



TUGAS AKHIR - RC18-4803

**PERENCANAAN GEOMETRIK DAN
PERKERASAN JALAN TOL MEDAN-BINJAI
SEKSI I MENGGUNAKAN PERKERASAN
KAKU**

INTANIUS JEKA SAPUTRA M
NRP. 0311154000060

Dosen Pembimbing I
Ir. Wahyu Herijanto, MT

Dosen Pembimbing II
Cahya Buana, ST., MT

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019



TUGAS AKHIR - RC18-4803

PERENCANAAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN JALAN
TOL MEDAN-BINJAI SEKSI I MENGGUNAKAN
PERKERASAN KAKU

INTANIUS JEKA SAPUTRA M
NRP. 0311154000060

Dosen Pembimbing I
Ir. Wahyu Herijanto, MT

Dosen Pembimbing II
Cahaya Buana, ST., MT

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT - RC18-4803

GEOMETRIC AND PAVEMENT PLANNING OF MEDAN-
BINJAI TOLL ROADS SECTION I USING RIGID
PAVEMENT

INTANIUS JEKA SAPUTRA M
NRP. 0311154000060

Supervisor I
Ir. Wahyu Herijanto, MT

Supervisor II
Cahya Buana, ST., MT

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Faculty of Civil, Environmental and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**PERENCANAAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN
JALAN TOL MEDAN-BINJAI SEKSI I MENGGUNAKAN
PERKERASAN KAKU**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

INTANIUS JEKA SAPUTRA M

NRP. 0311154000060

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

1. Ir. Wahyu Herjanto, MT (Pembimbing I)

2. Cahya Buana, ST, MT (Pembimbing II)



SURABAYA

JULI, 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PERENCANAAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN JALAN TOL MEDAN – BINJAI SEKSI I MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU

Nama Mahasiswa : Intanius Jeka Saputra M
NRP : 0311154000060
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Wahyu Herijanto, MT.
2. Cahya Buana, ST., MT.

Abstrak

Sumatera Utara merupakan salah satu provinsi di Indonesia dengan wilayah yang cukup luas dan penduduk yang cukup padat. Berbagai kegiatan ekonomi di kabupaten-kabupaten maupun kota-kota di provinsi Sumatera Utara menyebabkan pertumbuhan ekonomi di Sumatera Utara meningkat. Meningkatnya pertumbuhan ekonomi diiringi dengan meningkatnya pergerakan/perjalanan atau mobilitas manusia, barang dan jasa sehingga akan menyebabkan bertambahnya kebutuhan jumlah kendaraan.

Jalan Medan-Binjai merupakan jalan arteri primer yang menghubungkan kota Medan dan kota Binjai hingga bahkan penghubung antara provinsi Sumatera Barat dengan provinsi Nangro Aceh Darussalam (NAD). Seiring dengan meningkatnya kebutuhan kendaraan, diperkirakan volume lalu lintas yang melintasi jalan tersebut akan semakin meningkat dari tahun ke tahun. Dalam kondisi saat ini, sering terjadi kemacetan akibat banyaknya volume kendaraan lalu lintas yang melewati jalan tersebut sedangkan kapasitas jalan yang terbatas. Dengan kondisi tersebut, berakibat semakin besar waktu yang ditempuh untuk sampai ke tujuan serta keamanan dan kenyamanan pengendara kurang terjamin.

Jalan Tol Medan-Binjai dibangun untuk mengatasi volume lalu lintas yang semakin meningkat setiap tahunnya. Jalan Tol Medan-Binjai juga merupakan program dari pemerintah untuk mengatasi kemacetan pada jalan arteri utama Medan-Binjai. Dalam pembahasan ini akan dijelaskan tentang perencanaan

Jalan Tol Medan-Binjai seksi I yang menghubungkan Tanjung Mulia dengan Helvetia

Metodologi perencanaan jalan tol ini meliputi Perencanaan Geometrik Jalan berdasarkan Peraturan Bina Marga No.007/BM/2009, Perencanaan Tebal Perkerasan menggunakan Perhitungan Manual Desain Perkerasan Jalan dan Perencanaan marka dan rambu lalu lintas berdasarkan Peraturan Menteri No. 13 tahun 2014 dan No.34 tahun 2014. Harapannya perencanaan ini menghasilkan perencanaan geometrik dan perkerasan yang baik dan efektif.

Hasil perencanaan jalan tol ini didapatkan panjang jalan tol 4,78 km dengan 3 PI dan 12 PVI, tebal lapisan perkerasan dengan beton 285 mm dan dilapisi dengan aspal setebal 50 mm, serta fasilitas rambu dan marka.

Kata Kunci : Jalan Bebas Hambatan, Geometrik Jalan, Perkerasan Jalan, Marka Jalan, Rambu Lalu Lintas.

GEOMETRIC AND PAVEMENT PLANNING OF MEDAN-BINJAI TOLL ROADS SECTION I USING RIGID PAVEMENT

Student Name : Intanius Jeka Saputra M
NRP : 0311154000060
Supervisor : 1. Ir. Wahyu Herijanto, MT.
2. Cahya Buana, ST., MT.

Abstract

North Sumatra is one of the provinces in Indonesia with a fairly large area and a fairly dense population. Various economic activities in the districts and cities in the province of North Sumatra have caused economic growth in North Sumatra to increase. Increased economic growth is accompanied by increased movement / travel or human mobility, goods and services that will lead to increased demand for the number of vehicles.

Medan-Binjai street is the primary arterial road that connects the city of Medan and the city of Binjai to even the liaison between the province of West Sumatra and the province of Nangro Aceh Darussalam (NAD). Along with the increasing demand for vehicles, it is estimated that the traffic volume that crosses the road will increase from year to year. In current conditions, there is often congestion due to the large volume of traffic vehicles passing through the road while the road capacity is limited. With these conditions, the greater the time taken to get to the destination and the safety and comfort of motorists is less guaranteed.

Medan-Binjai Toll Road is built to deal with the increasing volume of traffic every year. Medan-Binjai Toll Road is also a program from the government to overcome congestion on the main arterial road in Medan-Binjai. In this discussion, we will explain about the planning of the section I Medan-Binjai toll road that connects Tanjung Mulia with Helvetia.

The Toll Road Planning Methodology includes Road Geometric Planning based on Bina Marga Regulation No.007 /

BM / 2009, Planning Pavement Thickness using Calculation of Road Pavement Design Manuals and Marking Planning and traffic signs based on Ministerial Regulation No. 13 of 2014 and No. 34 of 2014. Hopefully this plan will produce good and effective geometric and pavement planning.

The results of the toll road planning obtained a toll road length of 4.78 km with 3 PI and 12 PVI, thick pavement with 285 mm concrete and coated with 50 mm thick asphalt, as well as signs and marking facilities.

Key words : Freeway, Road Geometry, Road Pavement, Road Markings, Traffic Signs.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas Rahmat dan KaruniaNya-lah Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini tepat pada waktunya dengan judul “Perencanaan Geometrik dan Perkerasan Jalan Tol Medan – Binjai Seksi I Menggunakan Perkerasan Kaku”

Selama mengikuti pendidikan S1 Teknik Sipil sampai dengan proses penyelesaian Tugas Akhir, berbagai pihak telah memberikan fasilitas, membantu, membina dan membimbing penulis khususnya kepada:

1. Orang Tua yang selalu mendukung dan mendoakan agar dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik.
2. Bapak Ir. Wahyu Herijanto, MT dan bapak Cahya Buana, ST., MT selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu dan tenaga untuk membimbing penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat selesai dengan baik.
3. Teman-teman Mahasiswa Departemen Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember angkatan S58 dan Divisi CITRA, yang telah banyak berdiskusi dan bekerjasama dengan penulis.

Penulis menyadari, Tugas Akhir ini masih banyak kelemahan dan kekurangannya. Karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, penulis dan semua pihak yang terkait. Terimakasih.

Surabaya, Mei 2019

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

Abstrak	vii
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat.....	3
1.6 Lokasi	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum.....	5
2.2. Penampang Melintang Jalan.....	6
2.3 Studi Terdahulu	8
BAB III METODOLOGI	13
3.1. Umum.....	13
3.1.1 Pekerjaan Persiapan.....	13
3.1.2 Tinjauan Pustaka	13
3.1.3 Pengumpulan dan Pengolahan Data	14

3.1.4	Perencanaan Jalan.....	14
3.1.5	Gambar Desain	15
3.1.6	Kesimpulan dan Saran.....	15
3.2.	Perencanaan Geometrik Jalan	15
3.2.1.	Analisis Kapasitas Lalu Lintas	15
3.2.2.	Karakteristik Lalu Lintas Jalan.....	16
3.3.	Perencanaan Alinemen Horisontal	19
3.3.1.	Panjang Bagian Lurus	19
3.3.2.	Superelevasi.....	19
2.4.3.	Lengkung Peralihan.....	23
3.3.4.	Bentuk-bentuk Lengkung Horisontal	24
3.3.5	Pelebaran Jalur Lalu Lintas pada Tikungan	28
3.3.6.	Daerah Kebebasan Samping di tikungan.....	30
3.4	Perencanaan Alinemen Vertikal.....	32
3.5	Jalan Penghubung (<i>Ramp</i>).....	36
3.6	Persimpangan (<i>Interchange</i>)	38
3.7	Perencanaan Perkerasan Jalan	40
3.7.1.	Penentuan Besaran Rencana.....	40
3.7.2.	Perencanaan Tebal Pelat.....	47
3.8.3.	Perencanaan Penulangan pada Perkerasan Kaku.....	47
3.7.4.	Teknik Penyambungan	51
3.7.6.	Ruji (<i>Dowel</i>).....	55
3.8	Fasilitas Perlengkapan Jalan.....	56
3.8.1.	Marka Jalan	56

3.8.2.	Rambu Jalan	62
3.9	Bagan Aliran (flow chart).....	64
BAB IV PERENCANAAN GEOMETRIK JALAN.....		69
4.1	Alternatif Trase.....	69
4.2	Pemilihan Trase	70
4.3	Dasar Perencanaan Geometrik Jalan	71
4.4	Perencanaan Alinemen Horisontal	71
4.4.1	Perencanaan Tikungan Spiral-Circle-Spiral	71
	(S-C-S)	71
4.4.1.1	Menentukan panjang bagian Lurus	71
4.4.2	Gambar Parameter dan Diagram Superelevasi	81
4.5	Perencanaan Anlinemen Vertikal	83
4.5.1	Perencanaan Jarak Pandang Kendaraan	83
4.5.2	Kelandaian Rancana dan Tipe Lengkung.....	84
4.5.3	Menentukan Panjang Lengkung Vertikal Cekung	84
4.5.4	Stasioning Titik Parameter Lengkung Vertikal	85
4.5.5	Elevasi Titik Parameter Lengkung Vertikal	85
4.5.6	Menentukan Panjang Lengkung Vertikal Cembung	85
4.6	Perhitungan Daerah Kebebasan Samping	86
4.7	Perhitungan Pelebaran Jalan.....	87
4.8	Perhitungan Perencanaan <i>Ramp</i>	88

4.9	Perhitungan Volume Galian dan Timbunan Main Road	89
BAB V PERENCANAAN PERKERASAN JALAN		93
5.1	Dasar Perencanaan Perkerasan	93
5.2	Pengolahan Data CBR.....	93
5.3	Pengelolaan Data Lalu Lintas.....	93
5.4	Distribusi Sumbu Kendaraan.....	94
5.5	Repetisi Sumbu Beban	94
5.6	Perencanaan Pondasi Bawah	95
5.7	Perencanaan Tebal Pelat.....	95
5.8	Perencanaan Pelapis Tambahan	95
5.9	Perencanaan Tulangan.....	95
5.9.1	Perencanaan Tulangan Bersambung.....	96
5.9.2	Perencanaan Tulangan Menerus.....	98
5.10	Perencanaan Sambungan.....	99
BAB VI PERENCANAAN FASILITAS JALAN		103
6.1	Perencanaan Rambu Jalan	103
6.2	Perencanaan Marka Jalan	107
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN		109
7.1	Kesimpulan.....	109
7.2	Saran.....	110
DAFTAR PUSTAKA.....		111

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Rencana Jalan Tol Medan-Binjai	4
Gambar 1.2 Rencana Jalan Tol Trans Sumatera	4
Gambar 2.1 Bagian-bagian jalan	8
Gambar 2.14 Sambungan Susut melintang dengan Ruji	52
Gambar 3.15 Sambungan Isolasi melintang dengan Ruji.....	53
Gambar 3.16 Sambungan Isolasi dengan penebalan tepi	53
Gambar 3.17 Sambungan Isolasi tanpa ruji.....	53
Gambar 3.18 Tipikal sambungan pelaksanaan arah memanjang	54
Gambar 3.20 Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran per lajur	55
Gambar 3.21 Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran seluruh lebar perkerasan.....	55
Gambar 3.22 Marka membujur garis utuh	57
Gambar 3.23 Marka membujur garis putus-putus	57
Gambar 3.24 Marka membujur garis ganda utuh dan putus-putus	58
Gambar 3.25 Marka melintang huruf dan angka.....	59
Gambar 3.26 Marka melintang garis putus-putus	59
Gambar 3.27 Marka serong	60
Gambar 3.28 Marka lambang arah panah.....	61
Gambar 3.30 Contoh rambu peringatan	62
Gambar 3.31 Contoh rambu larangan	63
Gambar 3.32 Contoh rambu perintah	63
Gambar 3.33 Contoh rambu petunjuk	64
Gambar 3.34 Bagan Diagram Alir (Flow Chart).....	66
Gambar 3.35 Bagan Diagram Perencanaan Geometrik.....	67
Gambar 3.36 Bagan Diagram Perencanaan Perkerasan	68
Gambar 4.1 Jalur Trase Rencana Bina Marga.....	69
Gambar 4.2 Jalur Trase Rencana I	69

Gambar 4.3 Jalur Trase Rencana II	70
Gambar 4.4 Parameter Tikungan PI 1	81
Gambar 4.5 Diagram Superelevasi Tikungan PI 1	81
Gambar 4.6 Parameter Tikungan PI 2	82
Gambar 4.7 Diagram Superelevasi Tikungan PI 2	82
Gambar 4.8 Parameter Tikungan PI 3	83
Gambar 4.9 Diagram Superelevasi Tikungan PI 3	83
Gambar 4.10 Perhitungan Galian dan Tibunan	89
Gambar 5.1 Penulangan Pelat	97
Gambar 5.2 Tipikal Sambungan Susut Melintang dengan Ruji 100	
Gambar 5.3 Tipikal Sambungan Pelaksanaan Memanjang dengan Ruji	101
Gambar 5.4 Sketsa Gambar Sambungan	101

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Kapasitas jalan bebas hambatan 4 lajur 2 arah.....	15
Tabel 3.2 Golongan Kendaraan Rencana	16
Tabel 3.3 Kecepatan rencana VR, sesuai klasifikasi fungsi dan medan jalan.....	17
Tabel 3.4 Jarak Pandang Henti (SS) Minimum.....	18
Tabel 3.5 Jarak Pandang Henti (SS) Minimum dengan Kelandaian	18
Tabel 3.6 Panjang bagian Lurus Maksimum.....	19
Tabel 3.7 Superelevasi maksimum berdasarkan tata guna lahan dan iklim.....	20
Tabel 3.8 Koefisien gesek maksimum berdasarkan VR.....	20
Tabel 3.9 Panjang Jari-jari minimum (dibulatkan).....	21
Tabel 3.10 Panjang Lengkung Peralihan minimum berdasarkan tingkat perubahan kelandaian melintang jalan	23
Tabel 3.11 Panjang Lengkung Peralihan minimum berdasarkan tingkat perubahan kelandaian melintang jalan (lanjutan)....	24
Tabel 3.12 Pelebaran jalur lalu lintas di tikungan	29
Tabel 3.13 Kelandaian Maksimum	33
Tabel 3.14 Panjang Landai Kritis.....	33
Tabel 3.15 Panjang minimum vertikal cekung berdasarkan jarak pandang henti	35
Tabel 3.16 Jarak Interval antara tempat istirahat dan pelayanan.	37
Tabel 3.17 Geometrik jalur utama pada lokasi tempat istirahat ..	37
Tabel 3.18 Geometri jalan masuk (ramp) dengan 1 jalur lalu lintas	38
Tabel 3.19 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%)	43
Tabel 3.20 Distribusi beban kelompok sumbu kendaraan (HVAG)	44
Tabel 3.25 Hubungan Kuat Tekan Beton dengan Ekuivalensi baja dan beton (n).....	50
Tabel 3.26 Ukuran Diameter Tie Bar	52

Tabel 3.28 Ukuran Diameter Ruji	55
Tabel 4.1 Perbandingan trase berdasarkan kriteria	70
Tabel 4.2 Hasil Volume Galian dan Timbunan Main Road	89
Tabel 5.1 Data Lalu Lintas	93
Tabel 5.2 Rekapitulasi Rencana Tulangan	97
Tabel 5.3 Rekepitulasi Rencana Tulangan	99
Tabel 6.1 Rencana Rambu Lalu Lintas Jalan Tol	104

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	113
Lampiran B.....	117
Lampiran C.....	122
Lampiran D	123
Lampiran E.....	125

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jalan merupakan salah satu prasarana perhubungan darat yang mempunyai peranan penting bagi pertumbuhan perekonomian, sosial budaya, pengembangan wilayah pariwisata, dan pertahanan keamanan untuk menunjang pembangunan nasional. Transportasi sebagai salah satu sarana penunjang dalam pembangunan suatu negara. Dalam hal ini sarana dan prasarana transportasi adalah salah satu faktor yang utama.

Medan merupakan ibukota dari provinsi Sumatera Utara dengan luas wilayah 265,2 Km² dan jumlah penduduk pada tahun 2018 sebesar 2.229.408 jiwa (<https://sumut.bps.go.id/statictable/2018/08/27/949/luas-wilayah-jumlah-penduduk-dan-kepadatan-penduduk-menurut-kabupaten-kota-2018>). Medan merupakan salah satu kota besar yang ada di Indonesia dan memiliki potensi pariwisata yang cukup besar. Hal tersebut berdampak pada pertumbuhan ekonomi di kota Medan semakin meningkat. Meningkatnya pertumbuhan ekonomi diiringi dengan meningkatnya pergerakan/perjalanan atau mobilitas manusia, barang dan jasa sehingga akan menyebabkan bertambahnya kebutuhan jumlah kendaraan. Dengan meningkatnya kebutuhan jumlah kendaraan maka kapasitas jalan juga akan semakin meningkat.

