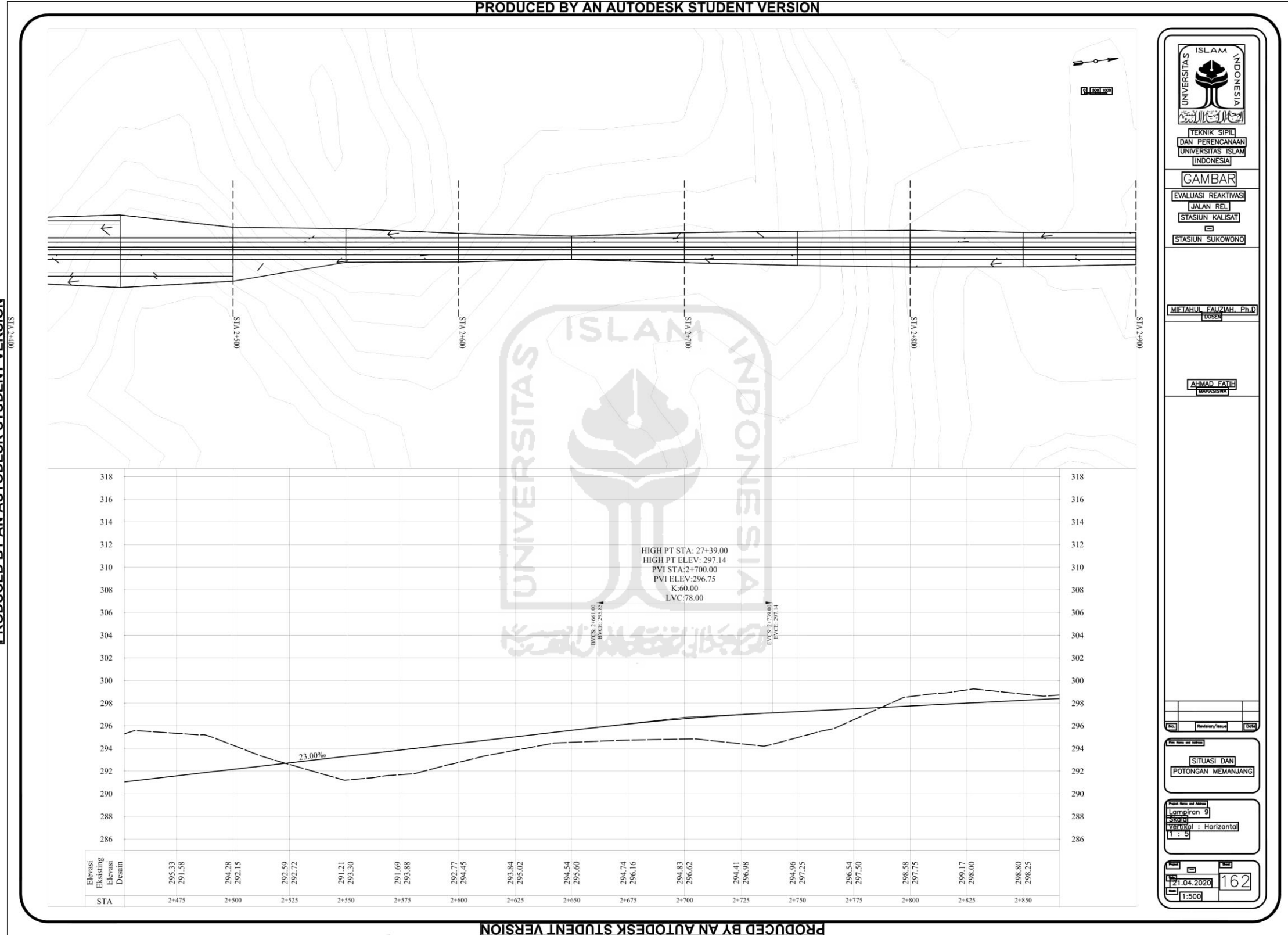
SITUASI DAN
POTONGAN MEMANJANG

Lampiran 9
Skala: Horizontal
1:500

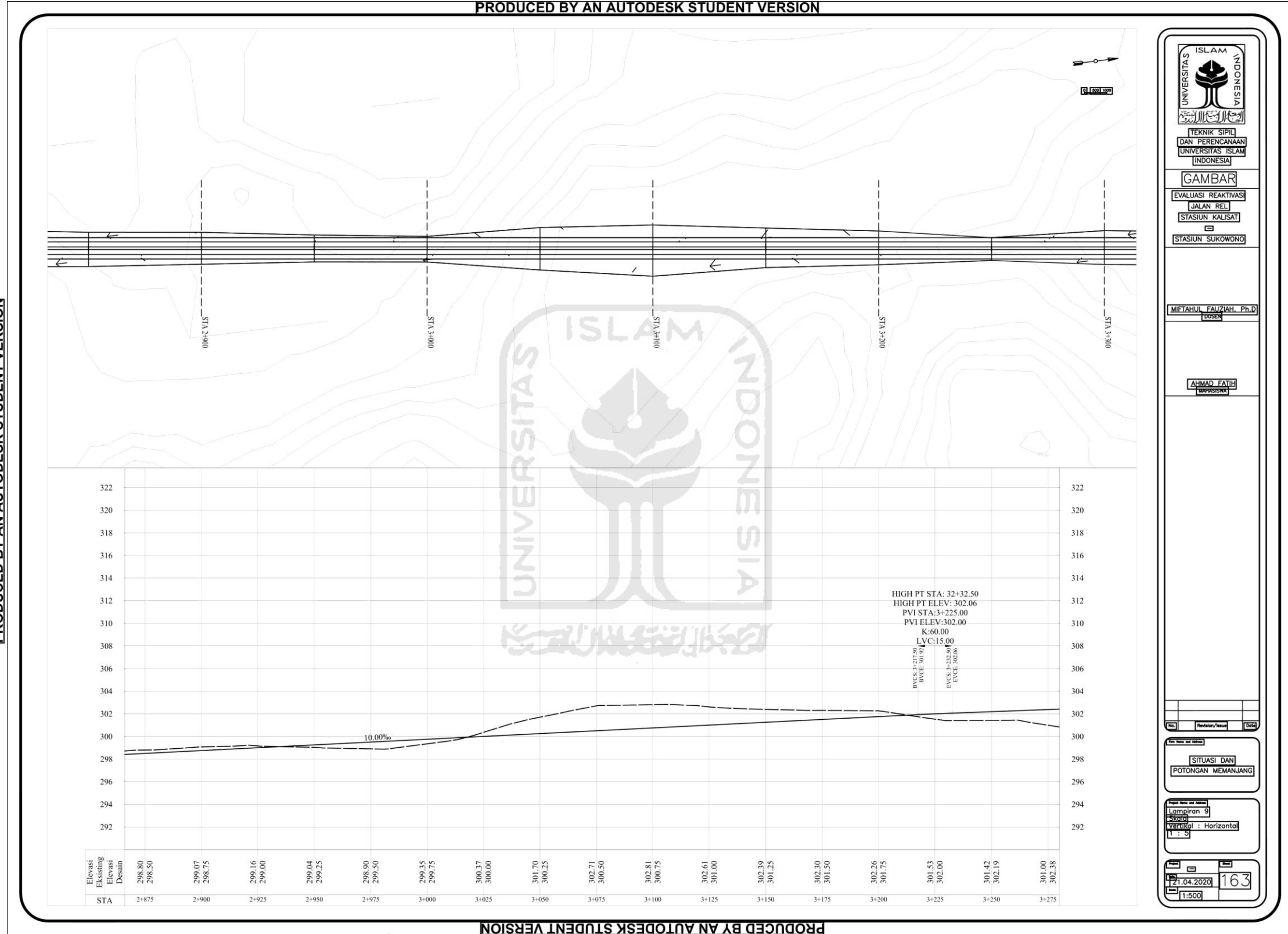
21.04.2020

161

Lanjutan Lampiran 10 Gambar Situasi dan Potongan Memanjang



Lanjutan Lampiran 10 Gambar Situasi dan Potongan Memanjang



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

ISLAM
UNIVERSITAS
INDONESIA

TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA

GAMBAR

EVALUASI REAKTIVASI
JALAN REL
STASIUN KALISAT
STASIUN SUKOWONO

MIETAHUI FAUZIAH, Ph.D
DOSEN

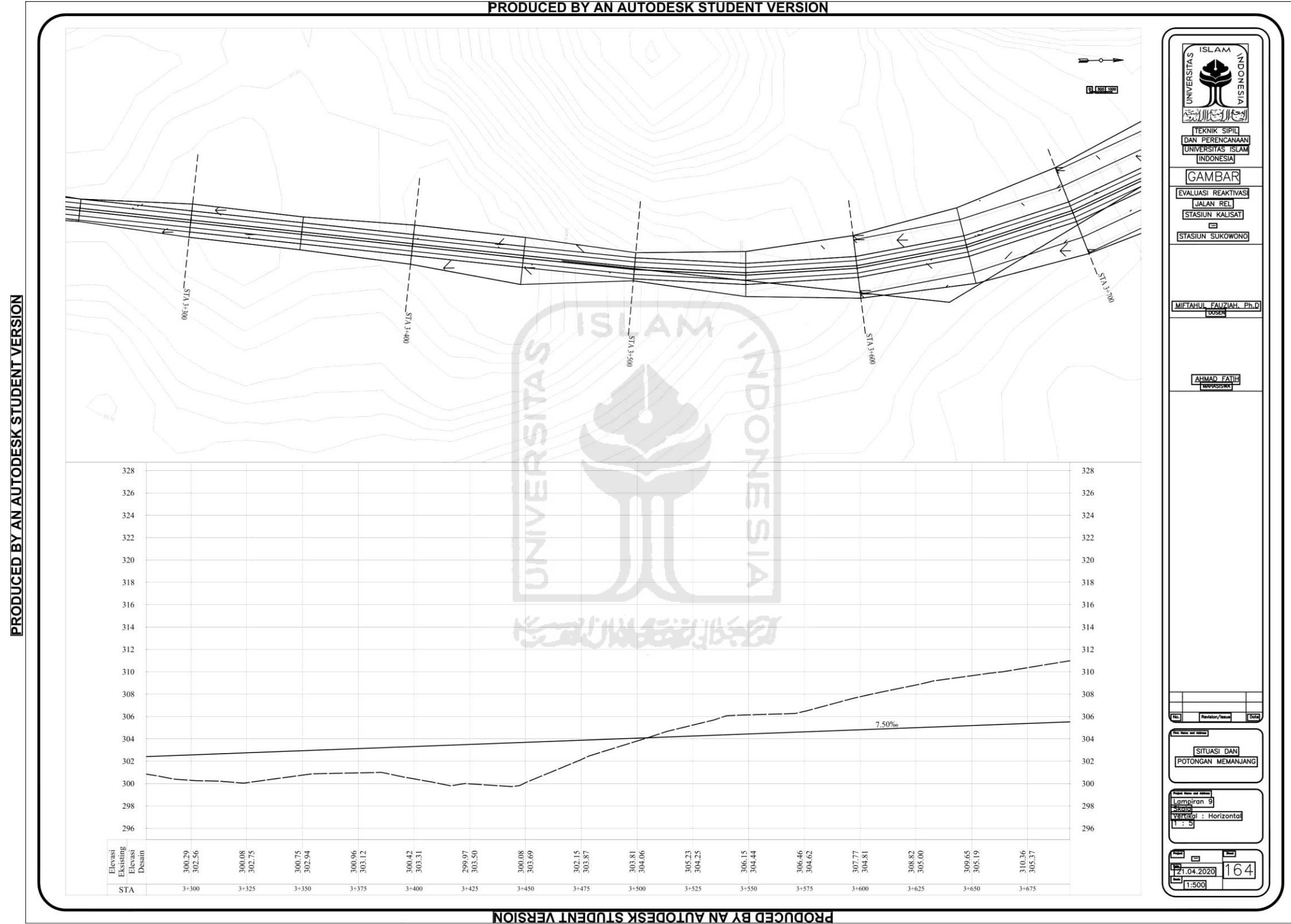
AHMAD FATIHA
SIPIL

SITUASI DAN
POTONGAN MEMANJANG

Lampiran 9
Skala
Vertikal : Horizontal
1 : 5


21.04.2020 163
1:500

Lanjutan Lampiran 10 Gambar Situasi dan Potongan Memanjang



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GAMBAR

EVALUASI REAKTIVASI
JALAN REL
STASIUN KALISAT
STASIUN SUKOWONO

MIFTAHUL FAUZHIAH, Ph.D
DOSEN

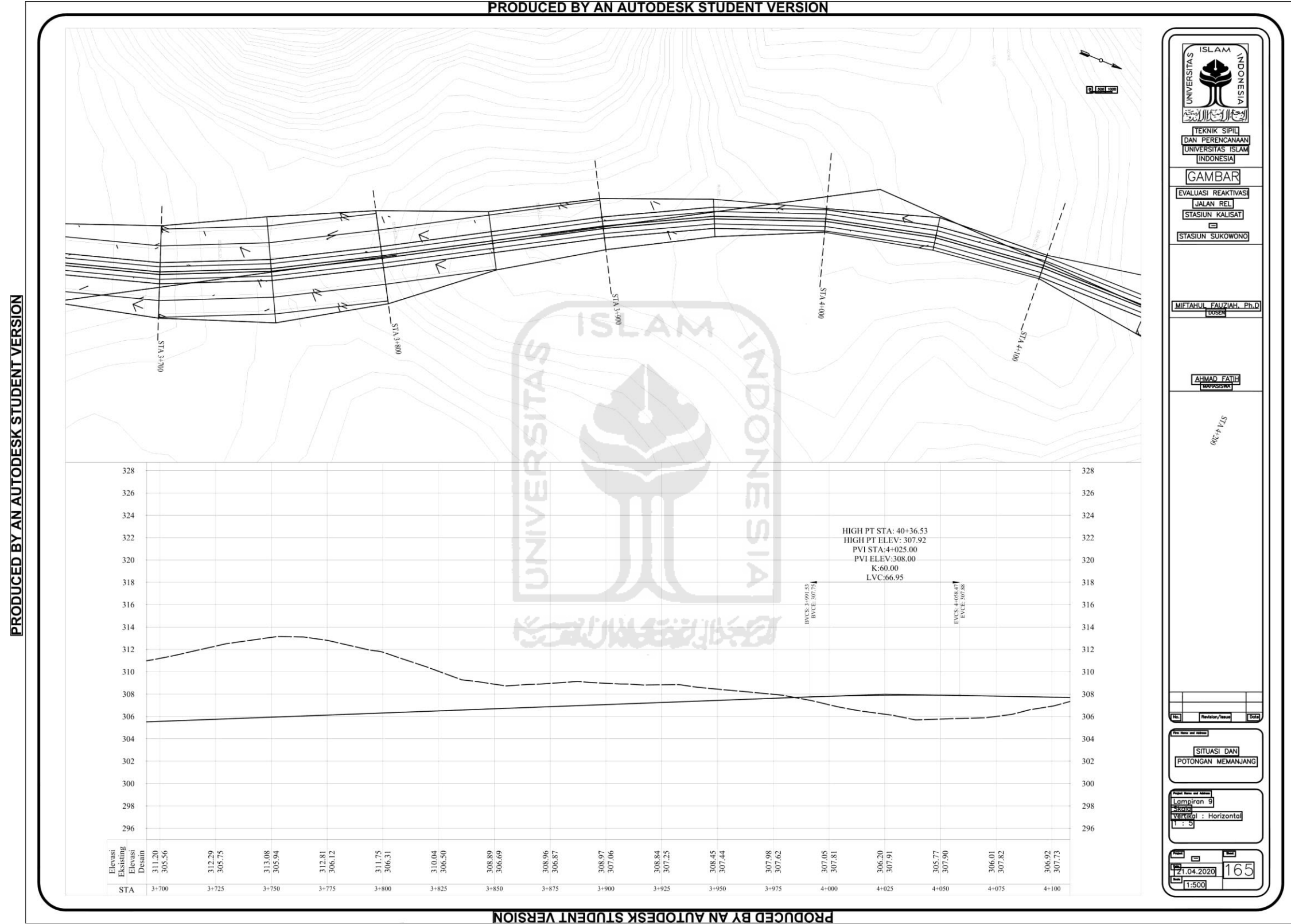
AHMAD FATIHAH
MAHASISWA

Situasi dan Potongan Memanjang

Lampiran 9
Skala: Horizontal 1:50

21.04.2020 164
1:500

Lanjutan Lampiran 10 Gambar Situasi dan Potongan Memanjang



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GAMBAR

EVALUASI REAKTIVASI
JALAN REL