Jalan Medan-Binjai merupakan jalan arteri primer yang menghubungkan kota Medan dan kota Binjai hingga bahkan penghubung antara provinsi Sumatera Barat dengan provinsi Nangro Aceh Darussalam (NAD). Seiring dengan meningkatnya kebutuhan kendaraan, diperkirakan volume lalu lintas yang melintasi jalan tersebut akan semakin meningkat dari tahun ke tahun. Dalam kondisi saat ini, sering terjadi kemacetan akibat banyaknya volume kendaraan lalu lintas yang melewati jalan tersebut sedangkan kapasitas jalan yang terbatas. Dengan kondisi

tersebut, berakibat semakin besar waktu yang ditempuh untuk sampai ke tujuan serta keamanan dan kenyamanan pengendara kurang terjamin.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, pemerintah mengadakan peningkatan kapasitas jalan dengan membangun jalan tol. Jalan tol Medan-Binjai merupakan salah satu jalan tol Trans Sumatera yang merupakan program dari Pemerintah yang menghubungkan kota-kota yang ada di Pulau Sumatera. Program tersebut diharapkan dapat mengurangi kemacetan yang ada pada jalan arteri Medan-Binjai. Panjang jalan tol Medan-Binjai adalah 16,72 km yang terdiri dari 3 seksi, yaitu Seksi I menghubungkan Tanjung Mulia dengan Helvetia sepanjang 6,071 kilometer, Seksi II menghubungkan Helvetia dengan Semayang sepanjang 9,051 kilometer, Seksi III menghubungkan Semayang dengan Binjai sepanjang 10,319 kilometer.

Pada Tugas Akhir ini akan dibahas mengenai perencanaan Jalan Tol Medan-Binjai Seksi I yang menghubungkan Tanjung Mulia dan Helvetia. Alasan memilih lokasi tersebut sebagai lokasi studi untuk Tugas Akhir adalah karena jalan tol tersebut masih belum dibangun. Hal yang akan dibahas, yaitu geometrik jalan dan konstruksi perkerasan pada pembangunan jalan tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berpedoman pada latar belakang yang sudah dijelaskan, jika dilihat dari segi teknis yaitu dengan melakukan perencanaan geometrik dan struktur jalan, pada Tugas Akhir ini akan dibahas beberapa aspek permasalahan, antara lain :

1. Bagaimana bentuk geometrik yang meliputi alinemen horizontal dan alinemen vertikal dari Jalan Tol Medan-Binjai Seksi I ?
2. Berapa tebal perkerasan kaku yang diperlukan untuk Jalan Tol Medan-Binjai Seksi I dengan umur rencana (UR) 20 tahun mendatang?
3. Marka Jalan dan Rambu Lalu Lintas apa saja yang diperlukan pada Jalan Tol Medan-Binjai Seksi I ?

1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk merencanakan Jalan Tol Medan-Binjai Seksi I yang meliputi :

1. Merencanakan Geometrik jalan berupa alinemen horizontal dan alinemen vertikal.
2. Merencanakan tebal perkerasan kaku yang diperlukan segmen jalan untuk umur rencana (UR) 20 tahun mendatang.
3. Merencanakan Marka Jalan dan Rambu Lalu Lintas jalan tol.

1.4. Batasan Masalah

Mengingat luasnya perencanaan yang akan timbul dalam penyusunan Tugas Akhir ini serta keterbatasan data maupun ilmu yang dikuasai, maka batasan masalah dalam Tugas Akhir ini meliputi :

1. Tidak merencanakan panjang dan perhitungan balok girder
2. Tidak merencanakan tiang pancang
3. Tidak menghitung galian dan timbunan
4. Tidak merencanakan perbaikan dan perkuatan pada tanah dasar dan tidak merencanakan saluran drainase jalan.
5. Tidak merencanakan metode pelaksanaan pembangunan jalan tol.
6. Tidak menghitung rencana anggaran biaya

1.5. Manfaat

Manfaat dari Tugas Akhir ini adalah :

1. Sebagai salah satu referensi bagi pembaca, ketika ingin merencanakan geometrik dan perkerasan jalan.
2. Memberi gambaran dalam merencanakan Geometrik dan Perkerasan jalan dengan pembebasan lahan seminimal mungkin.

1.6 Lokasi

Lokasi ruas jalan tol yang direncanakan terletak di Sumatera Utara tepatnya melintasi Kelurahan Tanjung Mulia dan Kecamatan Helvetia. Perencanaan ini merupakan bagian dari pembangunan Jalan Tol Medan-Binjai. Pembangunan jalan tol

Medan-Binjai Seksi I terletak pada sisi Tanjung Mulia sampai sisi Helvetia sejauh 6,071 km. Lokasi jalan tol dapat dilihat pada gambar 1.1.



Gambar 1.1 Rencana Jalan Tol Medan-Binjai
(Sumber : <http://www.hutamakarya.com/id/ruas-medan-binjai>)



Gambar 1.2 Rencana Jalan Tol Trans Sumatera
(Sumber : <http://www.hutamakarya.com/id/tentang-trans-sumatera>)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Pembangunan sarana dan prasarana transportasi jalan merupakan bagian yang amat penting dalam pembangunan wilayah, yang memiliki nilai ekonomis, nilai sosial dan nilai strategis. Salah satu komponen sarana dan prasarana transportasi ini adalah jaringan jalan yang berfungsi untuk menghubungkan antar kota di darat. Tujuan pembangunan jalan adalah meningkatkan efisiensi pelayanan jasa distribusi guna menunjang peningkatan pertumbuhan ekonomi terutama di wilayah yang sudah tinggi tingkat perkembangannya. Dengan semakin meningkatnya jumlah lalu lintas serta kapasitas jalan yang terbatas maka untuk memenuhi prinsip efisiensi, efektifitas dan tepat waktu dalam hal perhubungan darat maka diperlukan suatu konstruksi jalan yang memenuhi hal tersebut yakni pembangunan jalan tol.

Menurut Peraturan Pemerintah RI No. 15 tahun 2005 dan Peraturan Pemerintah No. 30 tahun 2017 tentang Jalan tol bahwa jalan tol adalah jalan umum yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaannya diwajibkan membayar tol. Tol adalah sejumlah uang tertentu yang dibayarkan untuk penggunaan jalan tol. Badan Pengatur Jalan Tol (BPJT) adalah badan yang dibentuk oleh Menteri, ada di bawah, dan bertanggung jawab kepada Menteri. Badan usaha di bidang jalan tol yang selanjutnya disebut Badan Usaha Jalan Tol (BUJT), adalah badan hukum yang bergerak di bidang pengusahaan jalan tol. Memperhatikan hal tersebut diatas dan untuk mengurangi beban jaringan jalan dalam Kota dan Jalan Nasional di wilayah Kota Medan dan sekitarnya maka Pemerintah Republik Indonesia dan Pemerintah Provinsi Sumatera Utara bermaksud membangun jalan tol Medan – Binjai.

Jalan bebas hambatan adalah jalan umum untuk lalu lintas menerus dengan pengendali jalan masuk secara penuh dan tanpa

adanya persimpangan sebidang serta dilengkapi dengan pagar ruang milik jalan (Presiden Republik Indonesia/2004).

2.2. Penampang Melintang Jalan

Penampang melintang jalan merupakan potongan melintang tegak lurus sumbu jalan. Pada potongan melintang jalan dapat terlihat bagian-bagian jalan. Bagian-bagian jalan yang utama dapat dikelompokkan sebagai berikut:

A. Bagian yang langsung berguna untuk lalu lintas

1. Jalur Lalu Lintas

Jalur lalu lintas adalah keseluruhan bagian perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk lalu lintas kendaraan. Jalur lalu lintas terdiri dari beberapa lajur kendaraan (Badan Standardisasi Nasional/2004).

2. Lajur Lalu Lintas

Lajur lalu lintas adalah bagian dari jalur lalu lintas dengan atau tanpa marka jalan yang memiliki lebar cukup untuk satu kendaraan bermotor sedang berjalan, selain sepeda motor (Badan Standardisasi Nasional/2004).

3. Bahu Jalan

Bahu jalan adalah bagian ruang manfaat jalan untuk menampung kendaraan yang berhenti, keperluan darurat, dan untuk pendukung pondasi. Lebar bahu jalan antara 0,5 - 2,5 m (Badan Standardisasi Nasional/2004).

4. Trotoar

Trotoar adalah jalur lalu lintas untuk pejalan kaki yang umumnya lebih tinggi dari permukaan perkerasan jalan untuk menjamin keselamatan pejalan kaki (Badan Standardisasi Nasional/2004).

5. Median jalan

Bagian jalan yang bertujuan untuk memisahkan arus lalu lintas yang berlawanan arah (Badan Standardisasi Nasional/2004).

B. Bagian yang berguna untuk drainase jalan

1. Saluran samping
2. Kemiringan melintang jalur lalu lintas
3. Kemiringan melintang bahu
4. Kemiringan lereng

C. Bagian pelengkap jalan

1. *Kerb*
2. Pengaman tepi

D. Bagian Konstruksi jalan

1. Lapisan perkerasan jalan
2. Lapisan pondasi atas
3. Lapisan pondasi bawah
4. Lapisan tanah dasar

E. Ruang Milik Jalan (Rumija)

Ruang milik jalan (*right of way*) adalah bagian luar ruang manfaat jalan yang tujuannya untuk pelebaran jalan, penambahan jalur lalu lintas di masa akan datang serta kebutuhan ruangan untuk pengamanan jalan dan fasilitas jalan tol. Syarat minimal lebar Rumija untuk jalan bebas hambatan adalah 30 meter di daerah perkotaan (Bina Marga/2009).

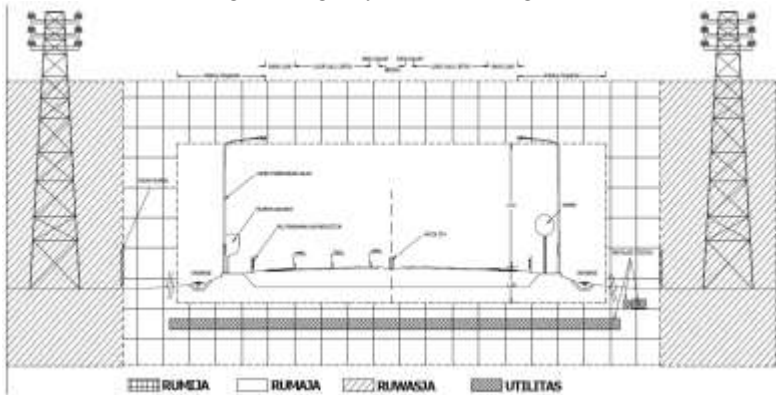
F. Ruang manfaat jalan (Rumaja)

Ruang manfaat jalan adalah ruang difungsikan untuk konstruksi jalan. Ruang manfaat jalan dibatasi oleh lebar, tinggi, dan kedalaman tertentu yang meliputi badan jalan, saluran tepi jalan, talud timbunan, dan galian serta ambang pengaman.

Badan jalan meliputi jalur lalu lintas, dengan atau tanpa jalur pemisah dan bahu jalan, termasuk jalur pejalan kaki. Ambang pengaman jalan terletak dibagian paling luar, dari ruang manfaat jalan, dan dimaksudkan untuk mengamankan bangunan jalan (Bina Marga/2009).

G. Ruang Pengawasan Jalan (Ruwasja)

Ruang pengawasan jalan adalah ruang di luar ruang milik jalan yang penggunaannya diawasi oleh penyelenggara jalan agar tidak mengganggu pandangan pengemudi, konstruksi bangunan jalan apabila ruang milik jalan tidak cukup luas dan tidak mengganggu fungsi jalan. Terganggunya fungsi jalan disebabkan oleh pemanfaatan ruang pengawasan jalan yang tidak sesuai dengan fungsinya (Bina Marga/2009).



Gambar 2.1 Bagian-bagian jalan
(Sumber: Bina Marga, 2009)

2.3 Studi Terdahulu

Studi terdahulu merupakan referensi untuk penunjang penulisan tugas akhir ini, yang meliputi informasi-informasi dari tugas akhir terdahulu yang berhubungan dengan topik tugas akhir ini. Penulis mengambil beberapa topik yang sama dan berikut adalah beberapa topik yang penulis ambil, yaitu:

1. Perencanaan Geometrik Jalan Raya dan Perkerasan Lentur di Ruas Jalan Lubuk Selasih-Surian Kabupaten Solok (STA 23+800 – STA 26+600)
Penulis : Dicky Satriawan
Universitas : Universitas Bung Hatta Padang
Tahun : 2015

Tugas Akhir tersebut melakukan studi yang bertujuan untuk mendapatkan jumlah Anlinemen Horizontal dan Anlinemen Vertikal serta segmen jalan untuk perencanaan jalan tersebut. Pertama melakukan studi literatur yang menghasilkan metode apa saja yang dapat digunakan untuk perencanaan jalan tersebut. Kemudian melakukan pengumpulan data berupa data topografi, data lengkung anlinemen, data Lalu Lintas, data kekuatan tanah (CBR) dan setelah data didapat penulis dapat lanjut ke perhitungan hingga mendapat kesimpulan sebagai berikut :

- a. Hasil perencanaan Geometrik Jalan Lubuk Selasih – Surian STA 23 + 800 – 26 +600, pada perhitungan Alinyemen horizontal terdapat 30 jenis tikungan, dimana jenis tikungan FC terdapat 13 tikungan, jenis tikungan S – C – S terdapat 8 tikungan, dan jenis S–S terdapat 9 tikungan.
- b. Hasil perencanaan Geometrik Jalan Lubuk Selasih – Surian STA 23 + 800 – 26 +600, pada perhitungan Alinyemen Vertikal terdapat 40 jenis tikungan, dimana tikungan cembung 20 tikungan, dan tikungan Cekung 20 tikungan.
- c. Hasil perencanaan perkerasan lentur pada jalan Lubuk Selasih - Surian STA 23 +800 sampai STA 26+600 dengan mengacu pada peraturan Bina Marga Manual Desain Perencanaan Jalan No 02/M/BM/2013, di bagi atas 5 segmen.

2. Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Pada Ruas Jalan Tol Karanganyar – Solo

Penulis : Yonandika Pandu Putranto

Universitas : Universitas Brawijaya

Tahun : 2016

Tugas Akhir tersebut melakukan studi yang bertujuan untuk mendapatkan tebal perkerasan yang dibutuhkan pada jalan tersebut. Pertama yang dilakukan adalah dengan mengasumsi data CBR tanah Provinsi Jawa Tengah dengan nilai CBR 5,2% dan mengumpulkan data kendaraan melalui survai traffic counting selama 24 jam dengan jumlah kendaraan dihitung per sepuluh menit dan objek studi ditunjukkan untuk kendaraan bermotor dengan sumbu 2-as keatas (mobil, mini-bus, pick-up, bus, truck, dll) setelah itu juga melakukan survei beban kendaraan berupa pencatatan beban kendaraan di jembatan timbangan terdekat dari lokasi penelitian selama 4 jam dan setelah data didapat penulis dapat lanjut ke perhitungan hingga mendapat kesimpulan sebagai berikut :

a. Perencanaan perkerasan kaku (rigid pavement) menggunakan jenis perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan. Struktur perkerasan beton direncanakan dengan menggunakan ketebalan 300 mm atau 30,0 cm, disesuaikan dengan perhitungan perencanaan tebal perkerasan dengan menggunakan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 dan untuk pondasi bawah menggunakan lapis pondasi agregat kelas A dengan tebal 15 cm. Digunakan desain perkerasan beton bersambung tanpa tulangan, dengan rincian sebagai berikut :

- Lebar pelat = 2 x 3,6 m
- Panjang pelat = 5 m
- Sambungan susut dipasang setiap jarak 5 m.

- Ruji digunakan dengan diameter 36 mm, panjang 45 cm, jarak 30 cm
- Batang pengikat digunakan baja ulir ϕ 16 mm, panjang 70 cm, jarak 75 cm.

3. Perencanaan Geometrik dan Perkerasan Jalan Tol Pandaan-Malang dengan Jenis Perkerasan Lentur

Penulis : Muhammad Bergas Wicaksono

Universitas : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Tahun : 2016

Tugas Akhir tersebut melakukan studi yang bertujuan untuk mendapatkan jumlah Anlinemen Horizontal dan Anlinemen Vertikal, mengetahui perpindahan volume lalu lintas dari jalan eksisting, detail struktur tebal perkerasan yang akan digunakan dan volume pekerjaan jalan tol Pandaan-Malang. Pertama penulis melakukan Studi Pustaka dan Literatur setelah itu melakukan pengumpulan data berupa peta rupa bumi, data volume lalu lintas, dan data tanah (CBR). Setelah data didapat penulis dapat lanjut ke perhitungan hingga mendapat kesimpulan sebagai berikut :

- a. Trase alternatif yang dipilih memiliki panjang 39,523 km. Jalan tol Pandaan-Malang ini didesain dengan kecepatan rencana 100 km/jam. Tipe jalan tol ini adalah 4/2 D.
- b. Perencanaan geometrik yang dihitung meliputi perencanaan alinyemen horizontal, perencanaan alinyemen vertikal, perhitungan daerah kebebasan samping. Pada perencanaan alinyemen horizontal didapatkan PI sebanyak 14 dengan radius minimum 500 m. dan pada perencanaan alinyemen vertikal didapatkan PPV sebanyak 168 dengan kelandaian maksimum direncanakan 4%.

- c. Tebal lapisan perkerasan yang didapatkan dari perhitungan perencanaan adalah sebagai berikut :
- Lapisan permukaan (surface) Laston MS=744 kg dengan tebal 15 cm.
 - Lapisan pondasi atas (base course) batu pecah kelas A dengan tebal 20 cm
 - Lapisan pondasi bawah (subbase course) sirtu kelas A dengan tebal 15 cm

BAB III METODOLOGI

3.1. Umum

Metodologi suatu perencanaan jalan adalah cara dan urutan kerja pada suatu perhitungan perencanaan untuk mendapatkan hasil perencanaan yaitu perencanaan geometrik dan tebal perkerasan kaku untuk jalan tol. Adapun metodologi yang digunakan dalam pengerjaan antara lain:

- Perkerjaan Persiapan
- Tinjauan Pustaka
- Pengumpulan dan Pengolahan Data
- Perencanaan Geometrik dan Tebal Perkerasan Jalan Tol
- Gambar Desain
- Kesimpulan dan Saran

3.1.1 Pekerjaan Persiapan

Sebelum memulai suatu pekerjaan yang pertama kali dilakukan adalah tahap persiapan. Tahap persiapan dilakukan dengan tujuan untuk mempermudah pelaksanaan pekerjaan selanjutnya. Beberapa tahap persiapan antara lain:

- a. Mencari informasi pada instansi terkait sesuai data yang dibutuhkan.
- b. Mengurus surat-surat yang diperlukan, yaitu proposal dan surat pengantar untuk instansi terkait.
- c. Mencari, mengumpulkan dan mempelajari segala bentuk kegiatan yang sekiranya dapat mendukung dalam pembuatan kegiatan ini.

3.1.2 Tinjauan Pustaka

Sebelum melakukan pengumpulan dan pengolahan data, maka terlebih dahulu mempelajari dan memahami tinjauan pustaka yang akan digunakan dalam kegiatan ini. Dalam mempelajari dan memahami tinjauan pustaka dapat diketahui data-data apa saja yang diperlukan untuk

perencanaan ulang jalan tol. Tinjauan pustaka yang digunakan mengacu pada buku-buku perencanaan jalan yang terdapat dalam daftar pustaka.

3.1.3 Pengumpulan dan Pengolahan Data

Dalam perencanaan Jalan Tol Medan-Binjai diperlukan data teknis yang dapat diperoleh dari instansi terkait, misalnya dari Pemilik (*Owner*), Konsultan atau Kontraktor. Data teknis yang diperlukan sebagai acuan antara lain:

a. Peta Lokasi Proyek

Peta lokasi proyek berfungsi mengetahui posisi rencana dari perencanaan peningkatan jalan dan untuk memberikan gambaran kondisi eksisting sekitar lokasi proyek Jalan Tol.

b. Data Lalu Lintas Harian Rata-rata

Data lalu lintas yang berupa data lalu lintas harian rata-rata dari jalan tol rencana yang dianalisa untuk mendapatkan tingkat pertumbuhan rata-rata dari tiap jenis kendaraan sampai dengan umur rencana. Data Lalu Lintas Harian Rata-rata merupakan data sekunder yang didapat dari instansi terkait.

c. Data Tanah Dasar

Dalam perencanaan perkerasan kaku kita menentukan *California Bearing Ratio* (CBR) yang ingin direncanakan. Dari nilai modulus reaksi tanah dasar tersebut dapat digunakan sebagai dasar perencanaan untuk menentukan tebal perkerasan kaku yang dibutuhkan.

3.1.4 Perencanaan Jalan

Pada subbab ini akan dibahas tentang permasalahan yang telah dirumuskan berdasarkan teori-teori yang ada dan hasil pengolahan data. Permasalahan teknis yang akan dibahas antara lain:

- Perencanaan Geometrik Jalan
- Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Jalan
- Perencanaan Fasilitas Jalan berupa Rambu dan Marka jalan

3.1.5 Gambar Desain

Setelah semua perhitungan perencanaan telah selesai, dibuatlah gambar desain teknik berdasarkan hasil perhitungan perencanaan.

3.1.6 Kesimpulan dan Saran

Pada akhir perhitungan dan perencanaan maka akan didapatkan kesimpulan berupa rencana geometrik dan tebal perkerasan kaku jalan tol yang telah dianalisa sesuai dengan peraturan-peraturan dan ketentuan yang berlaku. Dan saran yang diambil dari hasil studi ini.

3.2. Perencanaan Geometrik Jalan

Perencanaan geometrik jalan raya merupakan bagian dari suatu perencanaan jalan, dimana mempunyai suatu dimensi yang nyata dari ruas jalan dan bagian-bagiannya disesuaikan dengan sifat-sifat lalu lintas dan sesuai dengan tuntutan keperluan.

Tujuan perencanaan geometrik jalan adalah untuk menghasilkan infrastruktur yang aman, efisien dalam pelayanan arus lalu lintas serta memaksimalkan rasio tingkat penggunaan ruang, bentuk, dan ukuran jalan.

3.2.1. Analisis Kapasitas Lalu Lintas

Analisis kapasitas lalu lintas digunakan untuk merencanakan jumlah lalu lintas kendaraan yang akan melewati jalan tersebut. Dalam perencanaan geometrik jalan, analisis lalu lintas sangat diperlukan karena untuk menentukan segmen suatu jalan dapat dilihat di Tabel 2.1.

Tabel 3.1 Kapasitas jalan bebas hambatan 4 lajur 2 arah

Type JBH/Type Alinemen	Kapasitas Dasar (skr/jam/lajur)
JBH 4/2 dan JBH 6/2	
Datar	2300
Bukit	2250
Gunung	2150

(Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2014)

3.2.2. Karakteristik Lalu Lintas Jalan

Data lalu lintas adalah data utama yang diperlukan untuk perencanaan teknik jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan menggunakan jalan pada suatu segmen jalan yang ditinjau.

Dalam menentukan karakteristik jalan, jenis kendaraan akan menentukan kelas beban atau MST (Muatan Sumbu Terberat) yang berpengaruh pada perencanaan perkerasan. Analisis data lalu lintas dilakukan untuk menentukan kapasitas jalan, akan tetapi harus dilakukan bersamaan dengan perencanaan geometrik jalan dan lainnya.

1. Kendaraan Rencana

Kendaraan yang direncanakan akan melewati jalan tol tersebut Keputusan Pemerintah Pekerjaan Umum No.370/KPTS/M/2007 dapat dilihat pada Tabel 3.2

Tabel 3.2 Golongan Kendaraan Rencana

Golongan	Jenis Kendaraan
Golongan I	Sedan, Jip, Pick Up/Truk Kecil, dan Bus
Golongan II	Truk dengan 2 (dua) gandar
Golongan III	Truk dengan 3 (tiga) gandar
Golongan IV	Truk dengan 4 (empat) gandar
Golongan V	Truk dengan 5 (lima) gandar

(Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2007)

2. Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang digunakan sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman. Kecepatan rencana berdasarkan kelas jalan dapat dilihat pada Tabel 3.3

Tabel 3.3 Kecepatan rencana VR, sesuai klasifikasi fungsi dan medan jalan

Medan Jalan	VR (km/jam) minimal	
	Antarkota	Perkotaan
Datar	120	80-100
Perbukitan	100	80
Pegunungan	80	60

(Sumber: Bina Marga, 2009)

3. Jarak Pandang

Jarak pandang adalah panjang jalan di depan kendaraan yang masih dapat dilihat dengan jelas dari titik kedudukan pengemudi. Dengan jarak pandang tersebut, pengemudi dapat melakukan sesuatu untuk menghindari bahaya dengan aman. Jarak pandang dibedakan menjadi dua, yaitu:

a. Jarak Pandang Henti

Jarak pandang henti (S_s) adalah jarak pandang diperlukan untuk menghentikan kendaraan dengan aman ketika melihat adanya halangan didepannya. Jarak pandang henti diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 108 cm dan tinggi halangan 60 cm diukur dari permukaan jalan. Jarak pandang henti dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

a) Jarak Pandang Henti (S_s) pada bagian datar

$$S_s = 0,278 \cdot V_R \cdot T + 0,039 \frac{V_R^2}{\alpha} \dots\dots\dots (3.1)$$

b) Jarak Pandang Henti (S_s) akibat kelandaian

$$S_s = 0,278 \cdot V_R \cdot T + \frac{V_R^2}{254 \left[\left(\frac{\alpha}{9,81} \right) \pm G \right]} \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana:

V_R = Kecepatan Rencana (km/jam)

T = Waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik (s)

α = Tingkat perlambatan (m/s^2), ditetapkan 3,4 m/s^2

G = Kelandaian jalan (%)

Selain menggunakan rumus, jarak pandang henti berdasarkan Peraturan Bina Marga No.007 Tahun 2009 bisa didapatkan dengan membaca Tabel 3.4 dan Tabel 3.5

Tabel 3.4 Jarak Pandang Henti (SS) Minimum

VR (km/jam)	Jarak Awal Reaksi (m)	Jarak Awal Pengereman (m)	Jarak Pandang Henti (m)	
			Perhitungan	Pembulatan
120	83,3	163,4	246,7	250
100	69,4	113,5	182,9	185
80	55,6	72,6	128,2	130
60	41,7	40,8	82,5	85

(Sumber: Bina Marga, 2009)

Tabel 3.5 Jarak Pandang Henti (SS) Minimum dengan Kelandaian

VR (km /ja m)	Jarak Pandang Henti (m)											
	Turunan						Tanjakan					
	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %	6 %	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %	6 %
120	25 2	25 7	26 3	26 9	27 5	28 1	24 3	23 8	23 4	23 0	22 7	22 3
100	18 7	19 0	19 4	19 8	20 3	20 7	18 0	17 7	17 4	17 2	16 9	16 7
80	13 1	13 3	13 6	13 8	14 1	14 4	12 7	12 5	12 3	12 1	12 0	11 8
60	84	86	87	88	90	92	82	81	80	79	78	77

(Sumber: Bina Marga, 2009)

b. Jarak pandang Menyiap

Jarak pandang menyiap adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain didepannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke keadaan semula.

3.3. Perencanaan Alinemen Horisontal

Alinemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal dari peta jalan (Bina Marga/2009). Alinemen jalan terdiri atas bagian lurus dan bagian lengkung (tikungan). Perencanaan geometrik pada bagian lengkung dimaksudkan untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima oleh kendaraan yang berjalan dengan kecepatan tertentu. Untuk perencanaan tikungan diusahakan dapat memberikan keamanan dan kenyamanan, sehingga terdapat pertimbangan sebagai berikut:

3.3.1. Panjang Bagian Lurus

Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan dan ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu tidak lebih dari 2,5 menit (sesuai VR). Panjang bagian lurus dapat dilihat dalam Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Panjang bagian Lurus Maksimum

VR (km/jam)	Panjang Bagian Lurus Maksimum (m)	
	Perhitungan	Pembulatan
140	5833,3	5850
120	5000,0	5000
100	4166,7	4200
80	3333,3	3350
60	2500,0	2500

(Sumber: Bina Marga, 2009)

3.3.2. Superelevasi

Kendaraan pada saat melalui tikungan dengan kecepatan tertentu (V) akan menerima gaya sentrifugal yang menyebabkan kendaraan tidak stabil. Untuk mengimbangi gaya sentrifugal tersebut, perlu dibuat suatu kemiringan melintang jalan pada tikungan yang disebut sebagai superelevasi (e). Sedangkan derajat lengkung (D) adalah besarnya sudut lengkung yang menghasilkan

panjang busur lingkaran. Rumus untuk menentukan jari-jari tikungan minimum (R_{min}) adalah sebagai berikut:

$$R_{min} = \frac{V_R^2}{127(e_{max} + f_{max})} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

R_{min} = Jari-jari tikungan minimum (m)

V_R = Kecepatan Rencana (Km/jam)

e_{max} = Superelevasi maksimum (%)

f_{max} = Koefisien gesek, untuk perkerasan aspal

Besaran nilai superelevasi maksimum dapat dilihat pada Tabel 3.7 berikut:

Tabel 3.7 Superelevasi maksimum berdasarkan tata guna lahan dan iklim

Superelevasi Maksimum	Kondisi Yang Digunakan
10%	Makimum untuk jalan tol antarkota
8%	Maksimum untuk jalan tol antarkota dengan curah hujan tinggi
6%	Maksimum untuk jalan tol perkotaan
4%	Maksimum untuk jalan tol perkotaan dengan kepadatan tinggi

(Sumber: Bina Marga, 2009)

Besaran nilai koefisien gesek maksimum, dapat dilihat pada Tabel 3.8 berikut:

Tabel 3.8 Koefisien gesek maksimum berdasarkan VR

VR (km/jam)	Koefisien Gesek Maksimum (f_{max})
120	0,092
100	0,116
80	0,140
60	0,152

(Sumber: Bina Marga, 2009)

Untuk menentukan jari-jari tikungan minimum dapat juga menggunakan tabel yang terdapat pada Peraturan Bina Marga No.007 tahun 2009 yang dapat dilihat pada Tabel 3.9 berikut:

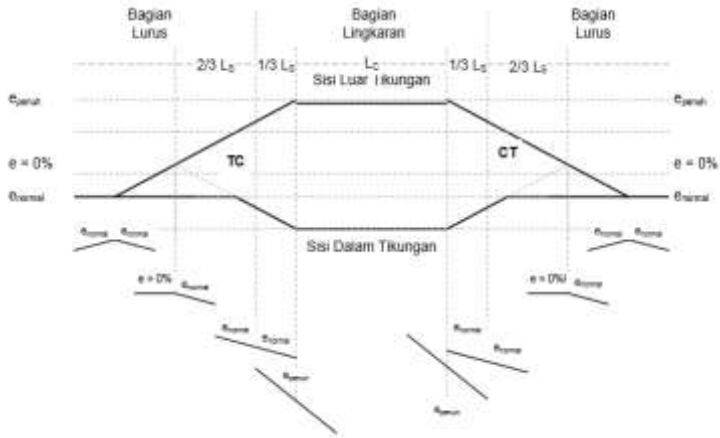
Tabel 3.9 Panjang Jari-jari minimum (dibulatkan)

emax	VR (km/jam)	fmax	(e/100+f)	Rmin (m)	
				Perhitungan	Pembulatan
10,0	120	0,092	0,192	590,6	590
	100	0,116	0,216	364,5	365
	80	0,14	0,24	210	210
	60	0,152	0,252	112,5	110
8,0	120	0,092	0,172	659,2	660
	100	0,116	0,196	401,7	400
	80	0,14	0,22	229,1	230
	60	0,152	0,232	122,2	120
6,0	120	0,092	0,152	746	745
	100	0,116	0,176	447,4	445
	80	0,14	0,2	252	250
	60	0,152	0,212	133,7	135
4,0	120	0,092	0,132	859	860
	100	0,116	0,156	504,7	505
	80	0,14	0,18	280	280
	60	0,152	0,192	147,6	150

(Sumber: Bina Marga, 2009)

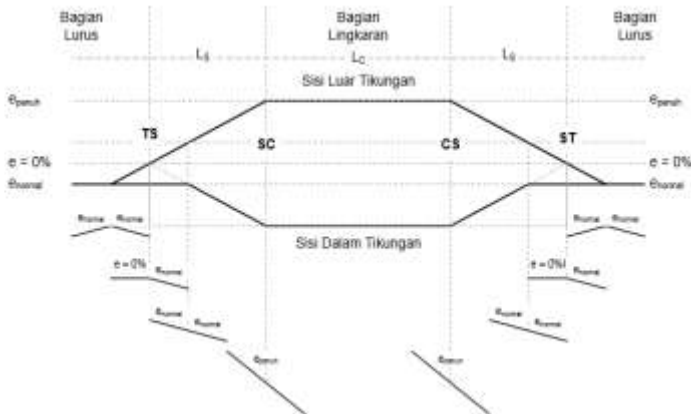
Berikut ini adalah gambar diagram superelevasi untuk tiap – tiap tikungan:

1. Diagram superelevasi tikungan *full circle*



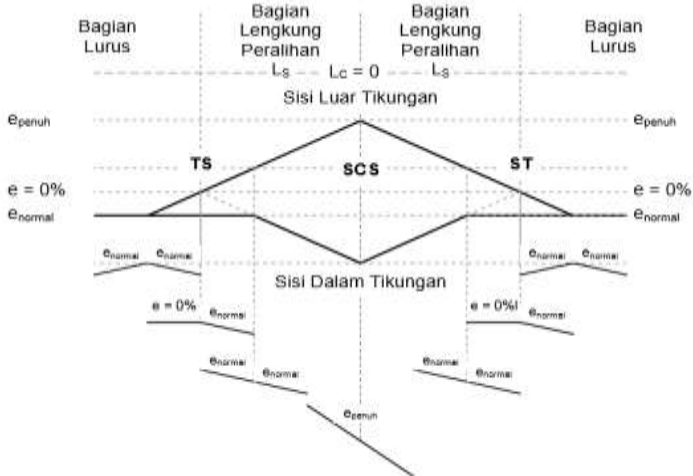
Gambar 3.1 Pencapaian Superelevasi pada tikungan tipe FC
(Sumber: Bina Marga, 2009)

2. Diagram superelevasi *spiral-circle-spiral*



Gambar 3.2 Pencapaian Superelevasi pada tikungan tipe SCS
(Sumber: Bina Marga, 2009)

3. Diagram superelevasi *spiral-spiral*



Gambar 3.3 Pencapaian Superelevasi pada tikungan tipe SS
(Sumber: Bina Marga, 2009)

2.4.3. Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinemen yang tiba-tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran. Lengkung peralihan diletakkan antara bagian lurus dan bagian lingkaran, yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan berbentuk busur lingkaran. Besarnya Lengkung Peralihan (L_s) dapat dilihat pada Tabel 3.10

Tabel 3.10 Panjang Lengkung Peralihan minimum berdasarkan tingkat perubahan kelandaian melintang jalan

e_m (%)	L_s min (m)			
	$V_R = 120$ km/jam	$V_R = 100$ km/jam	$V_R = 80$ km/jam	$V_R = 60$ km/jam
10,0	107	89	71	38
9,5	100	83	67	36
9,0	93	78	62	33

(Sumber: Bina Marga, 2009)

Tabel 3.11 Panjang Lengkung Peralihan minimum berdasarkan tingkat perubahan kelandaian melintang jalan (lanjutan)

e _m (%)	L _s min (m)			
	V _R = 120 km/jam	V _R = 100 km/jam	V _R = 80 km/jam	V _R = 60 km/jam
8,5	87	72	58	31
8,0	80	67	53	29
7,5	73	61	49	26
7,0	67	56	44	24
6,5	60	50	40	21
6,0	53	44	36	19
5,5	47	39	31	17
5,0	40	33	27	14
4,5	33	28	22	12
4,0	27	22	18	10
3,5	20	17	13	7
3,0	13	11	9	5
2,5	7	6	4	2
2,0	0	0	0	0

(Sumber: Bina Marga, 2009)

3.3.4. Bentuk-bentuk Lengkung Horisontal

Pada umumnya, bentuk lengkung horisontal pada jalan terdiri atas 3 tipe, yaitu:

1. Bentuk *full Circle*

Tikungan *full circle* yaitu tikungan yang berbentuk busur lingkaran secara penuh. Tikungan *full circle* digunakan pada tikungan yang mempunyai jari-jari besar dan sudut tangen yang relative kecil. Berikut ini adalah standar bentuk tikungan *full Circle* dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

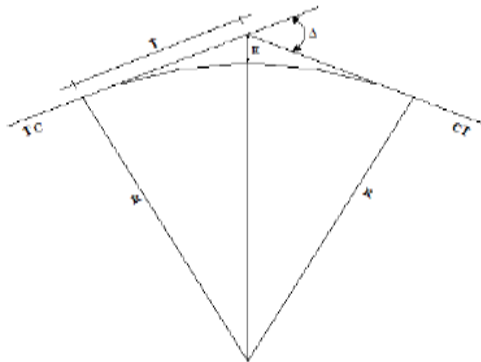
$$Tc = R \cdot \tan\left(\frac{1}{2}\right) \Delta \dots\dots\dots (3.4)$$

$$Lc = \frac{\Delta}{360^\circ} \cdot 2\pi \cdot R \dots\dots\dots (3.5)$$

$$Ec = \frac{R}{\cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)} - R \dots\dots\dots (3.6)$$

$$Ec = Tc \cdot \tan\left(\frac{1}{4}\right) \Delta \dots\dots\dots (3.7)$$

Untuk rencana gambar tikungan *Full Circle* dapat dilihat di Gambar 3.5.