STASIUN KALISAT
STASIUN SUKOWONO

MIFTAHUL FAUZHIAH, Ph.D
DOSEN

AHMAD FATIHAH
MAHASISWA

ST 4-20

SITUASI DAN
POTONGAN MEMANJANG

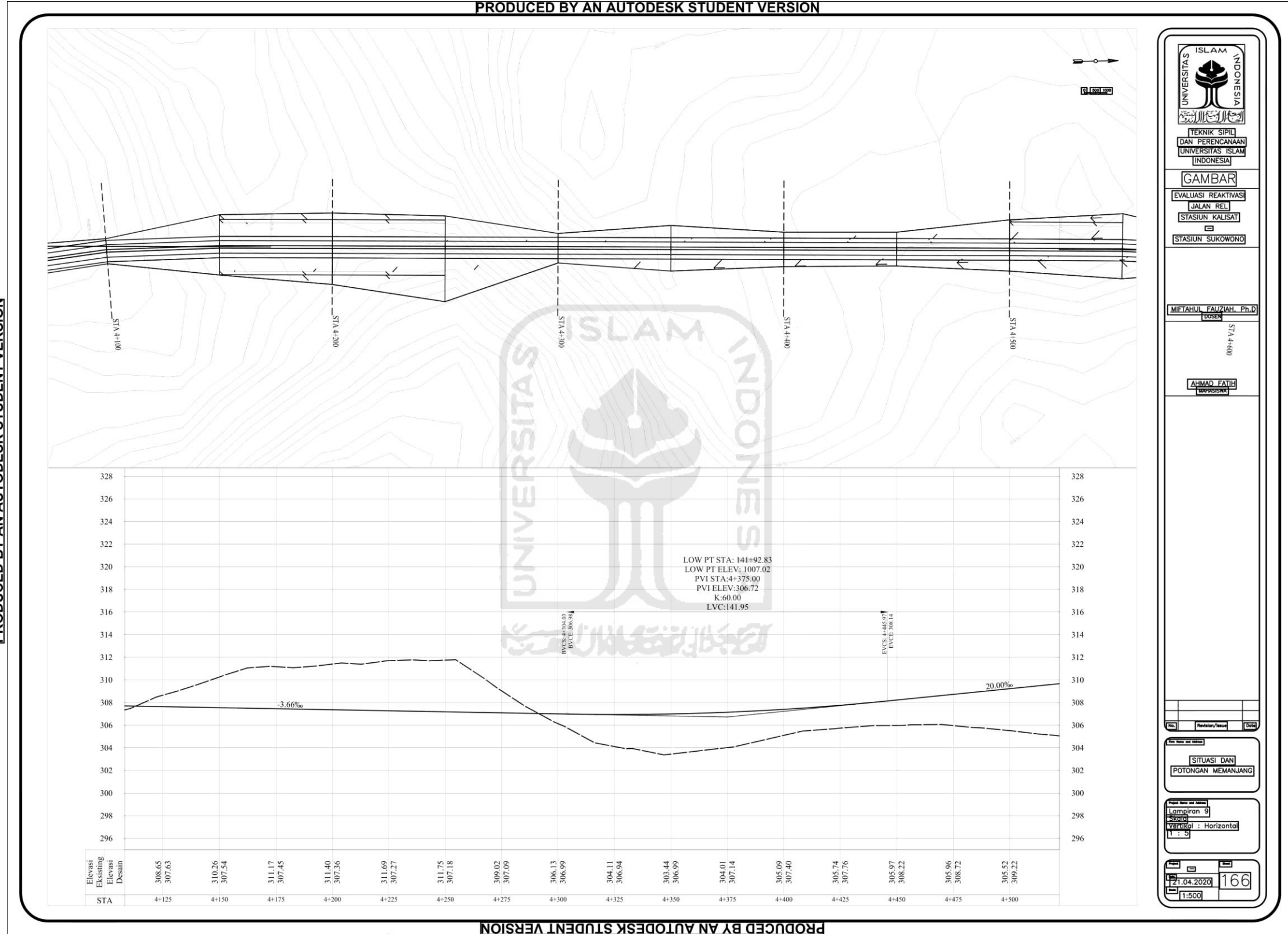
Lampiran 9
Skala : Horizontal
1 : 5

21.04.2020 165
1:500

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION


PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

Lanjutan Lampiran 10 Gambar Situasi dan Potongan Memanjang



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GAMBAR

EVALUASI REAKTIVASI
JALAN REL
STASIUN KALISAT
STASIUN SUKOWONO

MIETAHUL FAUZHIAH, Ph.D
DOSEN

STASIUN SUKOWONO

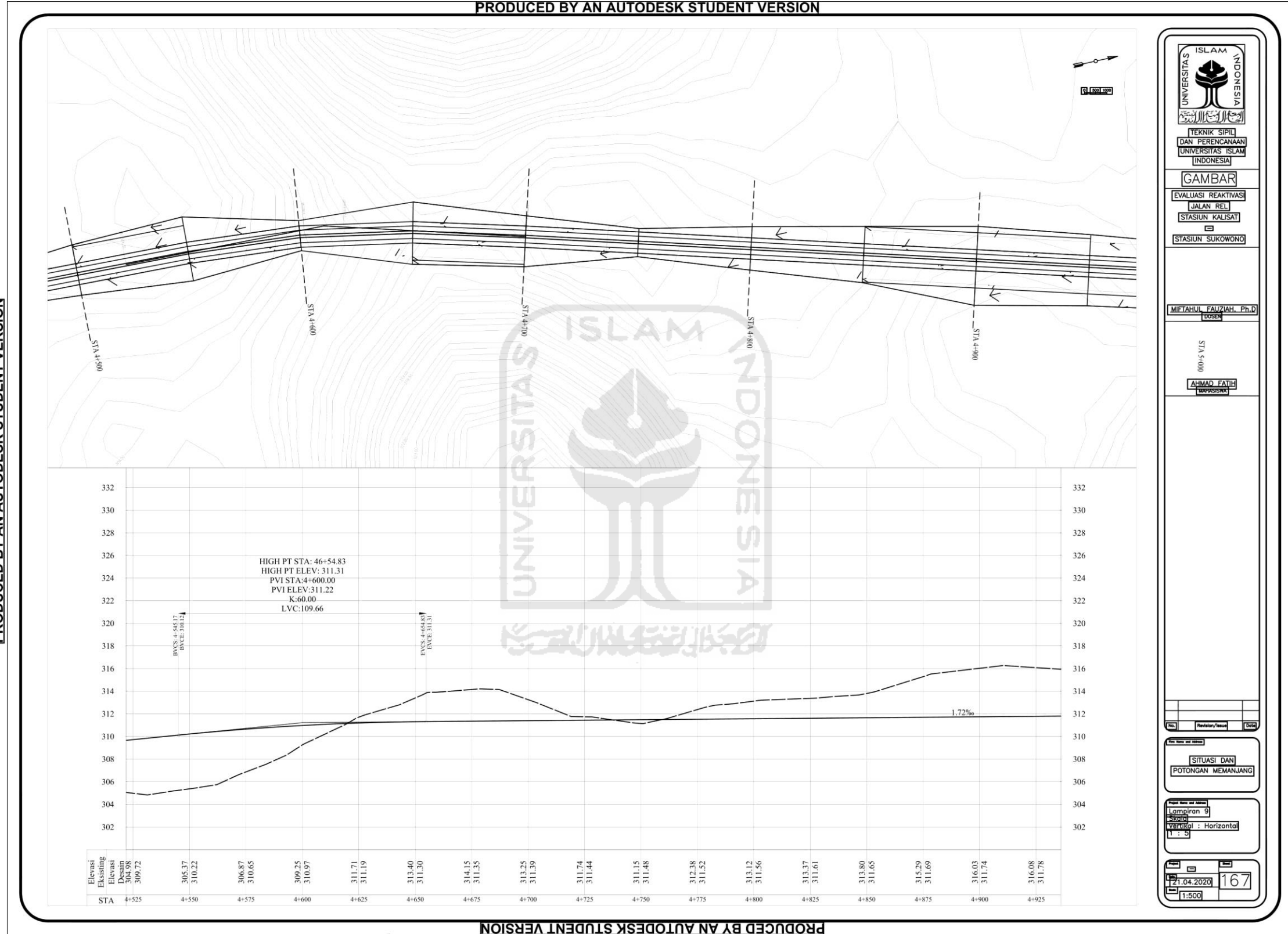
AHMAD FATIHA
SIPIL

SITUASI DAN
POTONGAN MEMANJANG

Lampiran 9
Skala: Horizontal
1:500

21.04.2020 166
1:500

Lanjutan Lampiran 10 Gambar Situasi dan Potongan Memanjang



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GAMBAR

EVALUASI REAKTIVASI
JALAN REL
STASIUN KALISAT
STASIUN SUKOWONO

MIETAHUL FAUZIAH, Ph.D
DOSEN

STAS 5+000
AHMAD FATIHA
SIPIL

SITUASI DAN
POTONGAN MEMANJANG

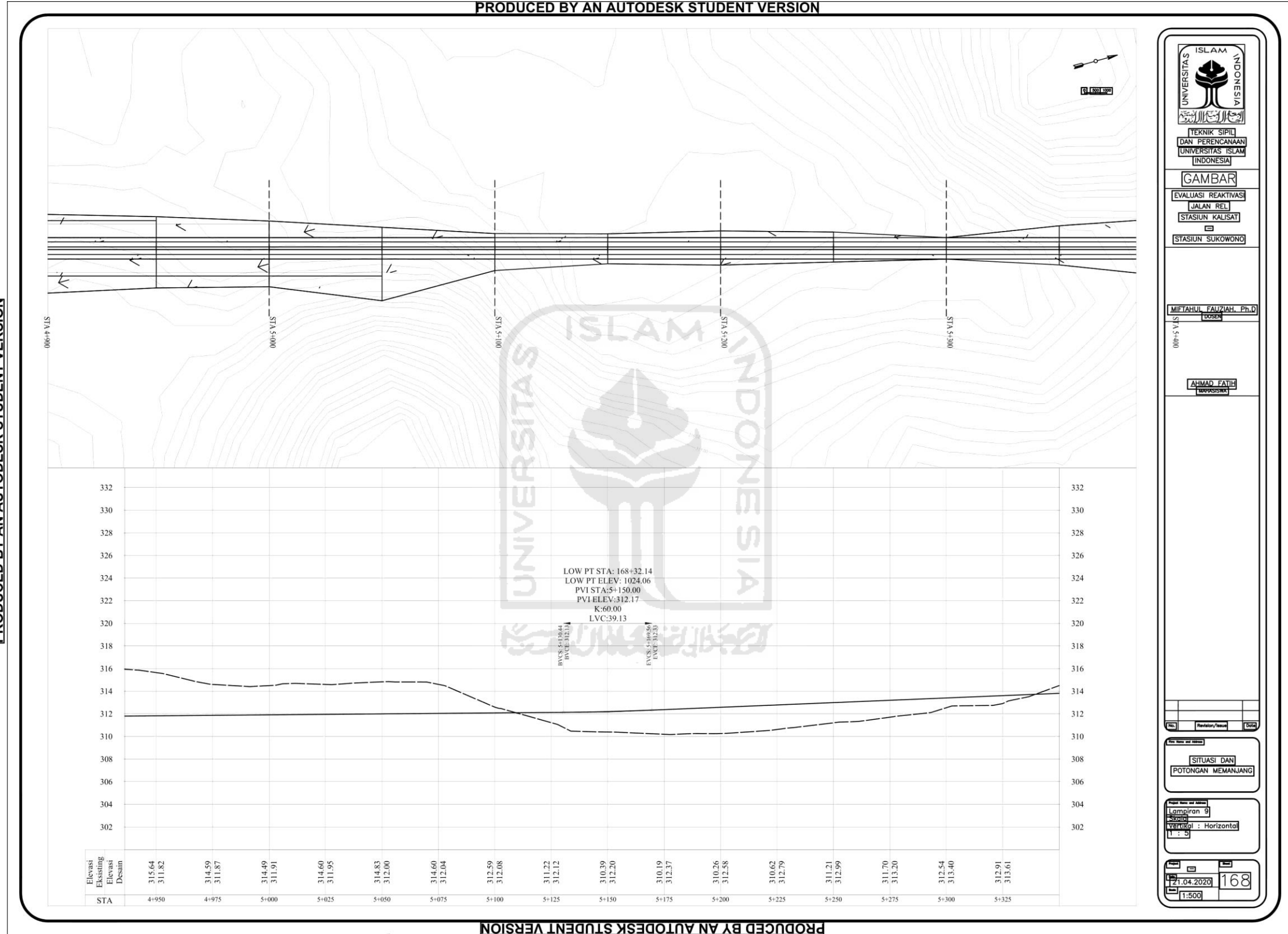
Lampiran 9
Skala
Vertikal : Horizontal
1 : 5

21.04.2020 167
1:500

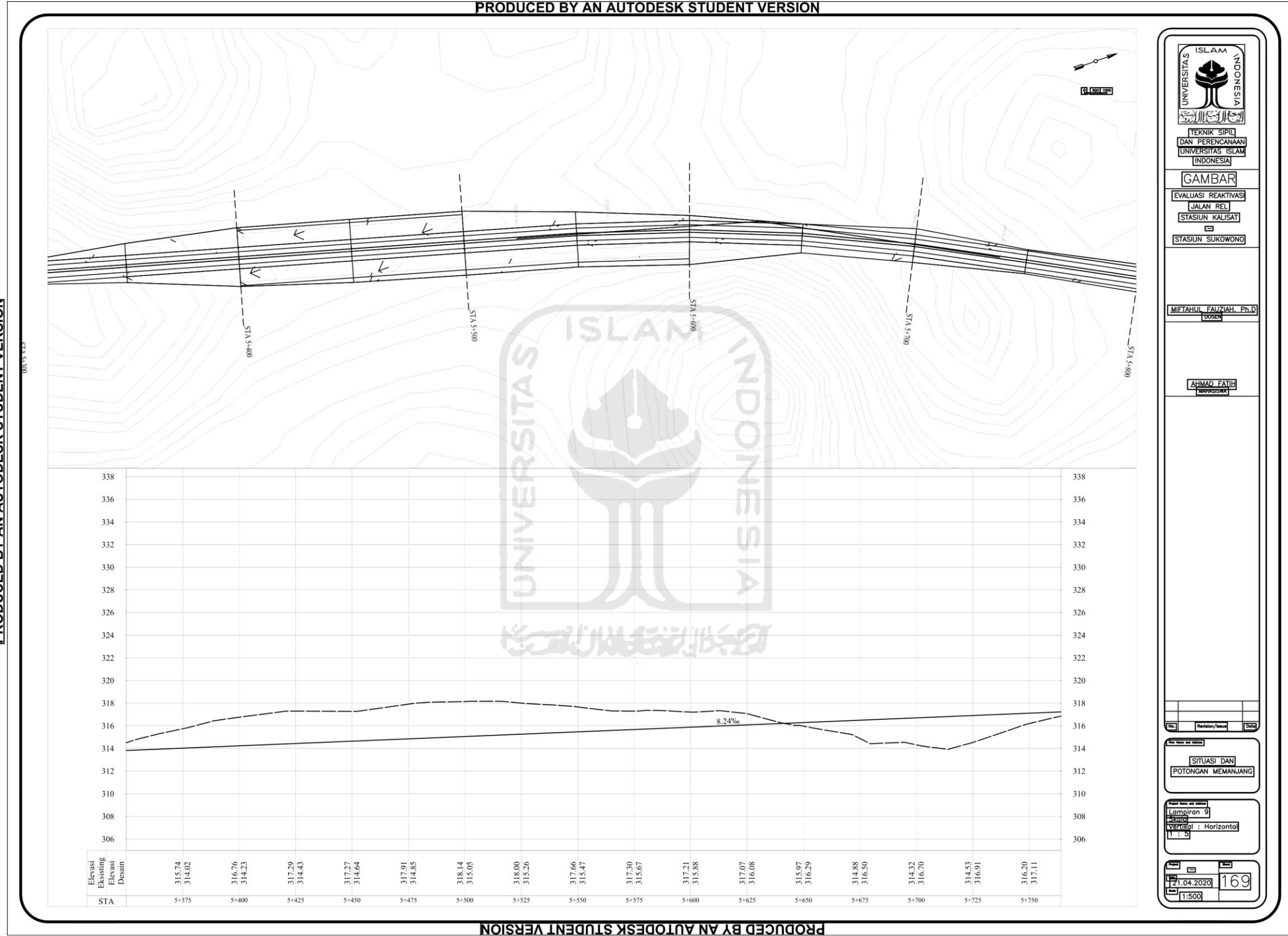
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