Full Circle

Gambar 3.4 Tikungan Full Circle
(Sumber: Bina Marga, 2009)

2. Tikungan *Sipral-Circle-Sipral*

Tikungan *Sipral-Circle-Sipral* yaitu tikungan yang terdiri dari 1 lengkung *circle* dan 2 lengkung *sipral*. Lengkung *Sipral-Circle-Sipral* pada umumnya digunakan jika nilai superelevasi $e \geq 3\%$ dan panjang $Lc > 25$ m. Rumus – rumus yang digunakan dalam lengkung *Sipral-Circle-Sipral* (S-C-S) adalah sebagai berikut:

$$Xc = Ls \left(1 - \frac{Ls^3}{40R^2} \right) \dots\dots\dots (3.8)$$

$$Yc = \frac{Ls^2}{6R} \dots\dots\dots (3.9)$$

$$p = Yc - R (1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots (3.10)$$

$$k = X_C - R \sin \theta_s \quad \dots\dots\dots (3.11)$$

$$T_s = (R + P) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \quad \dots\dots\dots (3.12)$$

$$E_c = (R + P) \cos \frac{1}{2} \Delta \quad \dots\dots\dots (3.13)$$

$$\theta_s = \frac{90L_s}{\pi R} \quad \dots\dots\dots (3.14)$$

$$L_c = \frac{\theta_s}{360^\circ} * 2\pi R_c \quad \dots\dots\dots (3.15)$$

$$L_{tot} = L_c + 2L_s \quad \dots\dots\dots (3.16)$$

Dimana:

R = Jari-jari alinyemen horizontal (m)

θ_s = Sudut spiral pada titik SC (0)

Δ = Sudut alinyemen horizontal (0)

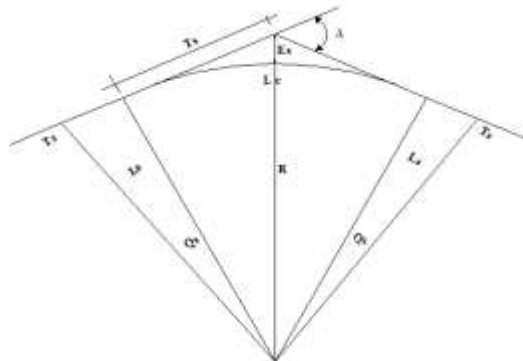
L_c = Panjang busur lingkaran (m)

T_s = Titik awal mulai masuk ke daerah lengkung

P = Pergeseran tangen secara spiral

X_c, Y_c = Koordinat titik peralihan dari spiral ke circle (SC) (m)

Untuk rencana gambar tikungan *Spiral-Circle-Spiral* dapat dilihat di Gambar 3.5.



Spiral-Circle-Spiral

Gambar 3.5 Tikungan Spiral-Circle-Spiral
(Sumber: Bina Marga, 2009)

3. Tikungan Spiral-Spiral

Tikungan spiral-spiral adalah tikungan yang terdiri dari dua lengkung spiral. Tikungan ini digunakan pada tikungan dengan jari-jari kecil. Rumus-rumus yang digunakan pada tikungan spiral-spiral:

$$p = \frac{L_s^2}{6R} - R(1 - \cos \theta_s) \quad \dots\dots\dots (2.17)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^2}{40R^2} (R * \sin \theta_s) \quad \dots\dots\dots (2.18)$$

$$T_s = (RD + P) * \tan(0.5 \Delta) + k \quad \dots\dots\dots (2.19)$$

$$E = \frac{(R+P)}{\cos \theta_s} - R \quad \dots\dots\dots (2.20)$$

Dimana :

L_s = Panjang lengkung spiral (m)

R = Jari-jari alinemen horizontal (m)

θ_s = Sudut spiral pada titik SC (0)

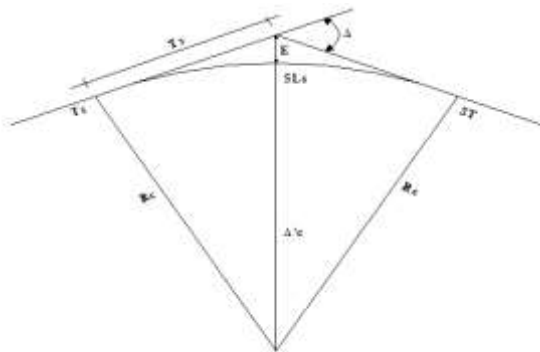
Δ = Sudut alinyemen horizontal (0)

L_c = Panjang busur lingkaran (m)

p = Pergeseran tangen secara spiral

E = Jarak dari PI ke sumbu jalan arah pusat lingkaran (m)

Untuk rencana gambar tikungan *Spiral-Spiral* dapat dilihat di Gambar 3.6.



Spiral-Spiral

Gambar 3.6 Tikungan Spiral-Spiral

(Sumber: Bina Marga/2009)

Keterangan:

- Ts = Tangen spiral, titik peralihan dari lurus ke spiral
 Sc = Spiral Circle, titik peralihan dari spiral ke circle
 Cs = Circle spiral, titik peralihan dari circle ke spiral
 St = Spiral tangen, titik peralihan dari spiral ke lurus
 PI = Titik pertemuan kedua tangen

3.3.5 Pelebaran Jalur Lalu Lintas pada Tikungan

Kendaraan yang bergerak dari jalan lurus menuju ke tikungan seringkali tidak dapat mempertahankan lintasannya pada waktu membelok. Hal ini dikarenakan roda yang membelok hanya bagian depan saja sedangkan roda bagian belakang keluar jalur (*off tracking*). Untuk menghindari hal tersebut, maka pada tikungan – tikungan yang tajam perkerasan jalan harus diperlebar. Pelebaran jalur lalu lintas di tikungan harus diperhatikan, sesuai dengan rumus:

$$W = W_c - W_n \dots\dots\dots (3.20)$$

Dimana:

W = Pelebaran jalan pada tikungan (m)

Wc = Lebar jalan pada tikungan (m)

Wn = Lebar jalan pada jalan lurus (m)

Pelebaran jalur lalu lintas di tikungan berdasarkan kecepatan rencana dan radius tikungan dapat dilihat pada Tabel 3.12

Tabel 3.12 Pelebaran jalur lalu lintas di tikungan

R (m)	VR = 120 km/jam		VR = 100 km/jam		VR = 80 km/jam		VR = 60 km/jam	
	Wc (m)	W (m)	Wc (m)	W (m)	Wc (m)	W (m)	Wc (m)	W (m)
3000	7,24	0,04	7,21	0,01	7,17	0,00	7,13	0,00
2500	7,27	0,07	7,23	0,03	7,19	0,00	7,15	0,00
2000	7,31	0,11	7,27	0,07	7,22	0,02	7,18	0,00
1500	7,38	0,18	7,33	0,13	7,27	0,07	7,22	0,02
1000	7,49	0,29	7,43	0,23	7,37	0,17	7,30	0,10
900	7,53	0,33	7,46	0,26	7,39	0,19	7,33	0,13
800	7,57	0,37	7,50	0,30	7,43	0,23	7,36	0,16
700	7,62	0,42	7,55	0,35	7,47	0,27	7,40	0,20
600	7,69	0,49	7,61	0,41	7,53	0,33	7,45	0,25
500	Rmin = 590 m		7,69	0,49	7,60	0,40	7,51	0,31
400			7,81	0,61	7,71	0,51	7,61	0,41
300			Rmin = 365 m		7,88	0,68	7,77	0,57
250					8,02	0,82	7,89	0,69
200					Rmin = 210 m		8,07	0,87
150							8,35	1,15
140							8,43	1,23
130							8,52	1,32
120							8,63	1,43
110							8,76	1,56
100							Rmin = 110 m	

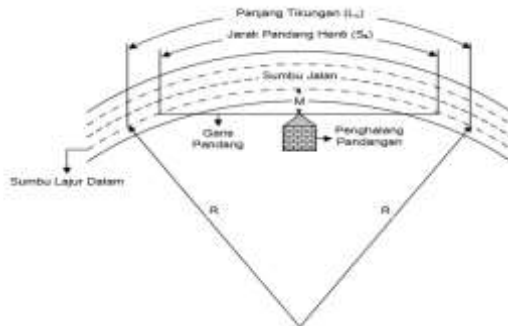
(Sumber: Bina Marga/2009)

3.3.6. Daerah Kebebasan Samping di tikungan

Jarak pandang pengemudi pada lengkung horizontal (pada tikungan) adalah pandangan bebas pengemudi dari halangan benda-benda di sisi jalan. Demi menjaga keamanan pemakai jalan, jarak pandangan henti minimum harus terpenuhi di sepanjang lengkung horizontal. Jarak pandangan pada lengkung horizontal dapat dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

- a) Jika jarak pandang lebih kecil dari panjang tikungan ($S_s < L_c$) dapat dilihat di gambar 3.7

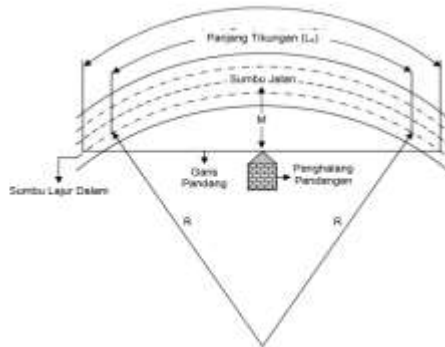
$$M = R \left[1 - \cos \left(\frac{90 S_s}{\pi R} \right) \right] \dots\dots\dots (3.22)$$



Gambar 3.7 Diagram ilustrasi daerah kebebasan samping di tikungan untuk $SS < LC$
(Sumber: Bina Marga, 2009)

b) Jika jarak pandang lebih besar dari panjang tikungan ($S_s > L_c$) dapat dilihat di Gambar 3.8.

$$M = R \left[1 - \cos \left(\frac{90L_c}{\pi R} \right) \right] + 0,5 (S_s - L_c) \sin \left(\frac{90L_c}{\pi R} \right) \quad \text{.. (2.23)}$$



Gambar 3.8 Diagram ilustrasi daerah kebebasan samping di tikungan untuk $SS > LC$

(Sumber: Bina Marga, 2009)

Dimana:

R = Jari-jari tikungan (m)

SS = Jarak pandang henti (m)

M = Jarak yang diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan (m)

Lc = Panjang lengkung horizontal (m)

Pada tikungan, tidak harus selalu dilengkapi dengan ruang kebebasan samping. Hal ini tergantung dari:

1. Jari-jari tikungan (R)
2. Kecepatan Rencana (VR)
3. Keadaan medan lapangan

Seandainya dalam perhitungan diperlukan adanya ruang kebebasan samping, tetapi kondisi lapangan tidak memungkinkan maka dapat diatasi dengan memberi rambu peringatan sehubungan dengan kecepatan yang diijinkan.

3.4 Perencanaan Alinemen Vertikal

Alinemen vertikal adalah proyeksi vertikal pada peta jalan. Dari alinemen vertikal, dapat diketahui elevasi tanah pada jalan (Bina Marga/2009). Alinemen vertikal terdiri dari dua bagian yaitu bagian lurus dan bagian lengkung. Ditinjau dari perencanaan titik awal, bagian lurus dapat berupa landai positif (tanjakan), atau landai negatif (turunan), atau landai nol (datar). Bagian lengkung vertikal dapat berupa lengkung cekung atau lengkung cembung. Kemungkinan pelaksanaan pembangunan secara bertahap harus dipertimbangkan, contohnya peningkatan perkerasan, penambahan lajur dan dapat dilaksanakan dengan biaya yang efisien. Walaupun demikian, perubahan alinemen vertikal yang akan datang harus dihindari.

3.4.1. Kelandaian

Dalam perencanaan alinemen vertikal akan dijelaskan tentang kelandaian dari jalan rencana yang meliputi kelandaian minimum, kelandaian maksimum, panjanglandai kritis serta lengkung vertikal. Untuk lebih jelasnya akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Kelandaian Minimum

Kelandaian minimum diberikan ketika kondisi jalan tidak memungkinkan melakukan drainase ke sisi jalan. Berdasarkan peraturan No.007/BM/2009, besarnya kelandaian minimum ditetapkan 0,50% untuk kepentingan pematuan aliran air.

2. Kelandaian Maksimum

Maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan kecepatan tidak lebih dari setengah kecepatan semula tanpa harus menggunkan gigi rendah. Kelandaian Maksimum dapat dilihat pada Tabel 3.13

Tabel 3.13 Kelandaian Maksimum

VR (km/jam)	Kelandaian Maksimum (%)		
	Datar	Perbukitan	Pegunungan
120	3	4	5
100	3	4	6
80	4	5	6
60	5	6	6

(Sumber: Bina Marga, 2009)

3. Panjang Landai Kritis

Panjang landai kritis adalah panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sehingga penurunan kecepatan tidak lebih dari setengah kecepatan rencana (VR). Besar landai dan penurunan kecepatan kendaraan berat sebesar 15 km/jam. Panjang landai kritis dapat dilihat dalam Tabel 3.14

Tabel 3.14 Panjang Landai Kritis

VR (km/jam)	Kelandaian (%)	Panjang Landai Kritis (m)
120	3	800
	4	500
	5	400
100	4	700
	5	500
	6	400
80	5	600
	6	500
60	6	500

(Sumber: Bina Marga, 2009)

4. Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal direncanakan untuk merubah kelandaian memanjang jalan pada setiap lokasi yang diperlukan. Lengkung vertikal dilihat dari letak titik perpotongan jalan bagian lurus (tangen), adalah:

a. Lengkung Vertikal Cekung

Lengkung vertikal cekung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan. Panjang lengkung vertikal cekung dipengaruhi oleh jarak pandang kendaraan.

Apabila jarak pandangan kendaraan pada lengkung vertikal cekung kurang dari panjang jalan yang ditinjau (L_0), maka rumus yang digunakan adalah :

$$L = \frac{AS^2}{120+3,5S} \dots\dots\dots (3.24)$$

Apabila jarak pandang penyinaran lampu kendaraan pada lengkung vertikal cekung lebih besar dari panjang jalan yang ditinjau (L_0), maka rumus yang digunakan adalah:

$$L = 2S - \frac{120+3,5S}{A} \dots\dots\dots (3.25)$$

Dimana:

S = Jarak pandang henti (m)

L = Panjang lengkung vertikal (m)

A = Perbedaan kelandaian aljabar (%)

Jarak minimum lengkung vertikal cekung dirumuskan sebagai berikut:

$$L_{min} = 0,6 VR \dots\dots\dots (3.26)$$

Dimana:

L_{min} = Panjang lengkung vertikal minimum (m)

VR = Kecepatan kendaraan (km/jam)

Panjang minimum lengkung vertikal cekung dapat juga dilihat pada Tabel 3.15 berikut:

Tabel 3.15 Panjang minimum vertikal cekung berdasarkan jarak pandang henti

Perbedaan Aljabar Landai (%)	Panjang Lengkung Vertikal Cekung (m)			
	VR = 120 km/jam	VR = 100 km/jam	VR = 80 km/jam	VR = 60 km/jam
12,0		536	353	208
11,0		491	324	191
10,0		446	294	174
9,0		402	265	156
8,0	503	357	236	139
7,0	440	313	206	122
6,0	377	268	177	104
5,0	315	223	147	87
4,0	252	179	117	66
3,0	169	115	69	36
2,0	72	60	48	36
1,0	72	60	48	36

(Sumber :Bina Marga, 2009)

b. Lengkung Vertikal Cembung

Lengkung vertikal cembung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada diatas permukaan jalan. Pada lengkung vertikal cembung, pembatasan berdasarkan jarak pandangan dapat dibedakan atas 2 keadaan, yaitu:

- jika jarak pandang henti lebih kecil dari panjang lengkung vertikal cembung ($S < L$)
- jika jarak pandang henti lebih besar dari panjang lengkung vertikal cembung ($S > L$)

Jika jarak pandang henti lebih kecil dari panjang lengkung vertikal cembung ($S < L$) dirumuskan dengan:

$$L = \frac{AS^2}{658} \dots\dots\dots (3.27)$$

Sedangkan jika jarak pandang henti lebih besar dari panjang lengkung vertikal cembung ($S > L$) dirumuskan dengan:

$$L = 2S - \frac{658}{A} \dots\dots\dots (3.28)$$

Dimana:

S = Jarak pandang henti (m)

L = Panjang lengkung vertikal (m)

A = Perbedaan kelandaian aljabar (%)

3.5 Jalan Penghubung (*Ramp*)

Jalan penghubung merupakan jalan yang menghubungkan jalan tol dengan jalan umum untuk lalu lintas keluar dan masuk jalan tol (Bina Marga, 2009). Ramp dibedakan menjadi 2 yaitu:

- a. *On Ramp* adalah segmen jalan masuk ke jalur tol
- b. *Off Ramp* adalah segmen jalan keluar dari jalur tol

Ketentuan pengendalian jalan masuk dan / atau jalan keluar adalah sebagai berikut:

- a. Jalan masuk dan jalan keluar (*ramp*) ke jalan tol dan dari jalan tol harus dibuat dengan menggunakan lajur percepatan untuk masuk jalur utama dan lajur perlambatan untuk keluar dari jalur utama (Bina Marga, 2009) dapat dilihat di Gambar 3.9.
- b. Jarak antara *nose ramp* jalan masuk dan *nose ramp* jalan keluar untuk jurusan yang sama minimal 2 km untuk jalan tol di daerah perkotaan dan 5 km untuk jalan tol di daerah antarkota (Bina Marga, 2009) dapat dilihat di Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Daerah Pengaruh On Ramp dan Off Ramp
(Sumber: Bina Marga, 2009)

Berikut ini adalah persyaratan geometrik untuk perencanaan *Ramp*:

- a. Jarak antara *nose ramp* jalan masuk (*on ramp*) simpang susun dengan *nose ramp* jalan keluar (*off ramp*) ke tempat istirahat dan pelayanan atau sebaliknya pada arah yang sama minimal adalah 5 km (Bina Marga/2009).
- b. Jarak interval antara tempat istirahat dan pelayanan pada arah yang sama ditentukan pada Tabel 3.16 berikut:

Tabel 3.16 Jarak Interval antara tempat istirahat dan pelayanan

	Jarak Minimum (km)	Jarak Maksimum (km)
Jarak tempat istirahat dengan tempat istirahat dan Pelayanan	10	20
Jarak tempat pelayanan dengan tempat pelayanan	30	50

(Sumber: Bina Marga/2009)

- c. Geometrik jalur utama pada lokasi tempat istirahat harus memenuhi ketentuan pada Tabel 3.17 berikut:

Tabel 3.17 Geometrik jalur utama pada lokasi tempat istirahat

V _R Jalur Utama (km/jam)	Komponen Geometrik	
	Radius Tikungan Minimum (m)	Landai Maksimum (%)
120	2000	2
100	1500	2
80	1000	3
60	500	4

(Sumber: Bina Marga, 2009)

Geometrik jalan keluar dan jalan masuk (*ramp*) dengan 1 lajur lalu lintas harus memenuhi kriteria pada Tabel 3.18 berikut:

Tabel 3.18 Geometri jalan masuk (ramp) dengan 1 jalur lalu lintas

Komponen Geometrik	Standar Kriteria
Kecepatan rencana	40 km/jam
Lebar lajur	4,00 m
lebar bahu luar (kiri)	2,50 m
Lebar bahu dalam (kanan)	0,50 m
Kemiringan melintang normal	2%
Landai maksimum	6%

(Sumber: Bina Marga, 2009)

- d. Jalan atau prasarana lalu lintas di dalam kawasan tempat istirahat dan pelayanan harus dilengkapi dengan pengaturan lalu lintas dan rambu-rambu (Bina Marga/2009).
- e. Jalan masuk dan jalan keluar (*on/off ramp*) tempat istirahat dan pelayanan dilengkapi dengan lajur perlambatan dan lajur percepatan (Bina Marga/2009).