Lanjutan Lampiran 10 Gambar Situasi dan Potongan Memanjang



Lanjutan Lampiran 10 Gambar Situasi dan Potongan Memanjang



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GAMBAR

EVALUASI REAKTIVASI
JALAN REL
STASIUN KALISAT
STASIUN SUKOWONO

MIETAHUL FAUZHIAH, Ph.D
DOSEN

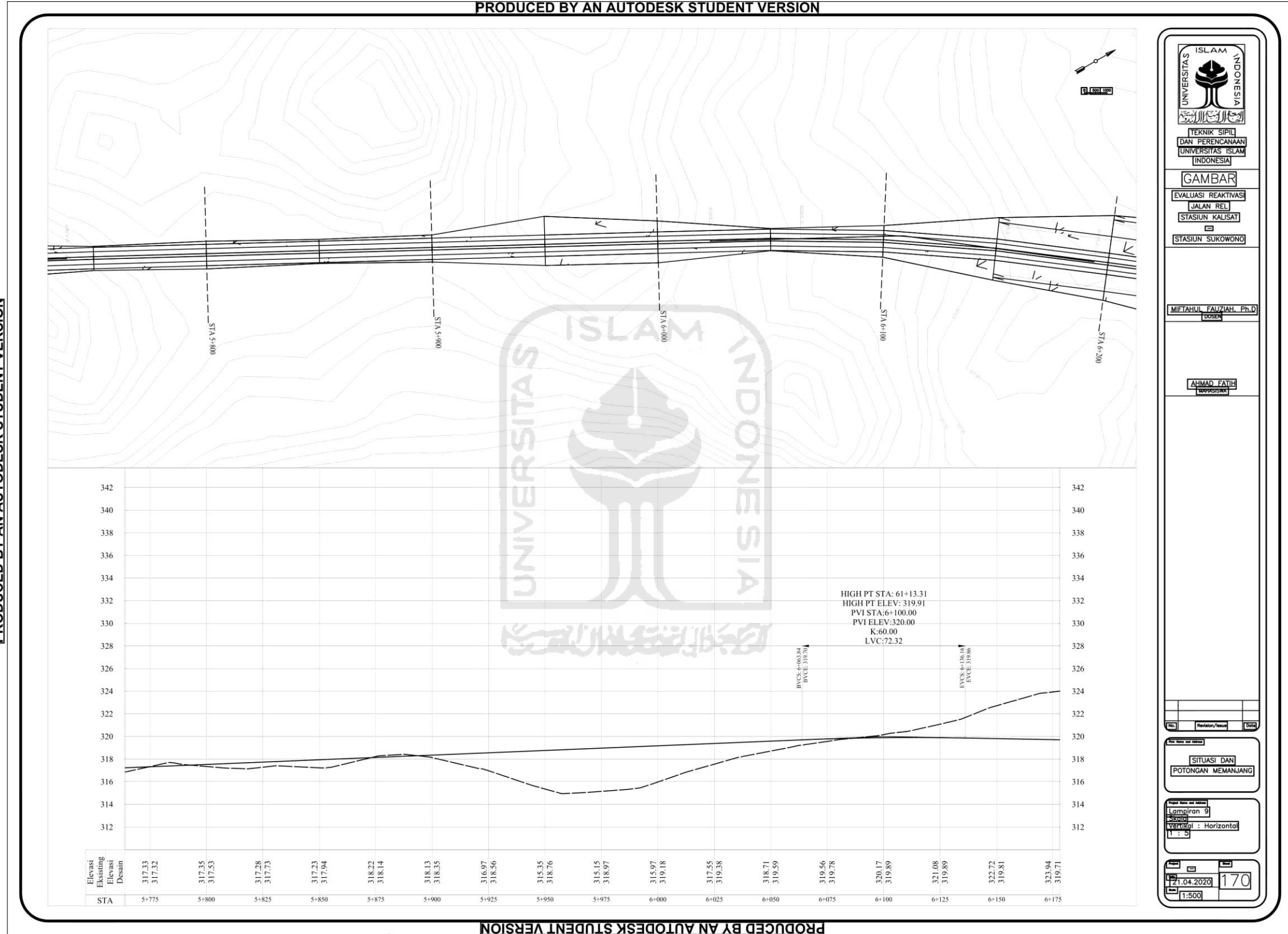
AHMAD FATIHA
SIVILISIA


SITUASI DAN
POTONGAN MEMANJANG

Lampiran 9
Skala
Orientasi : Horizontal
1 : 50

21.04.2020 169
1:500

Lanjutan Lampiran 10 Gambar Situasi dan Potongan Memanjang





UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GAMBAR

EVALUASI REAKTIVASI
JALAN REL
STASIUN KALISAT
STASIUN SUKOWONO

MIETAHUI FAUZIAH, Ph.D
DOSEN

AHMAD FATIH
MAHASISWA

SITUASI DAN
POTONGAN MEMANJANG

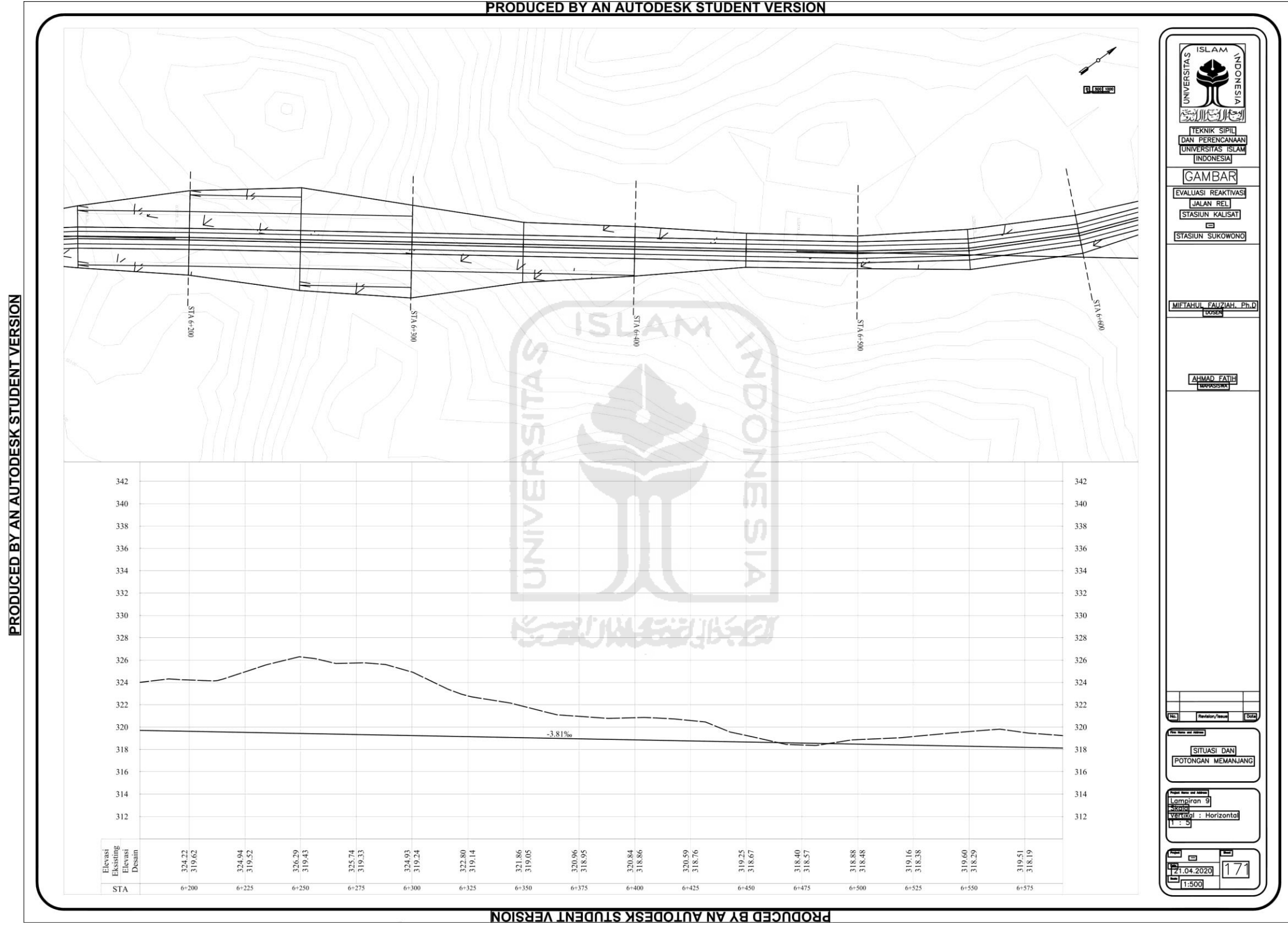
Lampiran 9
Skala: Horizontal
1:50

21.04.2020 170
1:500

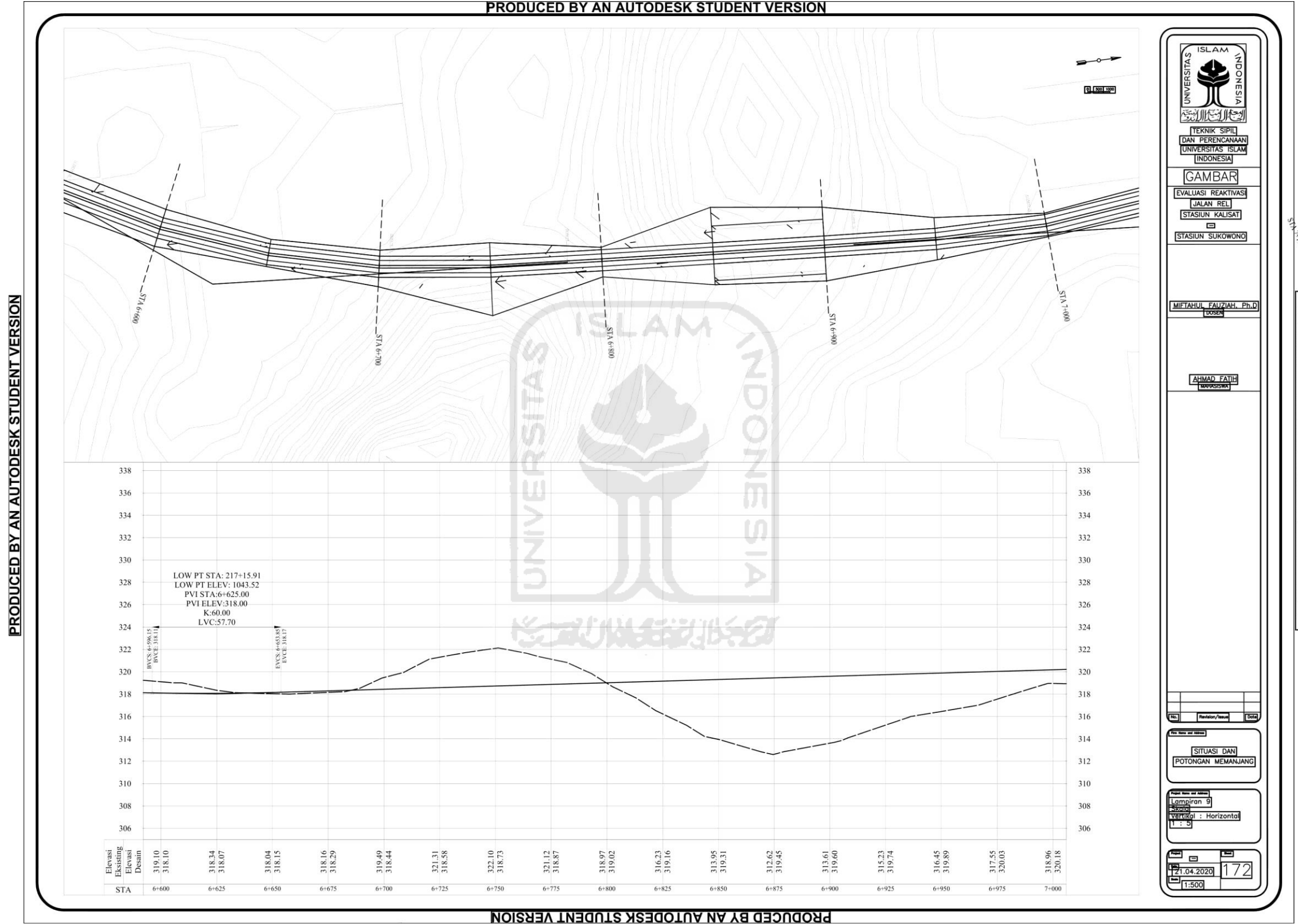
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