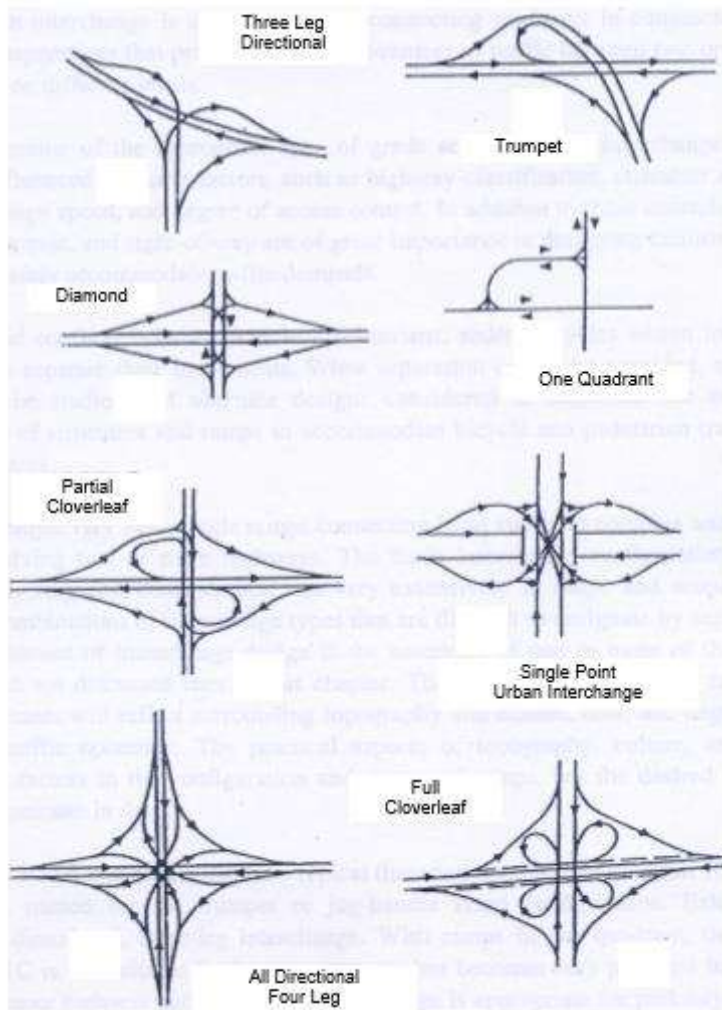
Jarak *nose ramp* jalan keluar dan jalan masuk dengan pencabangannya atau dengan fasilitas umum (area tempat parkir, area SPBU, dan lain-lain) minimal 60 meter (Bina Marga/2009).

3.6 Persimpangan (*Interchange*)

Persimpangan pada jalan bebas hambatan dibuat tidak sebidang. Standar tipe dan bentuk simpang tak sebidang diantaranya adalah sebagai berikut:

- T (atau Trumpet) atau Y, untuk simpangsusun 3 kaki/lengan
- *Diamond* untuk simpangsusun 4 kaki/lengan
- *Cloverleaf* terdiri dari partial cloverleaf dan full *cloverleaf*
- *Directional* atau langsung
- Kombinasi, merupakan penggabungan dari bentuk-bentuk dasar diatas.

Pemilihan pemakaian dan penerapan tipe bentuk simpang tak sebidang harus mempertimbangkan ketersediaan dan kondisi lapangan dari lahan rumija tol serta lingkungan sekitarnya. Standar bentuk simpang tak sebidang dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.10 Standar tipe persimpangan / Simpangsusun
(Sumber: Bina Marga, 2009)

3.7 Perencanaan Perkerasan Jalan

Perencanaan Perkerasan Jalan direncanakan menggunakan perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) dengan acuan Bina Marga tentang Manual Perkerasan Jalan tahun 2017. Namun sebelum memulai perencanaan, ada kriteria yang harus diperhatikan. Untuk lebih jelasnya, akan dijelaskan sebagai berikut.

3.7.1. Penentuan Besaran Rencana

Sebelum memulai untuk merencanakan perkerasan jalan, ada beberapa kriteria yang harus ditentukan, antara lain:

a. Umur Rencana

Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas dasar perhitungan klasifikasi fungsional jalan, pola lalu lintas serta nilai ekonomi jalan yang bersangkutan. Umumnya perkerasan kaku direncanakan dengan umur rencana (UR) 20 tahun mendatang.

b. Lalu Lintas Rencana

Lalu lintas harus dianalisis berdasarkan atas hasil perhitungan volume lalu lintas dan konfigurasi beban berdasarkan data terakhir (tahun 2015).

- Karakteristik Kendaraan

Untuk keperluan perencanaan perkerasan kaku hanya kendaraan niaga yang mempunyai berat minimum 5 ton yang ditinjau.

- Konfigurasi Sumbu

Terdapat 4 konfigurasi sumbu rencana yaitu:

- 1) Sumbu Tunggal dengan Roda Tunggal (STRT)
- 2) Sumbu Tunggal dengan Roda Ganda (STRG)
- 3) Sumbu Tandem dengan Roda Ganda (STdRG)
- 4) Sumbu Tridem dengan Roda Ganda (STrRG)

Untuk lebih jelasnya dari setiap konfigurasi sumbu beban kendaraan dapat dilihat pada Gambar 3.11

	Jenis Kendaraan		Uraian	Konfigurasi sumbu
	Klasifikasi Lama	Alternatif		
	1	1	Sepeda motor	1.1
	2, 3, 4	2, 3, 4	Sedan / Angkot / Pickup / Station wagon	1.1
KENDARAAN NIAGA	5a	5a	Bus kecil	1.2
	5b	5b	Bus besar	1.2
	6a.1	6.1	Truk 2 sumbu – cargo ringan	1.1
	6a.2	6.2	Truk 2 sumbu – ringan	1.2
	6b1.1	7.1	Truk 2 sumbu – cargo sedang	1.2
	6b1.2	7.2	Truk 2 sumbu – sedang	1.2
	6b2.1	8.1	Truk 2 sumbu – berat	1.2
	6b2.2	8.2	Truk 2 sumbu – berat	1.2
	7a1	9.1	Truk 3 sumbu – ringan	1.2.2
	7a2	9.2	Truk 3 sumbu – sedang	1.2.2
	7a3	9.3	Truk 3 sumbu – berat	1.1.2
	7b	10	Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	1.2-2.2
	7c1	11	Truk 4 sumbu - trailer	1.2-2.2
	7c2.1	12	Truk 5 sumbu - trailer	1.2-2.2
	7c2.2	13	Truk 5 sumbu - trailer	1.2-2.2.2
7c3	14	Truk 6 sumbu - trailer	1.2.2-2.2.2	

Gambar 3.11 Distribusi Beban Sumbu dari Berbagai Jenis Kendaraan
(Sumber: Bina Marga, 2017)

c. Modulus Reaksi Sub Grade

Kekuatan tanah dasar dinyatakan dalam nilai modulus reaksi tanah dasar (k). Modulus reaksi tanah dapat ditetapkan dengan pengujian “(Pelat Bearing)”. Dalam keadaan tertentu nilai k dapat juga ditentukan berdasarkan nilai CBR (*California Bearing Ratio*). Untuk perencanaan tebal pelat dianjurkan menggunakan nilai minimum CBR. Sehingga diperlukan pekerjaan pemilihan material untuk menaikkan nilai CBR lapangan bila didapat nilai CBR rencana $< 5\%$.

d. Kekuatan Beton

Kekuatan beton dinyatakan dalam nilai kekuatan Tarik lentur (f_{cf}) pada umur 28 hari. Kekuatan lentur tarik beton pada umur 28 hari dianjurkan 50-55 kg/cm². Namun ketika dalam keadaan terpaksa, boleh menggunakan beton dengan MR minimum 30 kg/cm².

Langkah-langkah dalam prosedur perencanaan tebal perkerasan beton rencana adalah sebagai berikut:

- Menentukan nilai Ketebalan minimum Pondasi Bawah (*Subbase*) dari Gambar 3.12 berikut ini

CBR Tanah dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur			Perkerasan Kaku
			Beton lalu lintas pada jalur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESAS)			
			< 2	2 - 4	> 4	
			Tebal minimum perbaikan tanah dasar			Stabilisasi Semen ⁽¹⁾
			Tidak diperlukan perbaikan			
≥ 6	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilisasi semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan Spesifikasi Umum, Divisi 3 – Pekerjaan Tanah) (pemadatan lapisan ≤ 200 mm tebal gembur)	-	-	100	300
5	SG5		100	150	200	
4	SG4		150	200	300	
3	SG3		175	250	350	
2,5	SG2,5		400	500	600	
Tanah ekspansif (potensi pemuaian > 5%)		Lapis penopang ⁽²⁾	1000	1100	1200	Bertaku ketebalan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur
Perkerasan di atas tanah lunak ⁽³⁾	SG1 ⁽¹⁾	atau lapis penopang dan geogrid ⁽⁴⁾	650	750	850	
Tanah gembur dengan HRS atau DSB untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum – ketebalan lain bertaku)		Lapis penopang bertaku ^{(4), (5)}	1000	1250	1500	

Gambar 3.2 Grafik Hubungan tebal minimum pondasi bawah dan CBR tanah Dasar Rencana
(Sumber: Bina Marga, 2017)

- Hitung Jumlah Kendaraan Niaga Harian (JKNH) selama umur rencana (n).
- Hitung faktor pertumbuhan lalu-lintas selama umur rencana dengan rumus:

$$R = \frac{(1+0,01i)^{UR}-1}{0,01i} \dots\dots\dots (3.29)$$

Dimana:

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

i = Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR = Umur rencana (tahun)

Faktor pertumbuhan juga dapat dilihat dalam tabel 3.19

Tabel 3.19 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%)

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan desa	1,00	1,00	1,00	1,00

(Sumber: Bina Marga, 2017)

- Hitung persentase masing-masing kombinasi konfigurasi beban sumbu terhadap jumlah Sumbu Kendaraan Niaga Harian (JSKNH) yang bias dilihat di Tabel 3.20.

Tabel 3.20 Distribusi beban kelompok sumbu kendaraan (HVAG)

Beban Kelompok Sumbu (Ton)		Jenis Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga				
		STRT	STRG	STdRT	STdRG	STrRG
1	2	7,6%				
2	3	16,5%	0,2%			
3	4	18,4%	0,5%			
4	5	11,8%	1,1%			
5	6	19,0%	2,2%			
6	7	7,6%	4,9%			
7	8	10,2%	7,4%			
8	9	0,7%	6,9%			
9	10	1,1%	2,6%			
10	11		1,8%	1,8%		
11	12		1,6%		0,3%	
12	13		3,0%		0,1%	
13	14		3,3%	1,8%	0,4%	
14	15		1,5%	1,8%	0,7%	
15	16		0,3%	1,8%	1,0%	
16	17		3,6%		1,1%	
17	18		0,1%		1,1%	
18	19				0,5%	
19	20				1,6%	
20	21		0,4%		2,7%	0,13%
21	22		2,4%		0,8%	
22	23		0,1%		1,0%	

Tabel 2.20 Distribusi beban kelompok sumbu kendaraan (HVAG)
(Lanjutan)

23	24		0,1%		0,9%	
24	25				0,7%	
25	26				0,3%	
26	27				1,9%	
27	28				1,0%	
28	29				1,2%	
29	30				0,1%	
31	32				0,7%	0,13%
32	33				0,4%	0,13%
35	36				0,4%	
37	38				0,9%	0,13%
38	39				0,4%	
39	40					0,26%
40	41					0,26%
41	42					0,13%
44	45					0,40%
45	46					0,13%
47	48					0,13%
51	52					0,13%
55	56					0,13%
51	52					0,13%
55	56					0,13%
55	56					0,13%

(Sumber: Bina Marga, 2017)

- Hitung jumlah repetisi kumulatif tiap-tiap kombinasi konfigurasi / beban sumbu pada jalur rencana dengan rumus:

$$Jml\ repetisi = \% konfigurasi\ sumbuxDDxJSKN \dots\dots (2.30)$$

Dimana:

DD = Koefisien distribusi kendaraan pada jalur rencana, dapat dilihat pada tabel 3.21

JSKN = Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga

Tabel 3.21 Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan dan koefisien distribusi (DD) kendaraan niaga pada lajur rencana

Lebar perkerasan (LP)	Jumlah Lajur (n)	Koefisien Distribusi	
		1 Arah	2 Arah
LP < 5,50 m	1 lajur	1	1
5,50 m < LP < 8,25 m	2 lajur	0,70	0,50
8,25 m < LP < 11,25 m	3 lajur	0,50	0,475
11,25 m < LP < 15,00 m	4 lajur	-	0,45
15,00 m < LP < 18,75 m	5 lajur	-	0,425
18,75 m < LP < 22,00 m	6 lajur	-	0,40

(Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah/2003)

- Menentukan beban sumbu rencana dengan rumus:

$$\text{Beban sumbu rencana} = \text{Beban sumbu} \times \text{DL} \times \text{R} \dots \dots \dots (2.31)$$

Dimana:

DL = Faktor distribusi lajur Tabel 3.22

Tabel 3.22 Faktor distribusi lajur (DL)

Jumlah Lajur setiap arah	Kendaraan niaga pada lajur desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

(Sumber: Bina Marga, 2017)

3.7.2. Perencanaan Tebal Pelat

Untuk mengetahui tebal pelat yang diperlukan, maka ditempuh langkah-langkah sebagai berikut:

- Baca beban sumbu rencana
- Liat grafik perkerasan kaku untuk jalan dengan beban lalu lintas berat pada gambar 3.13

Struktur Perkerasan	R1	R2	R3	R4	R5
Kelompok sumbu kendaraan berat (<i>overloaded</i>) (10E6)	< 4.3	< 8.6	< 25.8	< 43	< 86
Dowel dan bahu beton	Ya				
STRUKTUR PERKERASAN (mm)					
Tebal pelat beton	265	275	285	295	305
Lapis Fondasi LMC	100				
Lapis Drainase (dapat mengalir dengan baik)	150				

Gambar 2.13 Grafik Hubungan tebal perkerasan dengan beban sumbu kendaraan rencana

(Sumber: Bina Marga/2017)

3.8.3. Perencanaan Penulangan pada Perkerasan Kaku

Pada perencanaan perkerasan jalan ini akan direncanakan menggunakan tulangan besi. Tujuan diberikan tulangan tersebut agar jalan dapat menerima dan menyalurkan beban tarik pada kendaraan. Untuk lebih detailnya adalah sebagai berikut.

a. Tujuan Utama Perencanaan Penulangan

Tujuan utama penulangan pada perkerasan kaku adalah:

1. Membatasi lebar retakan, agar kekuatan pelat dapat dipertahankan
2. Memperhatikan penggunaan pelat yang lebih panjang agar dapat mengurangi jumlah sambungan melintang sehingga dapat meningkatkan kenyamanan.
3. Mengurangi biaya pemeliharaan

b. Penulangan pada Perkerasan Beton Bersambung

Untuk perhitungan luas tulangan pada perkerasan ini dengan rumus sebagai berikut:

$$A_s = \frac{\mu \cdot L \cdot M \cdot g \cdot h}{2f_s} \dots\dots\dots (3.32)$$

Dimana:

- A_s = Luas penampang tulangan baja (mm²/m lebar pelat)
- μ = Koefisien gesekan antara plat beton dengan lapisan dibawahnya (Tabel 2.23)
- g = gravitasi (m/detik²)
- L = Jarak antar sambungan (m)
- M = Berat per satuan volume pelat (kg/m³)
- H = Tebal pelat (m)
- f_s = Kuat tarik ijin tulangan = 0,6 f_y (kg/cm²)

Tabel 3.23 Koefisien Gesekan Pelat Beton

No	Lapis pemecah ikatan	Koesisien Gesekan (u)
1	Lapis resap ikat aspal di atas permukaan pondasi bawah	1,0
2	Laburan parafin tipis pemecah ikat	1,5
3	Karet kompon (<i>A chirinated rubber curing compound</i>)	2,0

(Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)

Luas penampang tulangan berbentuk anyaman empat persegi panjang dan bujur sangkar ditunjukkan pada Tabel 2.24

Tabel 3.24 Ukuran dan berat tulangan polos anyaman las

Tulangan Memanjang		Tulangan Melintang		Luas Peanampang tulangan		Berat per Satuan Luas (kg/m ²)
Diameter (mm)	Jarak (mm)	Diameter (mm)	Jarak (mm)	Memanjang (mm ² /m)	Melintang (mm ² /m)	
Empat Persegi panjang						
12,5	100	8	200	1227	251	11,606
11,2	100	8	200	986	251	9,707
10	100	8	200	785	251	8,138
9	100	8	200	636	251	6,967
8	100	8	200	503	251	5,919
7,1	100	8	200	396	251	5,091
9	200	8	250	318	251	4,076
8	200	8	250	251	251	3,552
Bujur Sangkar						
8	100	8	100	503	503	7,892
10	200	10	200	393	393	6,165
9	200	9	200	318	318	4,994
8	200	8	200	251	251	3,946
7,1	200	7,1	200	198	198	3,108
6,3	200	6,3	200	156	156	2,447
5	200	5	200	98	98	1,542
4	200	4	200	63	63	0,987

(Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)

c. Penulangan pada perkerasan beton bertulang menerus

1. Penulangan Memanjang

Prosedur tulangan memanjang yang dibutuhkan perkerasan beton bertulang menerus dihitung dari rumus:

$$P_s = \frac{100f_{ct}}{f_y - n f_{ct}} (1,3 - 0,2\mu) \dots\dots\dots (3.33)$$

Dimana:

Ps = Persentase tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap penampang beton (%)

f_{ct} = Kuat Tarik langsung beton (0,4-0,5 f_{cb}) (kg/cm²)

f_y = Tegangan kekuatan baja

n = Angka ekuivalensi antara baja dan beton (E_s/E_c), dapat dilihat pada tabel 2.26

μ = Koefisien gesekan antara plat beton dengan lapis di bawahnya

Tabel 3.21 Hubungan Kuat Tekan Beton dengan Ekuivalensi baja dan beton (n)

$f'c$ (kg/cm ²)	n
175 - 225	10
235 - 285	8
290 - ke atas	6

(Sumber: Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah, 2003)

Jarak antar retakan pada perkerasan beton bertulang menerus dapat dihitung menggunakan rumus:

$$Lcr = \frac{f_{ct}^2}{n \cdot p^2 \cdot u \cdot f_b (\epsilon_s \cdot E_c - f_{ct})} \dots\dots\dots (3.34)$$

Dimana:

Lcr = Jarak teoritis antara retakan (cm), yang disyaratkan 150 - 250 cm

p = Luas tulangan memanjang per satuan luas beban (m²)

u = Perbandingan keliling terhadap luas tulangan = 4/d

f_b = Tegangan lekat antara tulangan dengan beton = $\frac{1,97 \sqrt{f'c}}{d}$ (kg/cm²)

f_{ct} = Kuat Tarik langsung beton (0,4-0,5 f_{cb}) (kg/cm²)

E_s = Koefisien susut beton = 400 x 10⁻⁶

- E_c = Modulus elastisitas beton = $14850 \cdot \sqrt{f'c}$ (kg/cm²)
 E_s = Modulus elastisitas baja = $2,1 \times 10^6$ (kg/cm²)

2. Penulangan Melintang

Luas tulangan melintang yang diperlukan pada perkerasan beton menerus, dihitung dengan persamaan yang sama seperti pada perhitungan penulangan perkerasan beton bersambung dengan tulangan (Rumus 3.33 dan 3.34)

3.7.4. Teknik Penyambungan

Pada dasarnya penyambungan pada suatu perkerasan jalan dibuat untuk mengontrol retakan akibat penyusutan dan pemuaihan tulangan. Penempatan sambungan akan menentukan letak dimana retakan tersebut harus terjadi akibat penyusutan beton dan juga pengendalian – pengendalian terhadap perubahan-perubahan temperature dan perkerasan (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003).

3.7.5. Perencanaan Sambungan pada Perkerasan Kaku

Sambungan adalah pertemuan 2 jenis perkerasan yang sama baik *rigid* atau *flexible* untuk menjaga keretakan permukaan jalan dengan cara membentuk celah pada perkerasan dengan lebar 4 – 6 mm sehingga keamanan dan kenyamanan tetap sesuai dengan yang diharapkan (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah/2003). Berikut ini adalah tipe sambungan pada perkerasan kaku:

- a. Sambungan memanjang dengan batang pengikat (*tie bars*)
 Pemasangan sambungan memanjang ditujukan untuk mengendalikan terjadinya retak memanjang. Jarak antar sambungan memanjang sekitar 3 - 4 m. Untuk menentukan ukuran batang pengikat dapat dilihat pada Tabel 3.26

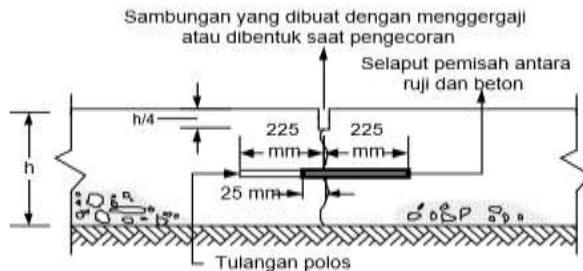
Tabel 3.22 Ukuran Diameter Tie Bar

Tebal Pelat (Cm)	Diameter Tie Bar (mm)	Panjang Tie Bar (mm)	Jarak Spasi Tie Bar (cm)
12,5	12	600	75
15,0	12	600	75
17,5	12	600	75
20,0	12	600	75
22,5	12	750	50
25,0	16	750	50

(Sumber: Portland Cement Association/1975)

b. Sambungan Susut (*Contraction Joint*)

Sambungan ini memerlukan ruji polos lurus dan bebas dari tonjolan tajam yang akan mempengaruhi gerakan bebas pada saat pelat beton menyusut akibat suhu, kelembaban, dan gesekan sehingga mencegah terjadinya retakan. Untuk perencanaan dapat dilihat di Gambar 2.14.

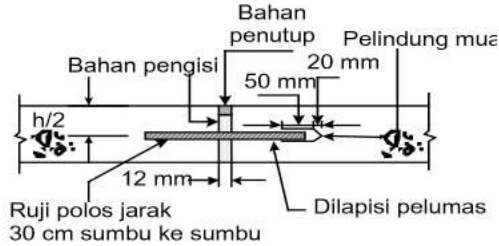


Gambar 2.2 Sambungan Susut melintang dengan Ruji
(Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)

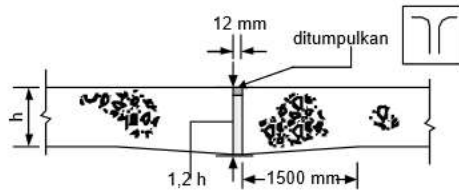
c. Sambungan Isolasi

Sambungan isolasi memisahkan perkerasan dengan bangunan yang lain, misalnya manhole, jembatan, tiang listrik, jalan lama, persimpangan dan lain sebagainya.

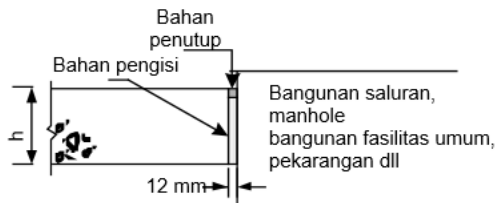
Sambungan isolasi harus dilengkapi dengan bahan penutup (*joint sealer*) setebal 5 – 7 mm dan sisanya diisi dengan bahan pengisi (*joint filler*). Untuk perencanaan dapat dilihat di Gambar 3.15 dan Gambar 3.16.



Gambar 3.3 Sambungan Isolasi melintang dengan *Ruji*
(Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)



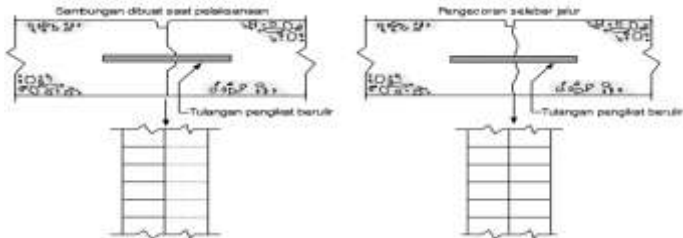
Gambar 3.4 Sambungan Isolasi dengan penebalan tepi
(Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)



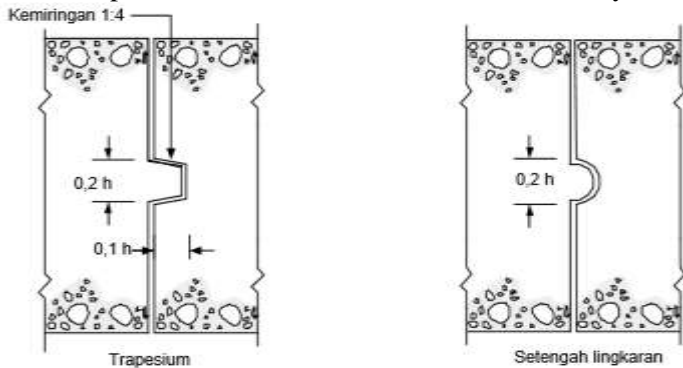
Gambar 3.5 Sambungan Isolasi tanpa ruji
(Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)

d. Sambungan Pelaksanaan

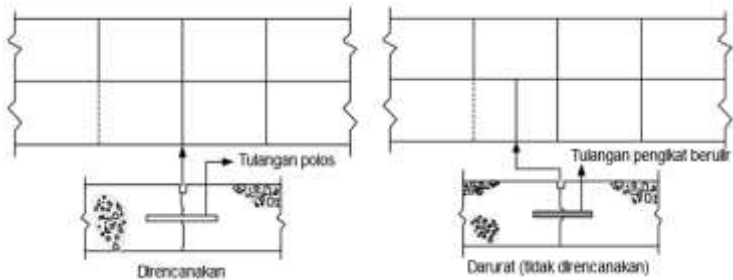
Sambungan yang diperlukan untuk kebutuhan pelaksanaan konstruksi. Jarak antar sambungan memanjang disesuaikan dengan lebar alas penghampar dan tebal perkerasan. Untuk perencanaan dapat dilihat di Gambar 3.18 – Gambar 3.21.



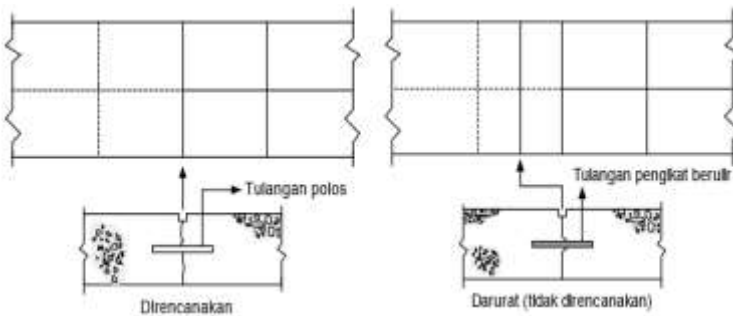
Gambar 3.6 Tipikal sambungan pelaksanaan arah memanjang
(Sumber: Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah, 2003)



Gambar 3.19 Ukuran standar penguncian sambungan memanjang
(Sumber: Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah, 2003)



Gambar 3.7 Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran per lajur
(Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)



Gambar 3.8 Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran seluruh lebar perkerasan
(Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)

3.7.6. Ruji (*Dowel*)

Dowel berupa batang baja tulangan polos yang digunakan sebagai sarana penyambung/pengikat pada beberapa jenis sambungan plat beton pada perkerasan jalan. Untuk ukuran diameter ruji dapat di lihat di Tabel 3.28

Tabel 3.23 Ukuran Diameter Ruji

No	Tebal pelat beton, h (mm)	Diameter ruji (mm)
1	$125 < h \leq 140$	20
2	$140 < h \leq 160$	24
3	$160 < h \leq 190$	28
4	$190 < h \leq 220$	33
5	$220 < h \leq 250$	36

(Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)

3.8 Fasilitas Perlengkapan Jalan

Tujuan dari pemasangan fasilitas perlengkapan jalan adalah untuk meningkatkan keselamatan jalan dan menyediakan pergerakan yang teratur terhadap pengguna jalan. Fasilitas perlengkapan jalan memberi informasi kepada pengguna jalan tentang peraturan dan petunjuk yang diperlukan untuk mencapai arus lalu lintas yang aman, nyaman, seragam dan beroperasi dengan efisien.

3.8.1. Marka Jalan

Pemasangan marka jalan mempunyai fungsi penting dalam menyediakan petunjuk dan informasi terhadap pengguna jalan. Marka digunakan sebagai tambahan alat control lalu lintas yang lain seperti rambu-rambu, alat pemberi sinyal lalu lintas dan marka-marka yang lain:

1. Marka Membujur

a. Marka membujur garis utuh

Marka membujur berupa garis utuh berfungsi sebagai larangan bagi kendaraan melintasi garis tersebut. Marka membujur berupa satu garis utuh juga dipergunakan untuk menandakan tepi jalur lalu lintas. Marka membujur digunakan pada saat menjelang persimpangan dan pada jalan yang jarak pandangnya terbatas. Untuk perencanaan dapat dilihat di Gambar 3.22.



Gambar 3.9 Marka membujur garis utuh
(Sumber: Menteri Perhubungan, 2014)

b. Marka membujur garis putus-putus

Marka membujur berupa garis putus-putus berfungsi untuk:

- Mengarahkan lalu lintas
- Memperingatkan akan ada marka membujur berupa garis utuh di depan dan pembatas jalur pada jalan dua arah.
- Peringatan pada jalur percepatan/perlambatan sebelum mendekati penghalang (*approach line*) atau pada garis dilarang menyiap di tikungan.

Untuk perencanaan dapat dilihat di Gambar 3.23



Gambar 3.10 Marka membujur garis putus-putus
(Sumber: Menteri Perhubungan, 2014)

c. Marka membujur garis ganda

Marka membujur berupa garis ganda yang terdiri dari garis utuh dan garis putus-putus memiliki arti, yaitu:

- Lalu lintas yang berada pada sisi garis putus-putus dapat melintasi garis ganda tersebut.
- Lalu lintas yang berada pada sisi garis utuh dilarang melintasi garis ganda tersebut.

Untuk perencanaan dapat dilihat di Gambar 3.24

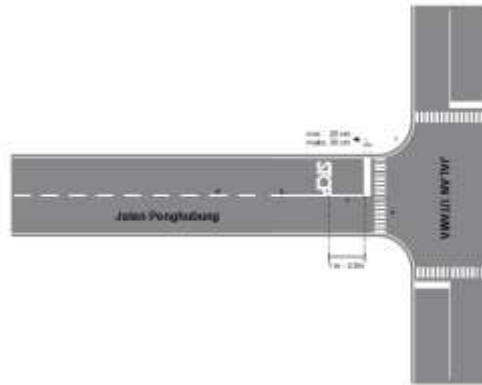


Gambar 3.11 Marka membujur garis ganda utuh dan putus-putus
(Sumber: Menteri Perhubungan, 2014)

2. Marka Melintang

a. Marka Huruf dan Angka

Marka Huruf dan Angka ini dipakai untuk mempertegas perintah / petunjuk dan biasa dipasang bersama Marka lainnya. Untuk perencanaan dapat dilihat di Gambar 3.25.



Gambar 3.12 Marka melintang huruf dan angka
(Sumber: Menteri Perhubungan/2014)

b. Marka melintang garis putus-putus

Marka melintang berupa garis ganda putus-putus menyatakan batas berhenti kendaraan sewaktu mendahului kendaraan lain. Pada saat ini mendekati persimpangan permukaan jalan dapat dilengkapi dengan garis putus-putus dan tanda panah untuk menunjukkan arah yang ditempuh. Untuk perencanaan dapat dilihat di Gambar 3.26

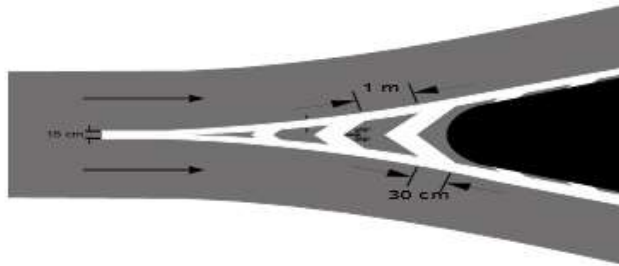


Gambar 3.13 Marka melintang garis putus-putus
(Sumber: Menteri Perhubungan, 2014)

4. Marka Serong

Marka serong berupa garis utuh dilarang dilintasi kendaraan. Marka serong yang dibatasi dengan rangka garis utuh digunakan untuk menyatakan:

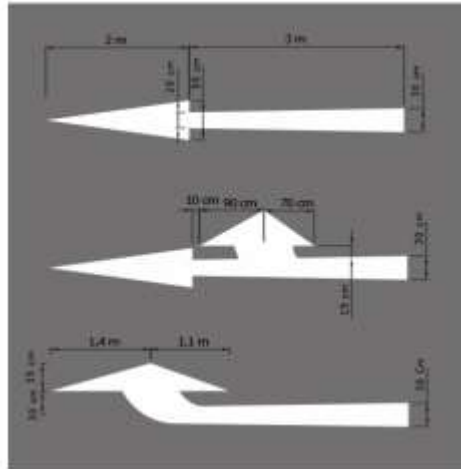
- Daerah yang tidak boleh dimasuki kendaraan
- Pemberitahuan awal sudah mendekati pulau lalu lintas, permukaan jalan harus dilengkapi dengan marka lambang berupa chevron sebagai tanda mendekati pulau lalu lintas. Untuk perencanaan dapat dilihat di Gambar 3.27



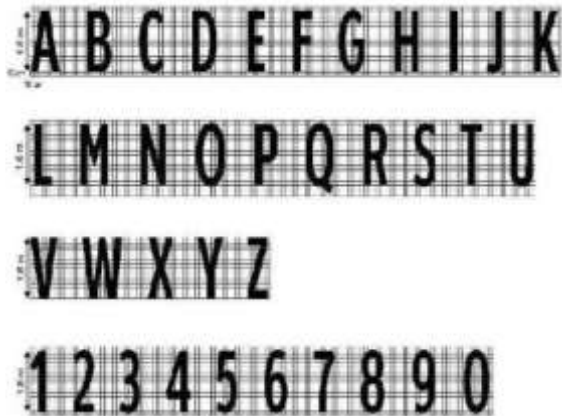
Gambar 3.14 Marka serong
(Sumber: Menteri Perhubungan, 2014)

5. Marka Lambang

Marka lambang berupa panah, segitiga, atau tulisan, berfungsi untuk mengulangi rambu-rambu lalu lintas atau untuk memberitahukan pengguna jalan yang tidak dinyatakan dengan rambu lalu lintas jalan. Untuk perencanaan dapat dilihat di Gambar 3.28 dan Gambar 3.29.



Gambar 3.15 Marka lambang arah panah
(Sumber: Menteri Perhubungan, 2014)



Gambar 3.29 Ukuran huuf dan angka marka lambang
(Sumber: Menteri Perhubungan, 2014)

3.8.2. Rambu Jalan

Rambu adalah alat yang utama dalam mengatur, memberi peringatan dan mengarahkan lalu lintas. Rambu yang efektif harus memenuhi hal-hal berikut:

1. Memenuhi kebutuhan
2. Menarik perhatian dan mendapatkan respek pengguna jalan
3. Memberikan pesan yang sederhana dan mudah dimengerti
4. Menyediakan waktu cukup kepada pengguna jalan dalam memberikan respon

Jenis rambu jalan dapat dikelompokkan sebagai berikut:

4. Rambu Peringatan

Rambu peringatan digunakan untuk memberi peringatan kemungkinan adanya bahaya atau tempat berbahaya di depan pengguna jalan. Untuk perencaan dapat dilihat di Gambar 3.30



Gambar 3.16 Contoh rambu peringatan
(Sumber: Menteri Perhubungan, 2014)

5. Rambu Larangan

Warna dasar rambu larangan berwarna putih dan lambang atau tulisan berwarna hitam atau merah. Untuk perencaan dapat dilihat di Gambar 3.31



Gambar 3.17 Contoh rambu larangan
(Sumber: Menteri Perhubungan, 2014)

6. Rambu Perintah

Warna dasar rambu perintah berwarna biru dan lambang atau tulisan berwarna putih serta merah untuk garis serong sebagai batas akhir perintah. Untuk perencanaan dapat dilihat di Gambar 3.32



Gambar 3.18 Contoh rambu perintah
(Sumber: Menteri Perhubungan, 2014)

4. Rambu Petunjuk

- a. Rambu petunjuk yang menyatakan tempat fasilitas umum, batas wilayah suatu daerah, situasi jalan, dan rambu berupa kata-kata serta tempat khusus dinyatakan dengan warna dasar biru.
- b. Rambu petunjuk pendahulu jurusan, rambu petunjuk jurusan dan rambu penegas jurusan yang menyatakan petunjuk arah untuk mencapai tujuan antara lain kota, daerah/wilayah serta rambu yang menyatakan nama jalan dinyatakan dengan warna dasar hijau dengan lambang dan/atau tulisan warna putih.