Lanjutan Lampiran 10 Gambar Situasi dan Potongan Memanjang



Lanjutan Lampiran 10 Gambar Situasi dan Potongan Memanjang



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GAMBAR

EVALUASI REAKTIVASI
JALAN REL
STASIUN KALISAT
STASIUN SUKOWONO

MIETAHUL FAUZHIAH, Ph.D
DOSEN

AHMAD FATIH
MAHASISWA

SITUASI DAN
POTONGAN MEMANJANG

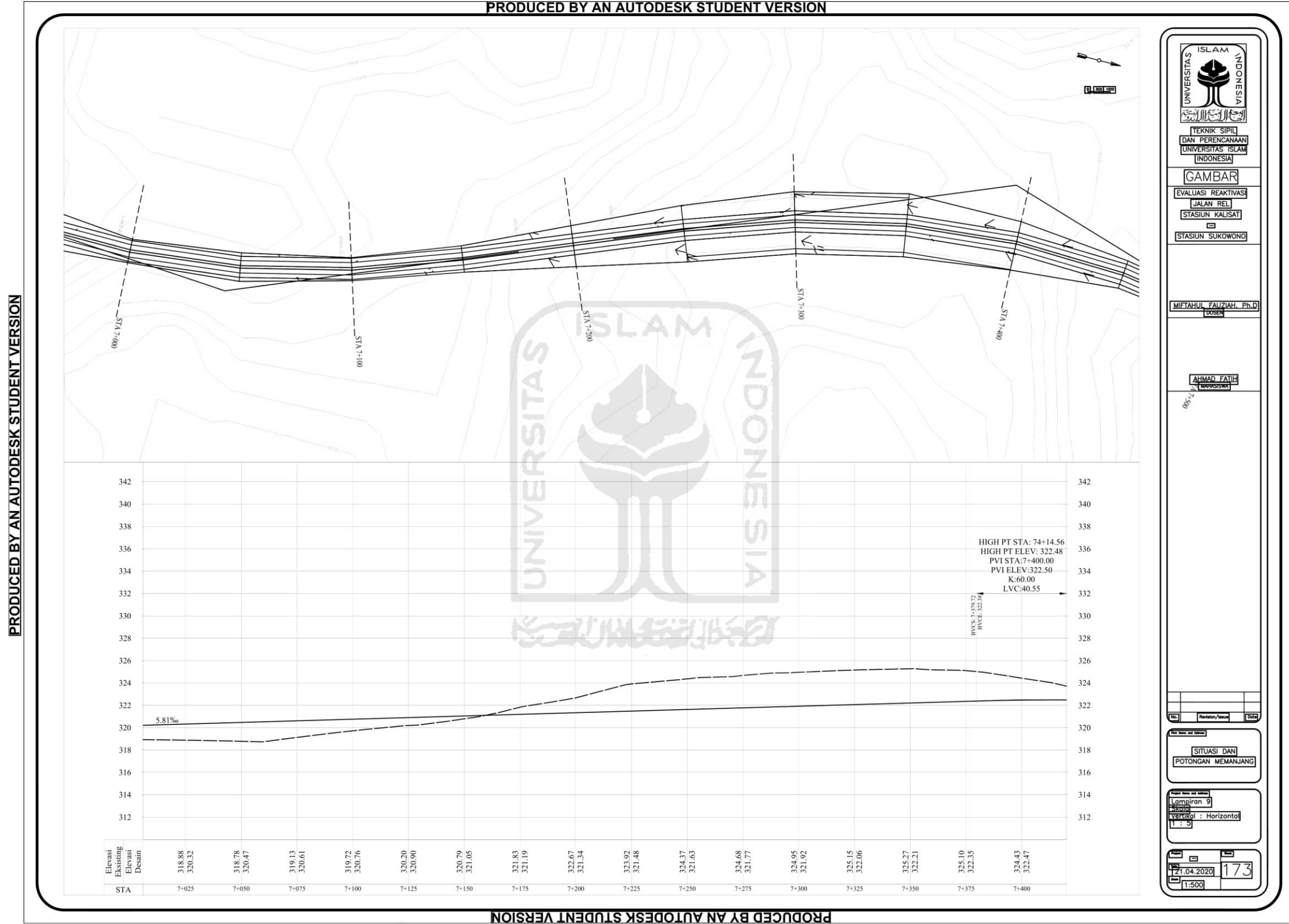
Lampiran 9
Skala: Horizontal
1: - 5

21.04.2020 172
1:500

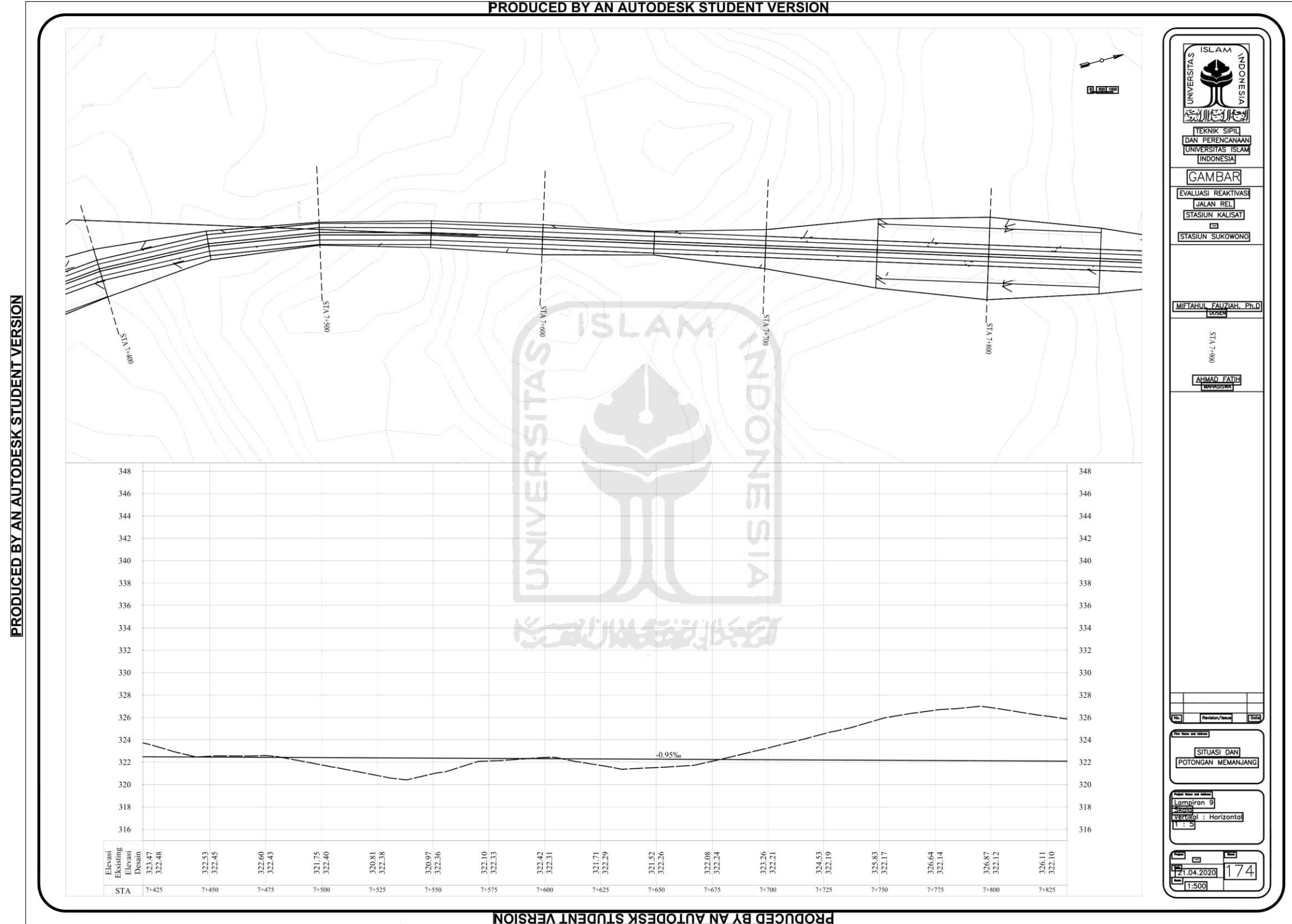
SKA-1100

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

Lanjutan Lampiran 10 Gambar Situasi dan Potongan Memanjang



Lanjutan Lampiran 10 Gambar Situasi dan Potongan Memanjang



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GAMBAR

EVALUASI REAKTIVASI
JALAN REL
STASIUN KALISAT
STASIUN SUKOWONO

MIETAHUI FAUZIAH, Ph.D
DOSEN

006-L VIS
AHMAD FATIHA
SIVILISMA

SITUASI DAN
POTONGAN MEMANJANG

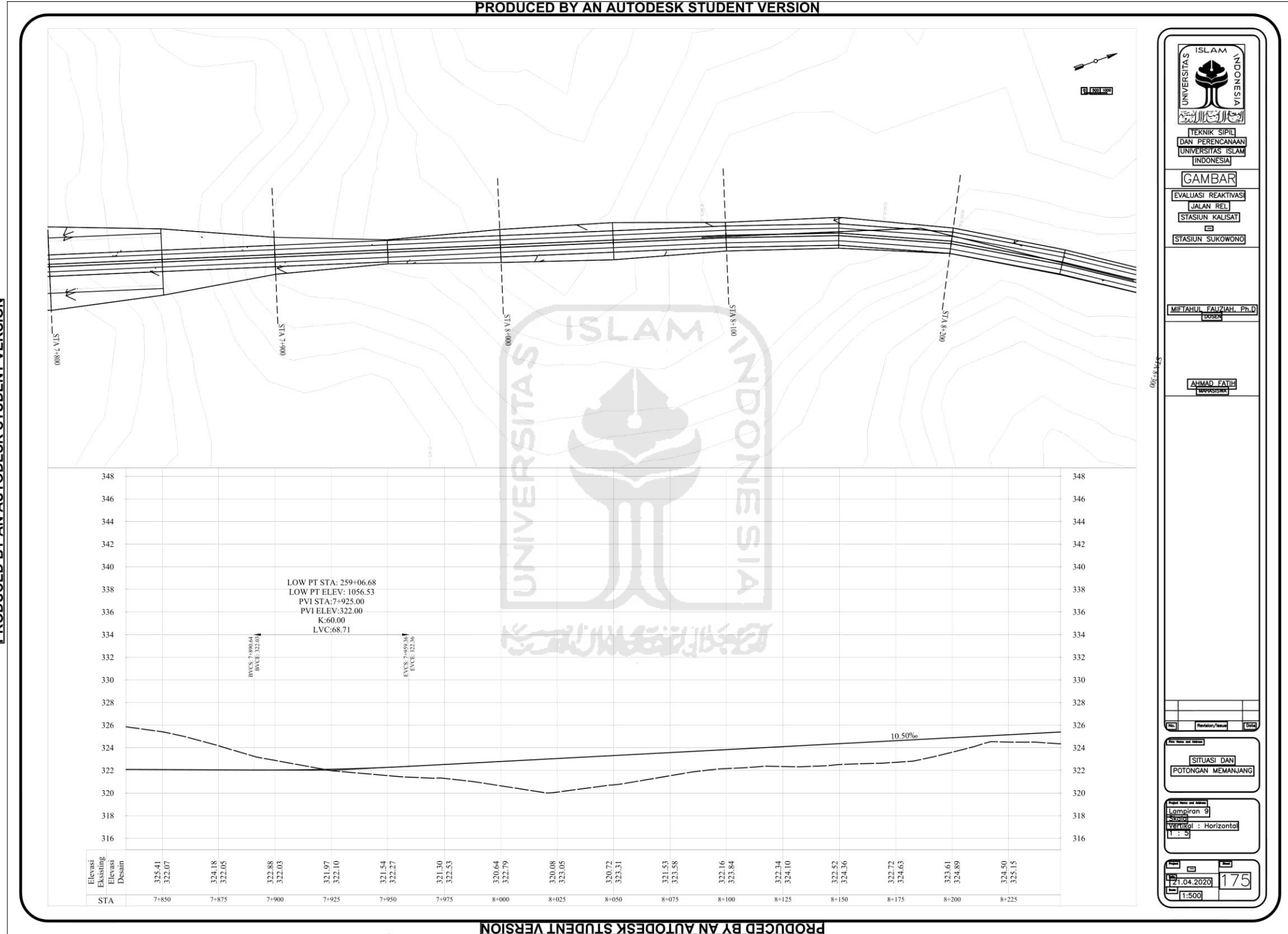
Lampiran 9
Skala : Horizontal
1 : 50

21.04.2020 174
1:500

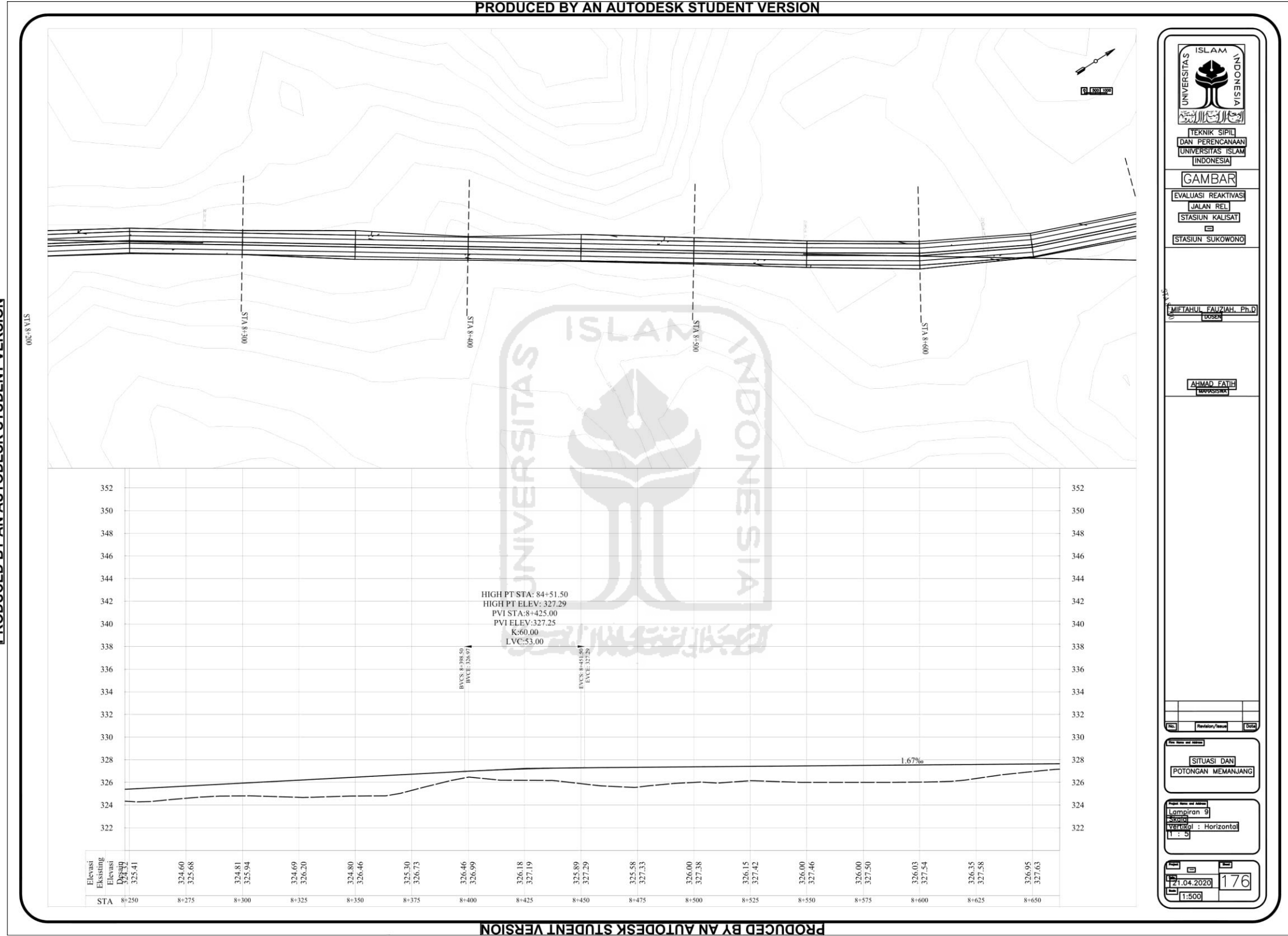
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