- c. Rambu petunjuk jurusan menggunakan huruf capital pada huruf pertama dan selanjutnya menggunakan huruf kecil dan/atau seluruhnya menggunakan kapital dan/atau huruf kecil.
- d. Khusus rambu petunjuk jurusan kawasan dan objek wisata dinyatakan dengan warna dasar coklat dengan lambang dan/atau tulisan warna putih.

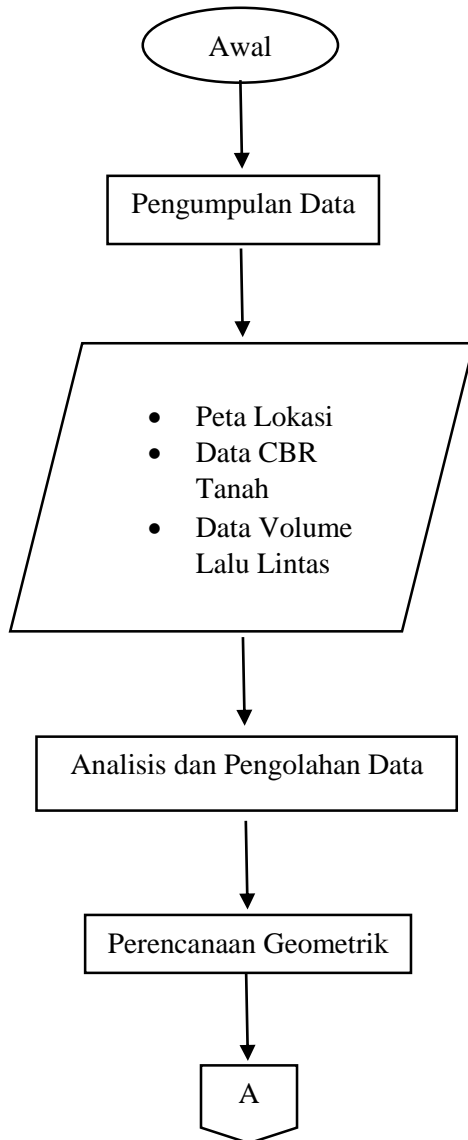
Untuk perencanaan dapat dilihat di Gambar 3.33

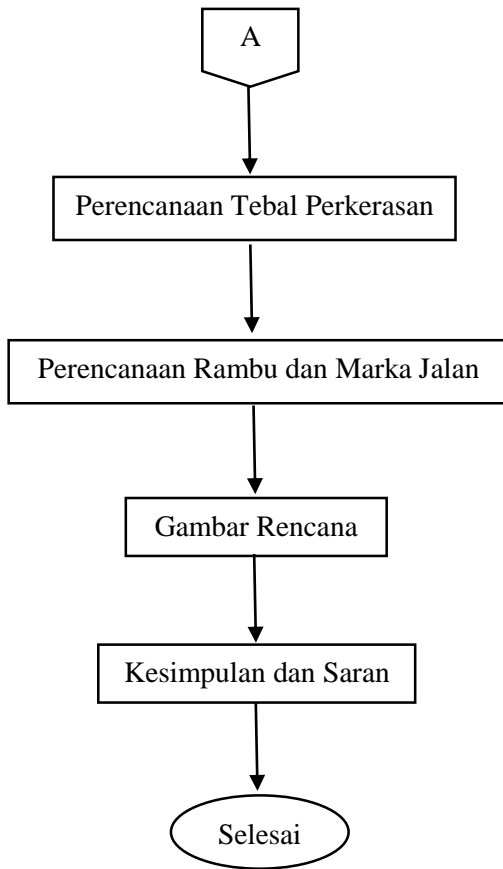


Gambar 3.19 Contoh rambu petunjuk
(Sumber: Menteri Perhubungan, 2014)

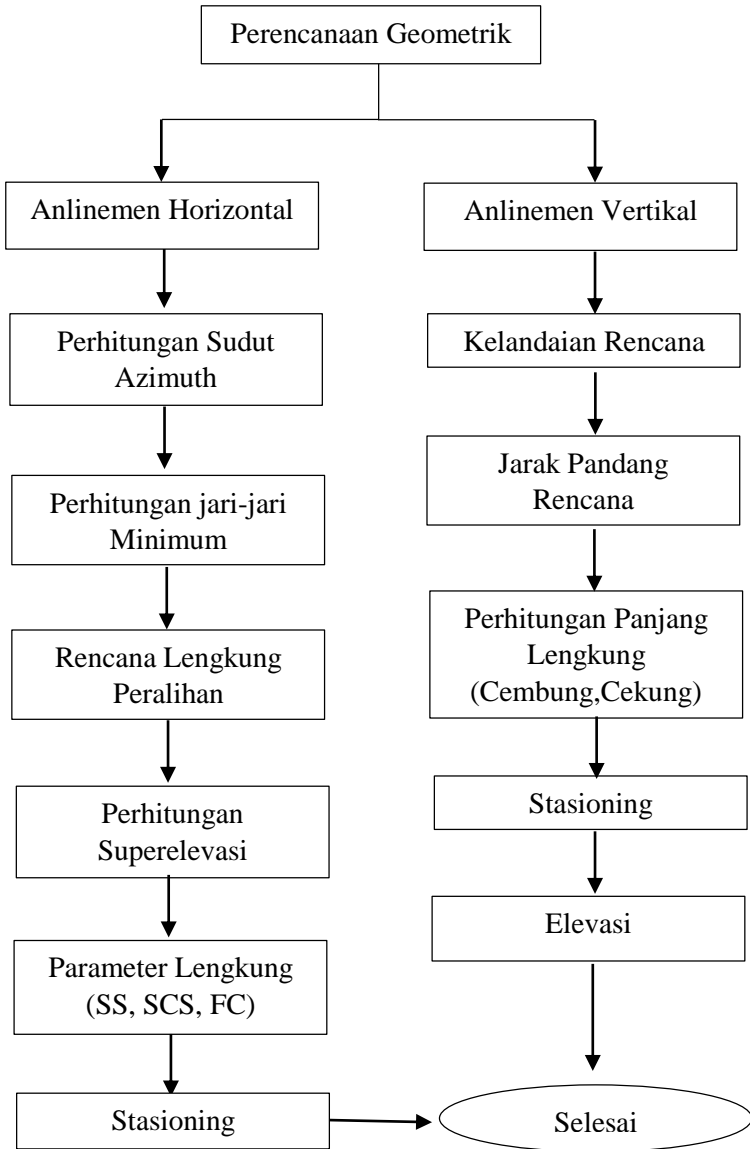
3.9 Bagan Aliran (flow chart)

Untuk langkah-langkah dalam penyusunan tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.

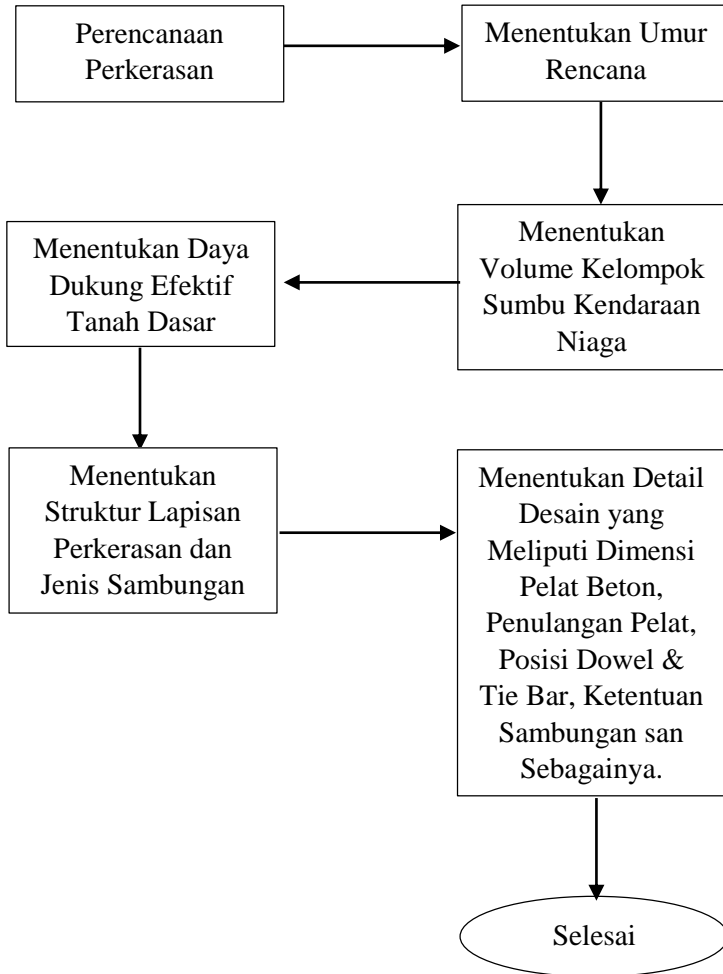




Gambar 3.14 Bagan Diagram Alir (Flow Chart)



Gambar 3.25 Bagan Diagram Perencanaan Geometrik



Gambar 3.36 Bagan Diagram Perencanaan Perkerasan

BAB IV

PERENCANAAN GEOMETRIK JALAN

4.1 Alternatif Trase

Dalam Perencanaanya dibuat alternatif jalur trase yang memenuhi dalam aspek ekonomis.

Kriteria perencanaan trase ini didasarkan pada beberapa kriteria utama, antara lain luasnya lahan yang harus dibebaskan, jumlah jembatan, dan panjang trase jalan rencana.

Terdapat dua alternatif pilihan rencana trase yaitu trase milik Bina Marga serta trase alternatif lainnya.



Gambar 4.1 Jalur Trase Rencana Bina Marga



Gambar 4.2 Jalur Trase Rencana I



Gambar 4.3 Jalur Trase Rencana II

4.2 Pemilihan Trase

Dari alternatif-alternatif tersebut akan dipilih satu yang menjadi dasar perencanaan berikutnya.

Kriteria yang dijadikan sebagai bahan pertimbangan adalah sebagai berikut :

1. Luas lahan yang dibebaskan (diasumsikan dengan panjang jalan yang melewati pemukiman dikalikan Ruang Pengawasan Jalan/Ruwasja = 75 m).
2. Panjang elevated
3. Luas bangunan yang dibebaskan
4. Panjang rencana trase

Tabel 4.1 Perbandingan trase berdasarkan kriteria

Kriteria	I		II	
	Hasil	Nilai	Hasil	Nilai
Panjang (km)	5,13	1	4,78	2
Panjang elevated (km)	2,36	1	2,1	2
Luas bangunan yang dibebaskan (m ²)	91855,94	2	211014,044	1
Luas lahan yang dibebaskan (m ²)	384750	1	358500	2
	Total	5	Total	7

Dari hasil pembobotan didapatkan trase nomor II sebagai trase terpilih karena memiliki skor pembobotan yang lebih tinggi.

4.3 Dasar Perencanaan Geometrik Jalan

Dalam subbab ini, akan ditentukan besaran sebagai dasar perencanaan untuk jalan tol Medan-Binjai Seksi I. Data yang ditentukan adalah sebagai berikut:

Nama Jalan	: Jalan Tol Medan-Binjai Seksi I
Klasifikasi Jalan	: Jalan Bebas Hambatan
Tipe Jalan	: empat lajur, dua arah terbagi (4/2 D)
Lebar jalan	: 2 x 7 m
Lebar bahu luar	: 3 m
Lebar bahu dalam	: 1,5 m
Kecepatan rencana	: 100 km/jam
Kelandaian minimum	: 2%
Kelandaian maksimum	: 10%

4.4 Perencanaan Alinemen Horisontal

Perencanaan alinemen horisontal ruas jalan tol Medan-Binjai Seksi I menggunakan tikungan tipe *Spiral-Circle-Spiral* (S-C-S). Pada tikungan S-C-S menggunakan lengkung peralihan untuk menghindari terjadinya perubahan kemiringan secara mendadak. Untuk menghitung perencanaan alinemen horisontal menggunakan program bantu *Microsoft Excel*

4.4.1 Perencanaan Tikungan Spiral-Circle-Spiral (S-C-S)

Berikut ini urutan perencanaan alinemen horisontal tipe S-C-S beserta contoh perhitungan pada titik **PI 1** akan dijelaskan berikut ini.

4.4.1.1 Menentukan panjang bagian Lurus

Berdasarkan Tabel 2.6, panjang bagian lurus maksimum yang diijinkan dengan kecepatan rencana (VR) 100 km/jam adalah 4200 m.

4.4.1.2. Perhitungan Sudut Azimut (β)

Berikut ini adalah contoh perhitungan sudut azimuth pada titik **PI 1**

a. Perhitungan sudut azimuth pada titik **START-PI 1**

- Titik START (29430,6712; 6669,7818)
- Titik PI 1 (27874,8024; 6364,0186)

Dari titik koordinat tersebut, didapatkan:

$$\begin{aligned} \text{Titik START} : X_{\text{START}} &= 29430,6712 \\ & Y_{\text{START}} = 6669,7818 \\ \text{Titik PI 1} : X_{\text{FINISH}} &= 27874,8024 \\ & Y_{\text{FINISH}} = 6364,0186 \end{aligned}$$

Menentukan ΔX dan ΔY :

$$\begin{aligned} \Delta X &= X_{\text{FINISH}} - X_{\text{START}} \\ &= 27874,8024 - 29430,6712 \\ &= -1555,8688 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta Y &= Y_{\text{FINISH}} - Y_{\text{START}} \\ &= 6364,0186 - 6669,7818 \\ &= -305,7632 \end{aligned}$$

Panjang jalan dari titik **START** Sampai titik **PI 1**:

$$\begin{aligned} L &= \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} \\ &= \sqrt{(-1555,8688)^2 + (-305,7632)^2} \\ &= 1585,628852\text{m} \end{aligned}$$

Menentukan kuadran:

Karena nilai dari ΔX **negatif** sedangkan nilai ΔY **negatif**, maka letak dari garis START-PI 1 pada **Kuadran 3**

Menentukan sudut Azimut (β):

Karena garis terletak pada **Kuadran 3**, maka:

$$\begin{aligned}\beta_1 &= \text{Arc Tan} \frac{\Delta X}{\Delta Y} \\ &= \text{Arc Tan} \frac{-1555,8688}{-305,7632} \\ &= 78,88^\circ\end{aligned}$$

b. Perhitungan sudut azimuth pada titik **PI 1–PI2**

- Titik PI 1 (27874,8024; 6364,0186)
- Titik PI 2 (26496,0566; 5977,0548)

Dari titik koordinat tersebut, didapatkan:

$$\begin{aligned}\text{Titik PI 1} &: X_{\text{START}} = 27874,8024 \\ &Y_{\text{START}} = 6364,0186 \\ \text{Titik PI 2} &: X_{\text{FINISH}} = 26496,0566 \\ &Y_{\text{FINISH}} = 5977,0548\end{aligned}$$

Menentukan ΔX dan ΔY :

$$\begin{aligned}\Delta X &= X_{\text{FINISH}} - X_{\text{START}} \\ &= 26496,0566 - 27874,8024 \\ &= -1378,7458 \\ \Delta Y &= Y_{\text{FINISH}} - Y_{\text{START}} \\ &= 5977,0548 - 6364,0186 \\ &= -386,9638\end{aligned}$$

Panjang jalan dari titik **PI 1** Sampai titik **PI 2**:

$$\begin{aligned}L &= \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} \\ &= \sqrt{(-1378,7458)^2 + (-386,9638)^2} \\ &= 1432,019889 \text{ m}\end{aligned}$$

Menentukan kuadran:

Karena nilai dari ΔX **negatif** sedangkan nilai ΔY **negatif**, maka letak dari garis PI 1-PI 2 pada **Kuadran 3**

Menentukan sudut Azimut (β):

Karena garis terletak pada **Kuadran 3**, maka:

$$\begin{aligned}\beta_2 &= \text{Arc Tan} \frac{\Delta X}{\Delta Y} \\ &= \text{Arc Tan} \frac{-1378,7458}{-386,9638} \\ &= 74,32^\circ\end{aligned}$$

Besar sudut azimuth pada titik PI 1:

$$\begin{aligned}\Delta\beta \text{ PI 1} &= \text{Abs} (\beta_2 - \beta_1) \\ &= \text{Abs} (78,88^\circ - 74,32^\circ) \\ &= 4,56^\circ\end{aligned}$$

4.4.1.3 Perhitungan Jari-jari Tikungan (R)

Berikut ini adalah contoh perhitungan jari-jari tikungan pada titik **PI 1**.

Menentukan jari-jari tikungan minimum (R_{\min}):

$$\begin{aligned}V_R &= 100 \text{ km/jam} \\ e_{\max} &= 10\% \quad (\text{Tabel 2.7}) \\ f_{\max} &= 0,116 \quad (\text{Tabel 2.8}) \\ R_{\min} &= \frac{(V_R)^2}{127(e_{\max} + f_{\max})} = \frac{100^2}{127(0,1 + 0,116)} \\ &= 364,538 \approx 365 \text{ m}\end{aligned}$$

Selain dari perhitungan diatas, R_{\min} juga didapatkan dari Tabel 2.9, dari data kecepatan rencana (V_R) dan superelevasi maksimum (e_{\max}) didapatkan panjang jari-jari minimum sebesar 365 m. Menentukan jari-jari tikungan rencana (R_0): Berikut ini adalah contoh pada titik **PI 1**

Dari jari-jari tikungan minimum yang didapatkan, maka direncanakan menggunakan jari-jari tikungan rencana (R_0) sebesar 2000 m.