Lanjutan Lampiran 10 Gambar Situasi dan Potongan Memanjang



Lanjutan Lampiran 10 Gambar Situasi dan Potongan Memanjang



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

ISLAM
UNIVERSITAS
INDONESIA

TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA

GAMBAR

EVALUASI REAKTIVASI
JALAN REL
STASIUN KALISAT
STASIUN SUKOWONO

MIFTAHUL FAUZHIAH, Ph.D
Dosen

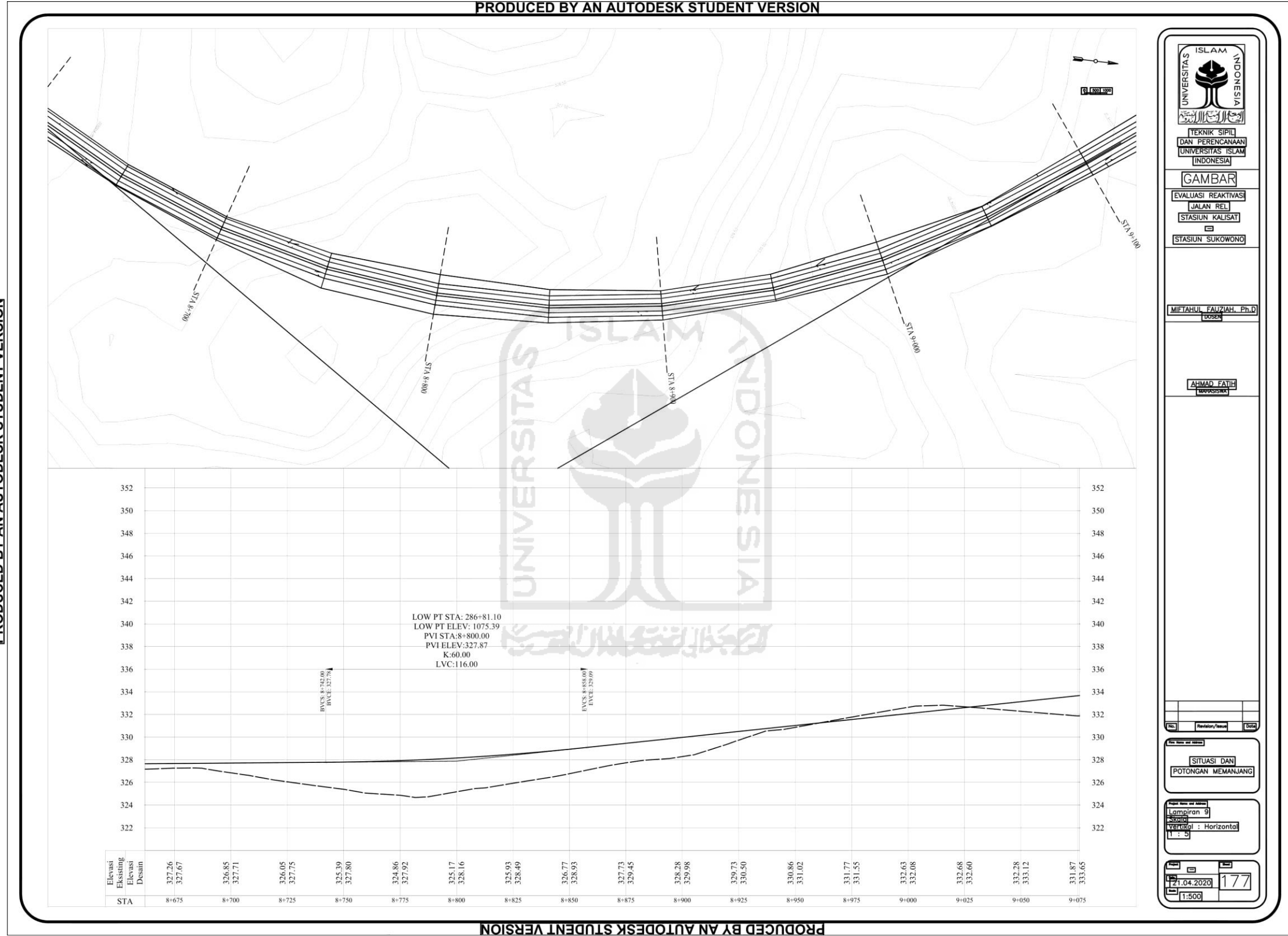
AHMAD FATIHA
Mahasiswa

SITUASI DAN
POTONGAN MEMANJANG

Lampiran 9
Skala
Vertikal : Horizontal
1 : 5

21.04.2020 176
1:500

Lanjutan Lampiran 10 Gambar Situasi dan Potongan Memanjang



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

ISLAM
UNIVERSITAS
INDONESIA

TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA

GAMBAR

EVALUASI REAKTIVASI
JALAN REL
STASIUN KALISAT
STASIUN SUKOWONO

MIETAHUL FAUZHIAH, Ph.D
DOSEN

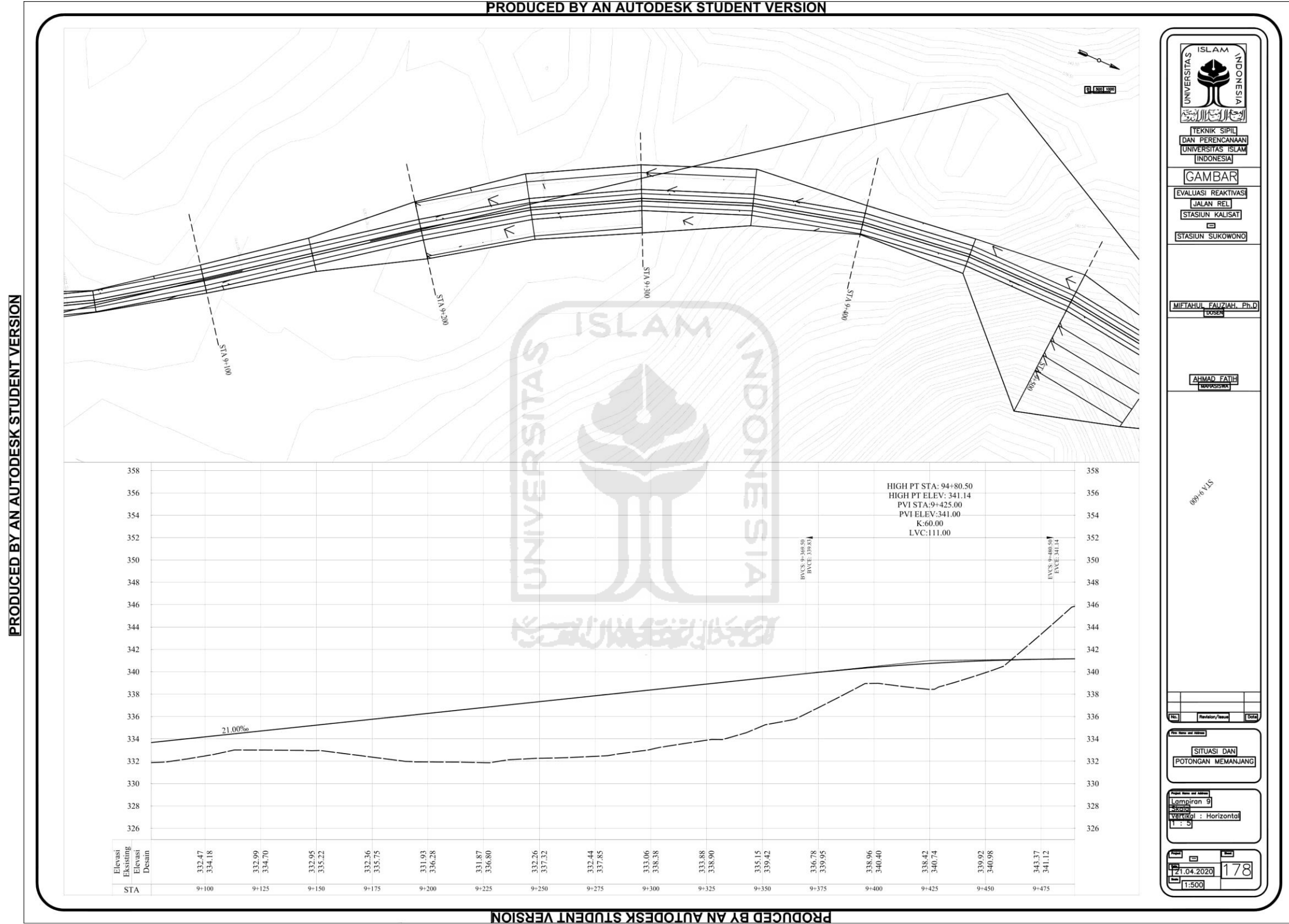
AHMAD FATIHA
SIVILISIA

SITUASI DAN
POTONGAN MEMANJANG

Lampiran 9
Skala
Orientasi : Horizontal
1 : 50

21.04.2020 177
1:500

Lanjutan Lampiran 10 Gambar Situasi dan Potongan Memanjang



ISLAM INDONESIA
UNIVERSITAS

TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA

GAMBAR

EVALUASI REAKTIVASI
JALAN REL
STASIUN KALISAT
STASIUN SUKOWONO

MIETAHUI FAUZHIAH, Ph.D
DOSEN

AHMAD FATIHA
SIPIL

SITUASI DAN
POTONGAN MEMANJANG

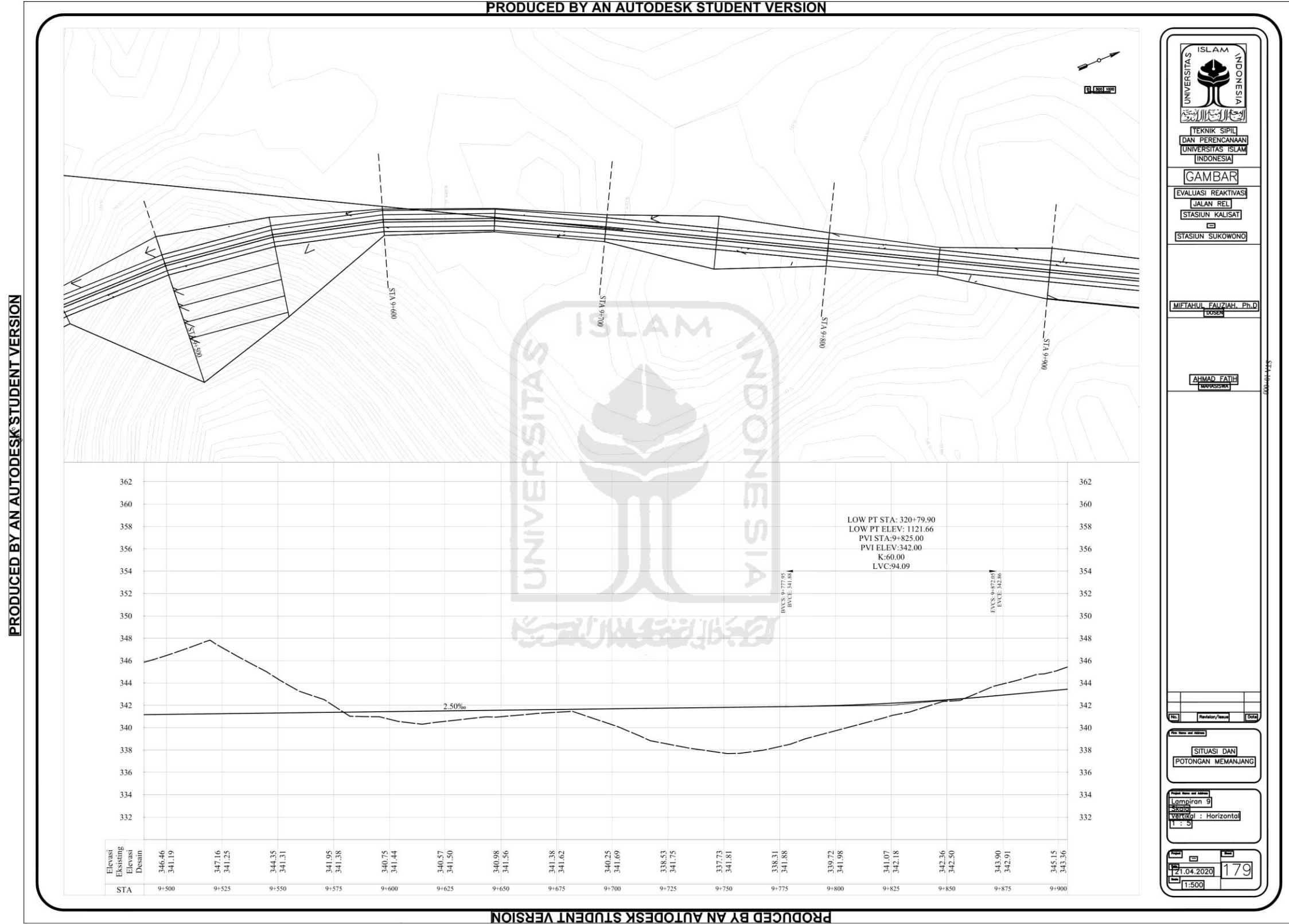
Lampiran 9
Skala : Horizontal
1 : 50

21.04.2020 178
1:500

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

Lanjutan Lampiran 10 Gambar Situasi dan Potongan Memanjang



ISLAM INDONESIA
UNIVERSITAS

TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA

GAMBAR

EVALUASI REAKTIVASI
JALAN REL
STASIUN KALISAT
STASIUN SUKOWONO

MIETAHUL FAUZHIAH, Ph.D
DOSEN

AHMAD FATIHA
MAHASISWA

SITUASI DAN
POTONGAN MEMANJANG

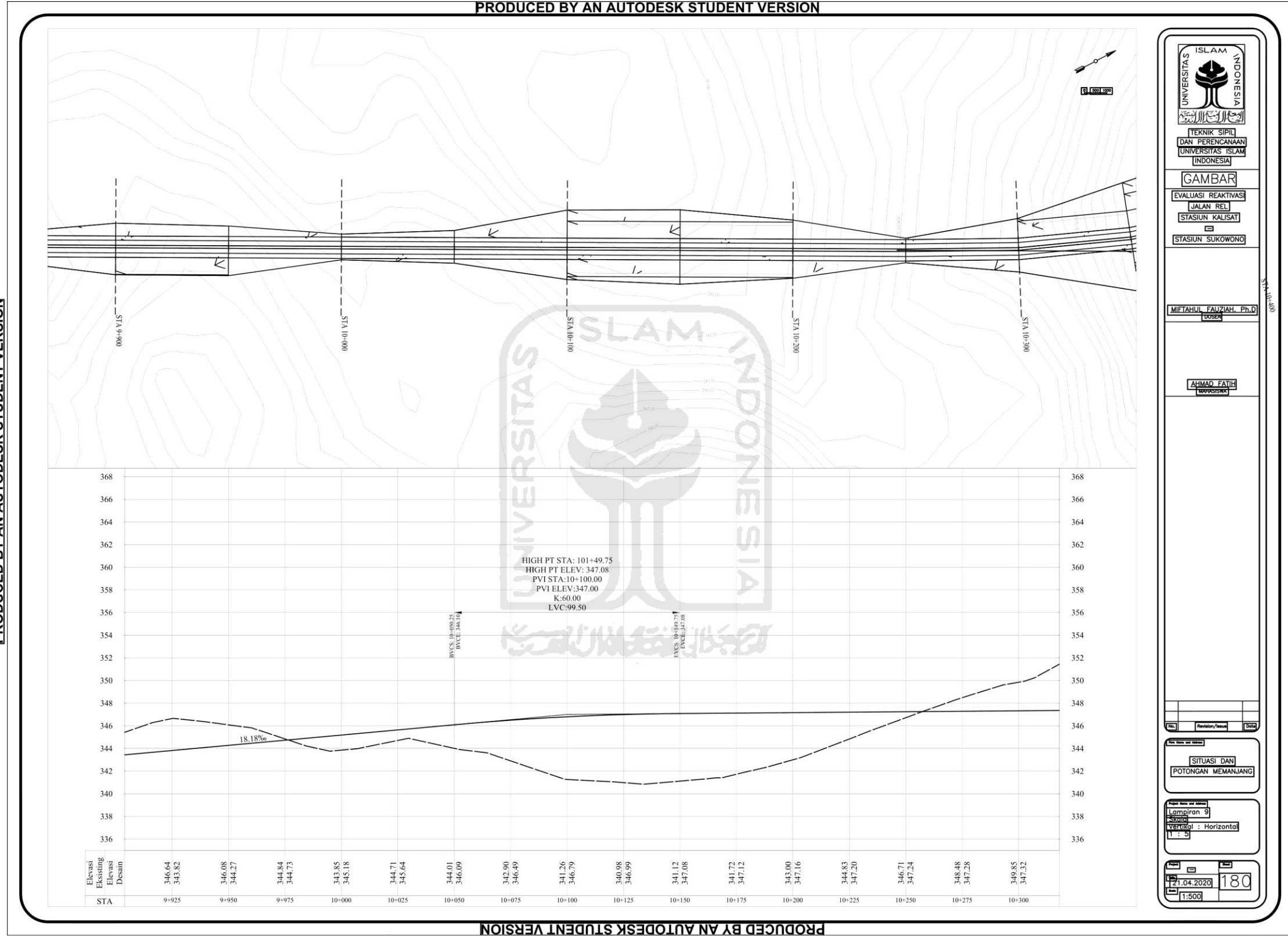
Lampiran 9
Skala
Vertikal : Horizontal
1 : 5

21.04.2020 179
1:500

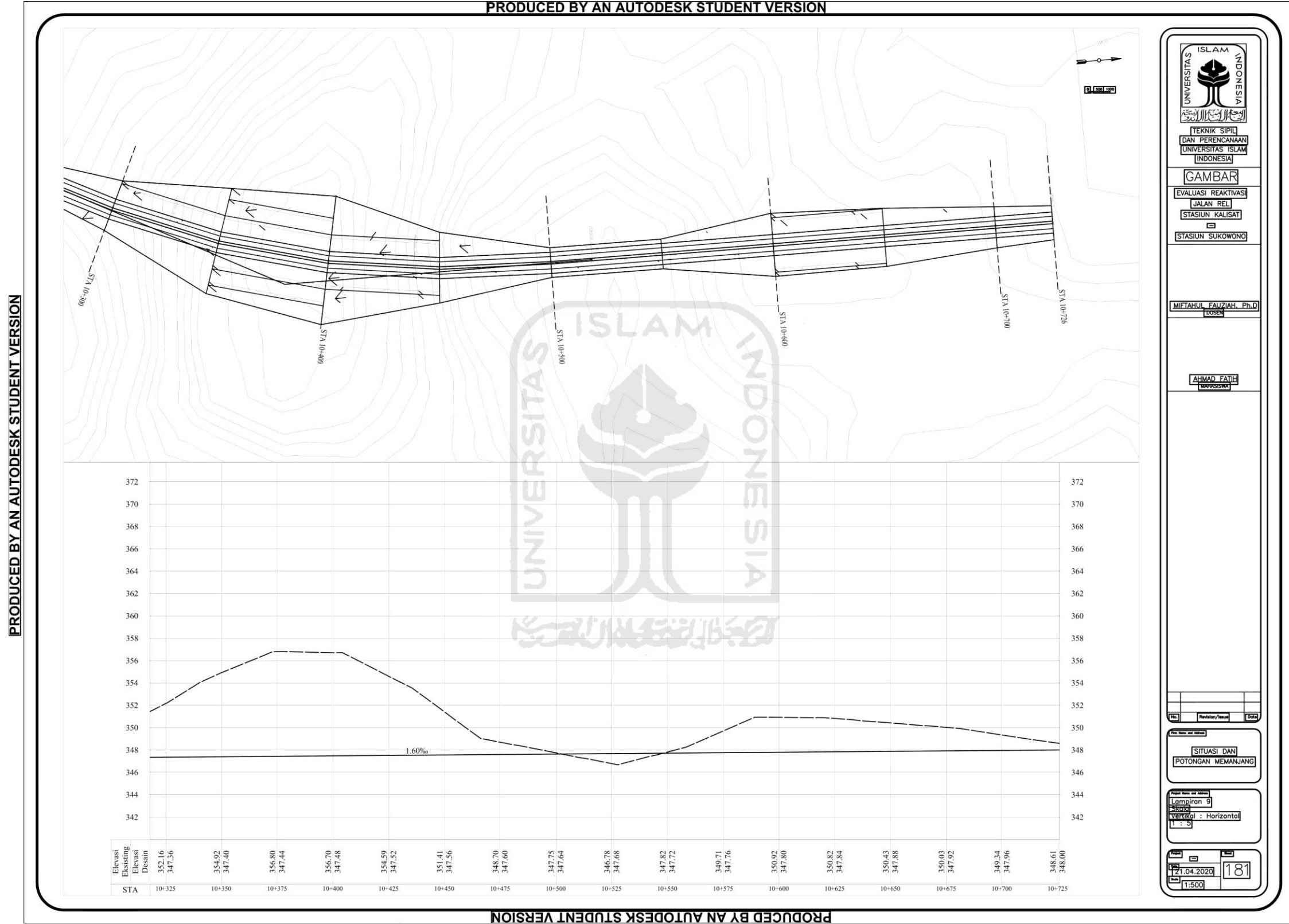
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

Lanjutan Lampiran 10 Gambar Situasi dan Potongan Memanjang



Lanjutan Lampiran 10 Gambar Situasi dan Potongan Memanjang



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

ISLAM
UNIVERSITAS
INDONESIA

TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA

GAMBAR

EVALUASI REAKTIVASI
JALAN REL
STASIUN KALISAT
STASIUN SUKOWONO

MIETAHUL FAUZIAH, Ph.D
DOSEN

AHMAD FATIHA
SIVILISIA

SITUASI DAN
POTONGAN MEMANJANG

Lampiran 9
Skala
Vertikal : Horizontal
1 : 5

21.04.2020 181
1:500

Lampiran 11 Report Volume Balas dan Subbalas

<i>STA</i>	<i>Material</i>	<i>Include Volume (Cu.m)</i>	<i>Cummulative Volume (Cu.m)</i>
Station: 0+000	Balas	0,00	0,00
	Subbalas	0,00	0,00
Station: 0+100	Balas	114,59	114,59
	Subbalas	129,37	129,37
Station: 0+200.000	Balas	114,59	229,18
	Subbalas	129,37	258,75
Station: 0+300.000	Balas	114,59	343,77
	Subbalas	129,37	388,12
Station: 0+400.000	Balas	114,59	458,36
	Subbalas	129,37	517,50
Station: 0+500.000	Balas	114,59	572,95
	Subbalas	129,38	646,87
Station: 0+600.000	Balas	114,59	687,54
	Subbalas	129,37	776,25
Station: 0+700.000	Balas	114,59	802,14
	Subbalas	129,38	905,62
Station: 0+800.000	Balas	114,59	916,73
	Subbalas	129,38	1.035,00
Station: 0+900.000	Balas	114,59	1.031,32
	Subbalas	129,38	1.164,38
Station: 1+000.000	Balas	115,12	1.146,44
	Subbalas	129,63	1.294,00
Station: 1+100.000	Balas	115,64	1.262,08
	Subbalas	129,88	1.423,88
Station: 1+200.000	Balas	115,64	1.377,73
	Subbalas	129,88	1.553,76
Station: 1+300.000	Balas	115,64	1.493,37
	Subbalas	129,88	1.683,64
Station: 1+400.000	Balas	115,64	1.609,01
	Subbalas	129,88	1.813,52
Station: 1+500.000	Balas	115,64	1.724,65
	Subbalas	129,88	1.943,40
Station: 1+600.000	Balas	115,64	1.840,30
	Subbalas	129,88	2.073,28
Station: 1+700.000	Balas	115,64	1.955,94
	Subbalas	129,88	2.203,16

Lanjutan Lampiran 11 Report Volume Balas dan Subbalas

<i>STA</i>	<i>Material</i>	<i>Include Volume (Cu.m)</i>	<i>Cumulative Volume (Cu.m)</i>
Station: 1+800.000	Balas	115,64	2.071,58
	Subbalas	129,88	2.333,04
Station: 1+900.000	Balas	115,64	2.187,23
	Subbalas	129,88	2.462,92
Station: 2+000.000	Balas	115,64	2.302,87
	Subbalas	129,88	2.592,80
Station: 2+100.000	Balas	115,64	2.418,51
	Subbalas	129,88	2.722,68
Station: 2+200.000	Balas	115,12	2.533,63
	Subbalas	129,63	2.852,31
Station: 2+300.000	Balas	114,59	2.648,22
	Subbalas	129,37	2.981,68
Station: 2+400.000	Balas	114,59	2.762,82
	Subbalas	129,38	3.111,06
Station: 2+500.000	Balas	114,59	2.877,41
	Subbalas	129,38	3240,43
Station: 2+600.000	Balas	114,59	2.992,00
	Subbalas	129,37	3.369,81
Station: 2+700.000	Balas	114,59	3.106,59
	Subbalas	129,37	3.499,18
Station: 2+800.000	Balas	114,59	3.221,18
	Subbalas	129,37	3.628,56
Station: 2+900.000	Balas	114,59	3.335,77
	Subbalas	129,37	3.757,93
Station: 3+000.000	Balas	114,59	3.450,36
	Subbalas	129,37	3.887,31
Station: 3+100.000	Balas	114,59	3.564,95
	Subbalas	129,38	4.016,68
Station: 3+200.000	Balas	114,59	3.679,54
	Subbalas	129,38	4.146,06
Station: 3+300.000	Balas	114,59	3.794,13
	Subbalas	129,38	4.275,43
Station: 3+400.000	Balas	114,59	3.908,72
	Subbalas	129,37	4.404,81
Station: 3+500.000	Balas	114,73	4.023,45
	Subbalas	129,44	4.534,25

Lanjutan Lampiran 11 Report Volume Balas dan Subbalas

<i>STA</i>	<i>Material</i>	<i>Include Volume (Cu.m)</i>	<i>Cummulative Volume (Cu.m)</i>
Station: 3+600.000	Balas	115,55	4.139,00
	Subbalas	129,83	4.664,08
Station: 3+700.000	Balas	116,24	4.255,25
	Subbalas	130,16	4.794,25
Station: 3+800.000	Balas	115,43	4.370,67
	Subbalas	129,77	4.924,02
Station: 3+900.000	Balas	114,70	4.485,37
	Subbalas	129,43	5.053,45
Station: 4+000.000	Balas	115,52	4.600,89
	Subbalas	129,82	5.183,27
Station: 4+100.000	Balas	116,10	4.716,99
	Subbalas	130,10	5.313,36
Station: 4+200.000	Balas	115,28	4.832,26
	Subbalas	129,70	5.443,07
Station: 4+300.000	Balas	114,59	4.946,86
	Subbalas	129,38	5.572,44
Station: 4+400.000	Balas	114,59	5.061,45
	Subbalas	129,38	5.701,82
Station: 4+500.000	Balas	114,59	5.176,04
	Subbalas	129,38	5.831,19
Station: 4+600.000	Balas	115,38	5.291,42
	Subbalas	129,75	5.960,94
Station: 4+700.000	Balas	115,38	5.406,80
	Subbalas	129,75	6.090,70
Station: 4+800.000	Balas	114,59	5.521,39
	Subbalas	129,38	6.220,07
Station: 4+900.000	Balas	114,59	5.635,98
	Subbalas	129,38	6.349,45
Station: 5+000.000	Balas	114,59	5.750,58
	Subbalas	129,38	6.478,82
Station: 5+100.000	Balas	114,59	5.865,17
	Subbalas	129,38	6.608,20
Station: 5+200.000	Balas	114,59	5.979,76
	Subbalas	129,38	6.737,57
Station: 5+300.000	Balas	114,59	6.094,35
	Subbalas	129,37	6.866,95

Lanjutan Lampiran 11 Report Volume Balas dan Subbalas

<i>STA</i>	<i>Material</i>	<i>Include Volume (Cu.m)</i>	<i>Cummulative Volume (Cu.m)</i>
Station: 5+400.000	Balas	114,59	6.208,94
	Subbalas	129,37	6.996,32
Station: 5+500.000	Balas	114,59	6.323,53
	Subbalas	129,40	7.125,72
Station: 5+600.000	Balas	114,80	6.438,33
	Subbalas	129,47	7.255,17
Station: 5+700.000	Balas	114,98	6.553,31
	Subbalas	129,56	7.384,73
Station: 5+800.000	Balas	114,78	6.668,08
	Subbalas	129,47	7.514,20
Station: 5+900.000	Balas	114,59	6.782,68
	Subbalas	129,37	7.643,57
Station: 6+000.000	Balas	114,59	6.897,27
	Subbalas	129,37	7.772,95
Station: 6+100.000	Balas	114,80	7.012,06
	Subbalas	129,47	7.902,42
Station: 6+200.000	Balas	114,80	7.126,86
	Subbalas	129,47	8.031,89
Station: 6+300.000	Balas	114,59	7.241,45
	Subbalas	129,37	8.161,27
Station: 6+400.000	Balas	114,59	7.356,04
	Subbalas	129,38	8.290,64
Station: 6+500.000	Balas	114,69	7.470,73
	Subbalas	129,42	8.420,07
Station: 6+600.000	Balas	115,51	7.586,24
	Subbalas	129,82	8.549,88
Station: 6+700.000	Balas	116,24	7.702,48
	Subbalas	130,16	8.680,05
Station: 6+800.000	Balas	115,42	7.817,91
	Subbalas	129,77	8.809,82
Station: 6+900.000	Balas	114,59	7.932,50
	Subbalas	129,38	8.939,19
Station: 7+000.000	Balas	115,41	8.047,91
	Subbalas	129,76	9.068,96
Station: 7+100.000	Balas	115,92	8.163,83
	Subbalas	130,01	9.198,97

Lanjutan Lampiran 11 Report Volume Balas dan Subbalas

<i>STA</i>	<i>Material</i>	<i>Include Volume (Cu.m)</i>	<i>Cumulative Volume (Cu.m)</i>
Station: 7+200.000	Balas	115,12	8.278,95
	Subbalas	129,63	9.328,60
Station: 7+300.000	Balas	115,19	8.394,14
	Subbalas	129,66	9.458,26
Station: 7+400.000	Balas	115,78	8.509,91
	Subbalas	129,94	9.588,20
Station: 7+500.000	Balas	115,65	8.625,56
	Subbalas	129,88	9.718,09
Station: 7+600.000	Balas	115,06	8.740,63
	Subbalas	129,60	9.847,69
Station: 7+700.000	Balas	114,59	8.855,22
	Subbalas	129,37	9.977,06
Station: 7+800.000	Balas	114,59	8.969,81
	Subbalas	129,37	10.106,44
Station: 7+900.000	Balas	114,59	9.084,40
	Subbalas	129,37	10.235,81
Station: 8+000.000	Balas	114,59	9.198,99
	Subbalas	129,37	10.365,19
Station: 8+100.000	Balas	114,60	9.313,59
	Subbalas	129,38	10.494,57
Station: 8+200.000	Balas	115,20	9.428,79
	Subbalas	129,67	10.624,23
Station: 8+300.000	Balas	115,19	9.543,98
	Subbalas	129,66	10.753,89
Station: 8+400.000	Balas	114,59	9.658,57
	Subbalas	129,38	10.883,27
Station: 8+500.000	Balas	114,59	9.773,16
	Subbalas	129,38	11.012,64
Station: 8+600.000	Balas	114,84	9.888,00
	Subbalas	129,49	11.142,14
Station: 8+700.000	Balas	115,43	10.003,42
	Subbalas	129,78	11.271,91
Station: 8+800.000	Balas	115,78	10.119,20
	Subbalas	129,94	11.401,86
Station: 8+900.000	Balas	115,78	10.234,98
	Subbalas	129,94	11.531,80
Station: 9+000.000	Balas	115,78	10.350,76

Lanjutan Lampiran 11 Report Volume Balas dan Subbalas

<i>STA</i>	<i>Material</i>	<i>Include Volume (Cu.m)</i>	<i>Cumulative Volume (Cu.m)</i>
Station: 9+000.000	Subbalas	129,94	11.661,75
Station: 9+100.000	Balas	115,21	10.465,97
	Subbalas	129,67	11.791,42
Station: 9+200.000	Balas	114,67	10.580,64
	Subbalas	129,41	11.920,83
Station: 9+300.000	Balas	115,23	10.695,87
	Subbalas	129,68	12.050,52
Station: 9+400.000	Balas	115,78	10.811,65
	Subbalas	129,94	12.180,46
Station: 9+500.000	Balas	115,78	10.927,43
	Subbalas	129,94	12.310,40
Station: 9+600.000	Balas	115,78	11.043,21
	Subbalas	129,94	12.440,35
Station: 9+700.000	Balas	115,19	11.158,40
	Subbalas	129,66	12.570,01
Station: 9+800.000	Balas	114,60	11.272,99
	Subbalas	129,38	12.699,39
Station: 9+900.000	Balas	114,59	11.387,59
	Subbalas	129,37	12.828,76
Station: 10+000.000	Balas	114,59	11.502,18
	Subbalas	129,37	12.958,14
Station: 10+100.000	Balas	114,59	11.616,77
	Subbalas	129,38	13.087,51
Station: 10+200.000	Balas	114,59	11.731,36
	Subbalas	129,38	13.216,89
Station: 10+300.000	Balas	114,86	11.846,22
	Subbalas	129,51	13.346,39
Station: 10+400.000	Balas	115,45	11.961,67
	Subbalas	129,79	13.476,18
Station: 10+500.000	Balas	115,22	12.076,89
	Subbalas	129,67	13.605,86
Station: 10+600.000	Balas	114,62	12.191,51
	Subbalas	129,39	13.735,25
Station: 10+700.000	Balas	114,59	12.306,10
	Subbalas	129,37	13.864,62
Station: 10+725.711	Balas	29,46	12.335,56
	Subbalas	33,26	13.897,88

Lampiran 12 Report Volume Galian dan Timbunan

<i>Station</i>	<i>Cut Volume (Cu.M.)</i>	<i>Fill Volume (Cu.M.)</i>	<i>Cum. Cut Vol. (Cu.M.)</i>	<i>Cum. Fill Vol. (Cu.M.)</i>
0+000.00	0,00	0,00	0,00	0,00
0+100.00	2.813,78	0,00	2.813,78	0,00
0+200.00	2.436,99	434,70	5.250,77	434,70
0+300.00	58,18	651,42	5.308,95	1.086,12
0+400.00	696,47	216,72	6.005,43	1.302,84
0+500.00	5.274,60	0,00	11.280,03	1.302,84
0+600.00	10.210,40	0,00	21.490,42	1.302,84
0+700.00	6.268,73	0,00	27.759,16	1.302,84
0+800.00	1.946,19	0,00	29.705,35	1.302,84
0+900.00	1.262,10	675,83	30.967,45	1.978,67
1+000.00	72,93	782,57	31.040,38	2.761,24
1+100.00	72,84	10.251,17	31.113,22	3.786,41
1+200.00	0,00	3.903,00	31.113,22	7.689,41
1+300.00	0,00	7.152,96	31.113,22	14.842,37
1+400.00	0,00	13.602,88	31.113,22	28.445,25
1+500.00	0,00	23.100,82	31.113,22	51.546,07
1+600.00	0,00	26.752,67	31.113,22	78.298,73
1+700.00	0,00	24.083,46	31.113,22	102.382,19
1+800.00	0,00	19.056,39	31.113,22	121.438,58
1+900.00	0,00	9.933,28	31.113,22	131.371,85
2+000.00	1.158,49	1.874,04	32.271,71	133.245,89
2+100.00	1.158,49	1.300,86	33.430,20	134.546,75
2+200.00	105,49	1.338,00	33.535,68	135.884,74
2+300.00	7.146,40	36,99	40.682,08	135.921,73
2+400.00	10.666,31	0,00	51.348,39	135.921,73
2+500.00	6.203,77	0,00	57.552,16	135.921,73
2+600.00	2.597,45	379,60	60.149,62	136.301,33
2+700.00	31,21	832,28	60.180,83	137.133,61
2+800.00	1.195,30	452,69	61.376,12	137.586,30
2+900.00	1.975,10	0,00	63.351,23	137.586,30
3+000.00	1.127,53	0,00	64.478,76	137.586,30
3+100.00	2.669,53	0,00	67.148,28	137.586,30
3+200.00	3.269,16	0,00	70.417,44	137.586,30
3+300.00	935,32	769,15	71.352,77	138.355,45
3+400.00	0,00	2.054,84	71.352,77	140.410,29
3+500.00	441,04	1.285,69	71.793,81	141.695,97
3+600.00	3.951,47	0,00	75.745,28	141.695,97

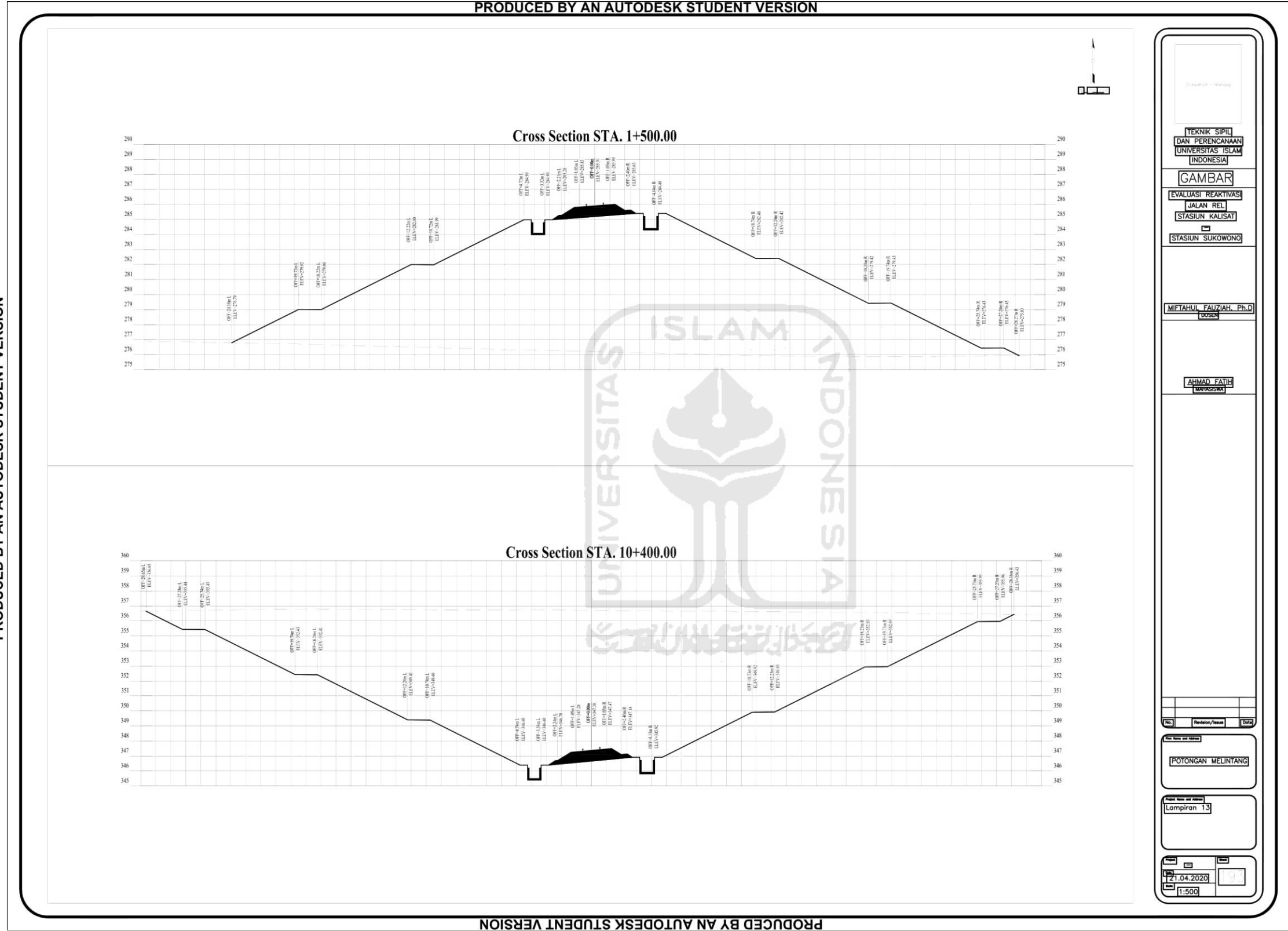
Lanjutan Lampiran 12 Report Volume Galian dan Timbunan

<i>Station</i>	<i>Cut Volume (Cu.M.)</i>	<i>Fill Volume (Cu.M.)</i>	<i>Cum. Cut Vol. (Cu.M.)</i>	<i>Cum. Fill Vol. (Cu.M.)</i>
3+700.00	11.431,33	0,00	87.176,61	141.695,97
3+800.00	15.803,69	0,00	102.980,30	141.695,97
3+900.00	10.128,62	0,00	113.108,92	141.695,97
4+000.00	2.402,17	30,50	115.511,09	141.726,47
4+100.00	300,73	76,07	115.811,82	141.802,54
4+200.00	5.140,51	45,31	120.952,33	141.847,85
4+300.00	5.176,23	81,95	126.128,57	141.929,80
4+400.00	184,13	882,27	126.312,70	142.812,07
4+500.00	0,00	2.918,62	126.312,70	145.730,69
4+600.00	16,89	2.579,08	126.329,59	148.309,77
4+700.00	2.245,90	458,95	128.575,49	148.768,72
4+800.00	4.067,46	0,00	132.642,95	148.768,72
4+900.00	7.413,34	0,00	140.056,30	148.768,72
5+000.00	8.985,05	0,00	149.041,34	148.768,72
5+100.00	4.482,59	0,00	153.523,93	148.768,72
5+200.00	1.076,57	808,84	154.600,50	149.577,56
5+300.00	96,14	812,28	154.696,64	150.389,84
5+400.00	3.008,98	3,44	157.705,62	150.393,28
5+500.00	6.607,38	0,00	164.313,00	150.393,28
5+600.00	5.588,46	0,00	169.901,46	150.393,28
5+700.00	1.891,80	820,45	171.793,26	151.213,73
5+800.00	464,26	820,42	172.257,52	152.034,15
5+900.00	900,46	0,00	173.157,98	152.034,15
6+000.00	436,18	1.538,73	173.594,16	153.572,88
6+100.00	750,18	1.539,10	174.344,34	155.111,98
6+200.00	7.196,16	0,00	181.540,50	155.111,98
6+300.00	14.923,91	0,00	196.464,41	155.111,98
6+400.00	10.750,21	0,00	207.214,63	155.111,98
6+500.00	3.113,14	0,00	210.327,76	155.111,98
6+600.00	2.191,98	0,00	212.519,74	155.111,98
6+700.00	2.605,06	0,00	215.124,79	155.111,98
6+800.00	1.846,26	0,00	216.971,05	155.111,98
6+900.00	583,15	5.293,42	217.554,20	160.405,40
7+000.00	63,73	5.437,63	217.617,93	165.843,02
7+100.00	138,27	238,54	217.756,20	166.081,56
7+200.00	1.721,48	88,33	219.477,67	166.169,89
7+300.00	5.187,91	0,00	224.665,59	166.169,89
7+400.00	5.743,54	0,00	230.409,13	166.169,89

Lanjutan Lampiran 12 Report Volume Galian dan Timbunan

<i>Station</i>	<i>Cut Volume (Cu.M.)</i>	<i>Fill Volume (Cu.M.)</i>	<i>Cum. Cut Vol. (Cu.M.)</i>	<i>Cum. Fill Vol. (Cu.M.)</i>
7+500.00	2.389,23	0,00	232.798,36	166.169,89
7+600.00	840,85	0,00	233.639,21	166.169,89
7+700.00	2.049,20	0,00	235.688,41	166.169,89
7+800.00	7.763,62	0,00	243.452,03	166.169,89
7+900.00	7.570,04	0,00	251.022,06	166.169,89
8+000.00	1.199,46	686,61	252.221,53	166.856,51
8+100.00	17,45	1.067,23	252.238,98	167.923,74
8+200.00	71,55	589,83	252.310,54	168.513,57
8+300.00	125,06	327,49	252.435,60	168.841,05
8+400.00	313,18	118,36	252.748,77	168.959,41
8+500.00	289,75	232,13	253.038,52	169.191,54
8+600.00	78,15	537,43	253.116,68	169.728,97
8+700.00	159,40	361,85	253.276,08	170.090,82
8+800.00	128,81	1.434,88	253.404,89	171.525,70
8+900.00	11,99	1.787,73	253.416,89	173.313,43
9+000.00	957,24	408,97	254.374,12	173.722,40
9+100.00	960,41	401,28	255.334,54	174.123,68
9+200.00	14,73	3.223,49	255.349,27	177.347,17
9+300.00	0,00	7.116,79	255.349,27	184.463,97
9+400.00	53,61	4.666,95	255.402,87	189.130,92
9+500.00	10.706,04	369,53	266.108,92	189.500,45
9+600.00	10.876,93	29,83	276.985,84	189.530,27
9+700.00	261,60	298,52	277.247,45	189.828,79
9+800.00	36,71	1.030,11	277.284,15	190.858,90
9+900.00	2.167,63	761,37	279.451,78	191.620,26
10+000.00	2.219,01	205,01	281.670,79	191.825,27
10+100.00	51,38	4.677,85	281.722,18	196.503,12
10+200.00	0,00	7.085,64	281.722,18	203.588,76
10+300.00	2.800,08	2.612,37	284.522,25	206.201,13
10+400.00	19.395,44	0,00	303.917,69	206.201,13
10+500.00	17.248,03	0,00	321.165,72	206.201,13
10+600.00	4.354,60	0,00	325.520,32	206.201,13
10+700.00	5.380,20	0,00	330.900,52	206.201,13
10+725.71	684,21	0,00	331.584,73	206.201,13

Lampiran 13 Potongan Melintang Galian dan Timbunan Tertinggi



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA						
CAMBAR						
EVALUASI REAKTIVASI JALAN REL STASIUN KALISAT STASIUN SUKOWONO						
MIFTAHUL FAUZHIAH, Ph.D DOSEN						
AHMAD FATIH MAHASISWA						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">No.</td> <td style="width: 40%;">Revisi/Perbaikan</td> <td style="width: 30%;">Grafik</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	No.	Revisi/Perbaikan	Grafik			
No.	Revisi/Perbaikan	Grafik				
POTONGAN MELINTANG						
Lampiran 13						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Date</td> <td style="width: 50%;">Scale</td> </tr> <tr> <td>21.04.2020</td> <td>1:500</td> </tr> </table>	Date	Scale	21.04.2020	1:500		
Date	Scale					
21.04.2020	1:500					