4.4.1.4 Perencanaan Panjang Lengkung Peralihan (L_s)

Berikut ini adalah contoh perhitungan Superelevasi pada titik **PI 1**. Dalam perencanaan panjang lengkung peralihan ada beberapa hal yang harus diperhatikan, yaitu:

1. Panjang Lengkung Peralihan Minimum berdasarkan waktu melintas Lengkung Peralihan.

Data yang dibutuhkan:

$$V_R = 100 \text{ km/jam} \quad (\text{Direncanakan})$$

$$T = 3 \text{ detik} \quad (\text{NO.007/BM/2009})$$

Maka:

$$L_S = \frac{V_R}{3,6} \cdot T = \frac{100}{3,6} \cdot 3 = 83,33 \text{ m}$$

2. Panjang Lengkung Peralihan untuk mengatasi gaya sentrifugal.

Data yang dibutuhkan:

$$V_R = 100 \text{ km/jam}$$

$$C = 1,2 \text{ m/dt}^3$$

$$R = 2000 \text{ m}$$

Maka:

$$L_S = \frac{0,022 (V_R)^3}{R \cdot C} - \frac{2,727 V_R e}{C}$$

$$= \frac{0,022 (100)^3}{2000 \cdot 1,2} - \frac{2,727 \times 100 \times 3\%}{1,2} = 6,06 \text{ m}$$

3. Panjang Lengkung Peralihan berdasarkan kelandaian relatif maksimum

Data yang dibutuhkan:

$$e = 3\%$$

$$e_n = 2\%$$

$$B = 7 \text{ m}$$

$$m_{\text{maks}} = 233$$

Maka:

$$L_s \geq (e + e_n) \times B \times m_{\text{maks}}$$

$$L_s \geq (3\% + 2\%) \times 7 \times 233$$

$$L_s \geq 76,65 \text{ m}$$

4. Panjang Lengkung Peralihan berdasarkan tingkat perubahan kelandaian melintang jalan.

Data yang dibutuhkan:

$$e_{\text{maks}} = 10\%$$

$$e_n = 2\%$$

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

$$r_e = 0,025$$

Maka:

$$L_s = \frac{(e_{\text{maks}} - e_n) V_r}{3,6 \times r_e} = \frac{(10\% - 2\%) 100}{3,6 \times 0,025} = 88,89 \text{ m}$$

Berdasarkan dari penentuan nilai panjang lengkung peralihan diatas, maka dipilih panjang lengkung minimum terbesar sebagai acuan yaitu $1,5 \times 88,89 = 133,33 \text{ m}$.

4.4.1.5 Perhitungan Superelevasi (e)

Perhitungan superelevasi (e), pada perencanaan ini menggunakan cara AASHTO. Berikut ini adalah contoh perhitungan Superelevasi pada titik **PI 1**.

Menentukan kecepatan aktual:

Kecepatan aktual yang ideal adalah 80%-90% kecepatan rencana. Dalam perencanaan ini, kecepatan aktual direncanakan 80% dari kecepatan rencana sehingga:

$$V_D = 85\% \times V_R = 80\% \times 100 = 85 \text{ km/jam}$$

Menentukan derajat lengkung (D):

$$D = \frac{1432,39}{R} = \frac{1432,39}{2000} = 0,716$$

Menentukan derajat lengkung maksimum (D_{max}):

$$\begin{aligned} D_{max} &= \frac{181913,53x(e_{max}+f_{max})}{VD^2} \\ &= \frac{181913,53x(0,10+0,116)}{85^2} = 3,929 \end{aligned}$$

Menentukan nilai (e + f):

$$\begin{aligned} (e + f) &= (e_{max} + f_{max}) \times \frac{D}{D_{max}} \\ &= (0,10 + 0,116) \times \frac{0,716}{3,929} = 0,0394 \end{aligned}$$

Menentukan nilai D_p :

$$D_p = \frac{181915,53xe_{max}}{(V_D)^2} = \frac{181915,53x0,10}{85^2} = 2,518$$

Menentukan nilai h:

$$\begin{aligned} h &= (e_{max} \times \frac{(V_R)^2}{(V_D)^2}) - e_{max} \\ &= (0,10 \times \frac{(100)^2}{(85)^2}) - 0,10 = 0,0384 \end{aligned}$$

Menentukan nilai $\tan \alpha_1$ dan $\tan \alpha_2$:

$$\tan \alpha_1 = \frac{h}{D_p} = \frac{0,0384}{2,518} = 0,015$$

$$\tan \alpha_2 = \frac{f_{\max} - h}{D_{\max} - D_p} = \frac{0,116 - 0,0384}{6,140 - 2,518} = 0,055$$

Menentukan nilai M_o :

$$\begin{aligned} M_o &= D_p \times (D_{\max} - D_p) \times \frac{\tan \alpha_2 - \tan \alpha_1}{2D_{\max}} \\ &= 2,518 \times (3,929 - 2,518) \times \frac{0,055 - 0,015}{2 \times 3,929} = 0,018 \end{aligned}$$

Menentukan nilai $f(D)$:

Karena nilai $D < D_p$, maka:

$$\begin{aligned} f(D) &= M_o \times \left(\frac{D}{D_p}\right)^2 + D \times \tan \alpha_1 \\ &= 0,018 \times \left(\frac{0,716}{2,518}\right)^2 + 0,716 \times 0,015 = 0,012 \end{aligned}$$

Menentukan superelevasi (e):

$$\begin{aligned} e &= (e + f) - f(D) \\ &= 0,0394 - (0,012) = 0,026 \approx 0,03 \approx 3\% \end{aligned}$$

Jadi, besar superelevasi pada titik **PI 1** adalah $3\% < 10\%$ (OK)

4.4.1.6 Penentuan Tipe Lengkung Horizontal

Berdasarkan hasil perhitungan superelevasi (e) pada titik PI 1 yang didapatkan adalah $3\% \geq 3\%$, maka tipe lengkung horizontal yang digunakan ada *Spiral-Circle-Spiral* (S-C-S).

4.4.1.7 Parameter Tipe Lengkung Horizontal S-C-S

Berdasarkan hasil perhitungan superelevasi, dapat diketahui bahwa tipe lengkung horizontal titik PI 1 adalah tipe *Spiral-Circle-Spiral* (S-C-S). Setelah diketahui tipe lengkung horizontalnya, maka kemudian menghitung

parameter pada tipe lengkung *Spiral-Circle-Spiral* (S-C-S). Berikut ini adalah contoh perhitungan parameter tipe lengkung *Spiral-Circle-Spiral* (S-C-S) pada titik PI 1:

Menentukan koordinat titik peralihan dari spiral ke circle ($X_c; Y_c$):

$$X_c = L_s \left(1 - \frac{(L_s)^3}{40R^2}\right) = 133,33 \left(1 - \frac{(133,33)^3}{40(2000)^2}\right) = 133,319 \text{ m}$$

$$Y_c = \frac{(L_s)^2}{6R} = \frac{133,33^2}{6 \times 2000} = 1,481 \text{ m}$$

Menentukan sudut spiral pada titik spiral ke circle (θ_s):

$$\theta_s = \frac{90L_s}{\pi R} = \frac{90 \times 133,3}{\pi \times 2000} = 1,9^\circ$$

Menentukan sudut alinyemen horizontal (Δ_c):

$$\Delta_c = \Delta\beta - 2\theta_s = 4,55 - (2 \times 1,9) = 0,741^\circ$$

Menentukan pergeseran tangen secara spiral (p):

$$p = Y_c - R(1 - \cos \theta_s) \\ = 1,481 - 2000(1 - \cos 1,9^\circ) = 0,371 \text{ m}$$

Menentukan Absis dari p pada garis tangen spiral (k):

$$k = X_c - R \sin \theta_s \\ = 133,319 - 2000(\sin 1,9^\circ) = 66,69 \text{ m}$$

Menentukan titik awal mulai masuk ke daerah lengkung (T_s):

$$T_s = (R + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \\ = (2000 + 0,371) \tan \frac{1}{2} (4,55) + 66,69 = 146,32 \text{ m}$$

Menentukan jarak dari PI ke sumbu jalan arah pusat lingkaran (E_s):

$$E_s = (R + p) \sec \frac{1}{2} \Delta - R \\ = (2000 + 0,371) \tan \frac{1}{2} (4,55) - 2000 = 1,955 \text{ m}$$

Menentukan panjang busur lingkaran (L_c):

$$\begin{aligned} L_c &= \frac{(\Delta - 2\theta_s)\pi R}{180} \\ &= \frac{(4,22 - 2 \times 1,9)\pi \times 2000}{180} = 25,87 \text{ m} \end{aligned}$$

Menentukan panjang busur total (L_{tot}):

$$\begin{aligned} L_{tot} &= L_c + 2L_s \\ &= 25,87 + (2 \times 133,33) = 292,54 \text{ m} \end{aligned}$$

4.4.1.8 Stasioning Titik Parameter Lengkung Horizontal S-C-S

Setelah menghitung parameter Lengkung Horizontal, maka selanjutnya adalah menentukan stasioning titik parameter lengkung horizontal. Berikut ini adalah contoh penentuan titik stasioning pada titik **PI 1**:

Titik Stasioning dari *Tangen – Spiral*:

$$STA. TS = 1+577$$

Titik Stasioning dari *Spiral - Circle*:

$$\begin{aligned} STA. SC &= STA. TS + L_s \\ &= 1+577 + 133,33 = 1+710 \end{aligned}$$

Titik Stasioning dari *Mid*:

$$\begin{aligned} STA. Mid &= STA. SC + 0,5L_c \\ &= 1+710 + 0,5(25,87) = 1+723 \end{aligned}$$

Titik Stasioning dari *Circle - Spiral*:

$$\begin{aligned} STA. CS &= STA. SC + L_c \\ &= 1+723 + 25,87 = 1+736 \end{aligned}$$

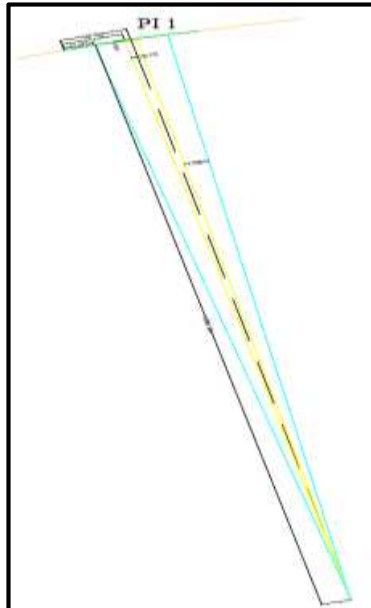
Titik Stasioning dari *Spiral - Tangen*:

$$\begin{aligned} STA. ST &= STA. CS + L_s \\ &= 1+736 + 25,87 = 1+870 \end{aligned}$$

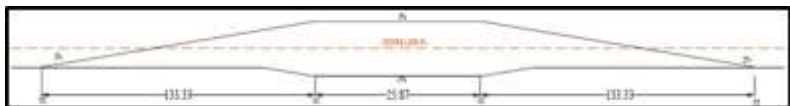
Untuk hasil perhitungan perencanaan tikungan horisontal lainnya dapat dilihat pada Lampiran A.

4.4.2 Gambar Parameter dan Diagram Superelevasi

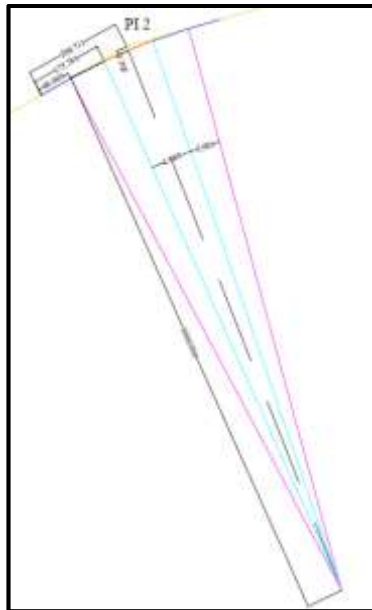
Setelah semua parameter dan superelevasi dihitung, maka selanjutnya adalah menggambar secara lengkap parameter dan diagram superelevasi pada tiap titik tikungan untuk memperjelas gambar pengerjaan lapangan.



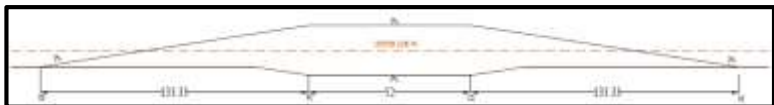
Gambar 4.4 Parameter Tikungan PI 1



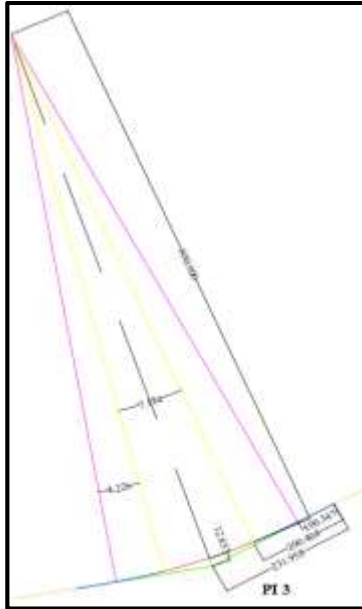
Gambar 4.5 Diagram Superelevasi Tikungan PI 1



Gambar 4.6 Parameter Tikungan PI 2



Gambar 4.7 Diagram Superelevasi Tikungan PI 2



Gambar 4.8 Parameter Tikungan PI 3



Gambar 4.9 Diagram Superelevasi Tikungan PI 3

4.5 Perencanaan Alinemen Vertikal

Perencanaan alinemen vertikal meliputi alinemen vertikal cekung dan alinemen vertikal cembung. Pada tugas akhir ini, dalam menentukan panjang lengkung vertikal ini hanya menggunakan jarak pandang henti (S_s) karena jalan direncanakan satu arah.

4.5.1 Perencanaan Jarak Pandang Kendaraan

Dalam perencanaan jalan ini, akan ditentukan jarak pandang kendaraan agar pengendara aman dan nyaman dalam berkendara. Pada perencanaan jalan tol yang ditinjau hanya

jarak pandang henti (S_s). Dari Tabel 2.4 didapatkan jarak pandang henti minimum sebesar 185 m.

4.5.2 Kelandaian Rencana dan Tipe Lengkung

Berikut adalah contoh menghitung kelandaian rencana dari PV 1.

Menentukan Gradien 1 (g_1)

$$g_1 = \frac{E_1 - E_2}{L} = \frac{19 - 17}{415} = 0,482\% \text{ (Tanjakan)}$$

Menentukan Gradien 2 (g_2)

$$g_2 = \frac{E_1 - E_2}{L} = \frac{24 - 19}{555} = 0,901\% \text{ (Tanjakan)}$$

Menentukan Perbedaan Aljabar (A)

$$A = g_1 - g_2 = 0,482\% - 0,901\% = -0,419\%$$

Karena nilai A adalah $-0,419\% < 0\%$, maka Lengkung yang digunakan adalah **Lengkung Cekung**.

4.5.3 Menentukan Panjang Lengkung Vertikal Cekung

Berikut ini adalah contoh perhitungan panjang lengkung pada PV 1.

Menentukan Panjang Lengkung untuk $S_s < L$

$$L = \frac{A \times S_s^2}{130 + 3,5S_s} = \frac{0,004 \times 185^2}{130 + 3,5(185)} = 0,187 \text{ m} < S_s \text{ (NOT OK)}$$

Menentukan Panjang Lengkung untuk $S_s > L$

$$L = 2S_s - \frac{120 + 3,5S_s}{A} \\ = 2(185) - \frac{120 + 3,5(185)}{0,004} = -182815,946 \text{ m} < S_s \text{ (OK)}$$

Menentukan panjang lengkung berdasarkan faktor kenyamanan :

$$L = \frac{Vr}{3600} \times 1000 \times 3 = \frac{100}{3600} \times 1000 \times 3 = 83,33 \text{ m}$$

Dari kriteria diatas, maka panjang lengkung yang dipilih adalah 83,33 m

$$EV = \frac{A \times L}{800} = \frac{0,004 \times 83,33}{800} = 0,0004 \text{ m}$$

4.5.4 Stasioning Titik Parameter Lengkung Vertikal Cekung

Berikut ini adalah stasioning titik parameter lengkung vertikal cekung sebagai berikut:

- $STA. PVI = 0+415$ (Pusat perpotongan)
- $STA. PTV = STA. PVI + \frac{L}{2}$
 $= 0+415 + \frac{83,33}{2} = 0+457$
- $STA. PLV = STA. PVI - \frac{L}{2}$
 $= 0+415 - \frac{83,33}{2} = 0+373$

4.5.5 Elevasi Titik Parameter Lengkung Vertikal Cekung

Berikut ini adalah stasioning parameter lengkung vertikal Cekung sebagai berikut :

- $Elv. PVI = +19,00$ (Pusat perpotongan vertikal)
- $Elv. PTV = Elv. PVI + \left[\left(\frac{g1}{100}\right)\left(\frac{L}{2}\right)\right]$
 $= +19,38$
- $Elv. PLV = Elv. PVI - \left[\left(\frac{g1}{100}\right)\left(\frac{L}{2}\right)\right]$
 $= +18,62$

4.5.6 Menentukan Panjang Lengkung Vertikal Cembung

Berikut ini adalah contoh perhitungan panjang lengkung cembung pada PV 2.

Menentukan nilai g_1 , g_2 dan A

$$g_1 = 0,901\%$$

$$g_2 = 0,000\%$$

$$A = g_1 - g_2 = 0,901\% - 0,000\% = 0,901\%$$

Karena tipe lengkung adalah **Lengkung Cembung**, maka:

Menentukan Panjang Lengkung untuk $S_s < L$

$$L = \frac{A \times S_s^2}{130 + 3,5S_s} = \frac{0,004 \times 185^2}{130 + 3,5(185)} = 0,187 \text{ m} < S_s \text{ (NOT OK)}$$

Menentukan Panjang Lengkung untuk $S_s > L$

$$L = 2S_s - \frac{120 + 3,5S_s}{\frac{A}{120 + 3,5(185)}} = 2(185) - \frac{120 + 3,5(185)}{0,004} = -182815,946 \text{ m} < S_s \text{ (OK)}$$

Menentukan panjang lengkung berdasarkan faktor kenyamanan :

$$L = \frac{Vr}{3600} \times 1000 \times 3 = \frac{100}{3600} \times 1000 \times 3 = 83,33 \text{ m}$$

Dari kriteria diatas, maka panjang lengkung yang dipilih adalah 83,33 m

$$EV = \frac{A \times L}{800} = \frac{0,004 \times 83,33}{800} = 0,0004 \text{ m}$$

Untuk perhitungan stasioning titik parameter dan elevasi titik parameter sama seperti **Lengkung Cekung**.

Untuk hasil perhitungan perencanaan lengkung vertikal lainnya dapat dilihat pada Lampiran B.

4.6 Perhitungan Daerah Kebebasan Samping

Daerah kebebasan samping ini perlu dihitung di setiap tikungan agar kita dapat memastikan lereng / daerah samping jalan tidak akan menghalangi pandangan pengemudi. Daerah kebebasan samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang di tikungan sehingga jarak pandang henti (S_s) dapat dipenuhi.

Dasar perencanaan untuk hitungan ini adalah jari-jari lengkung dan panjang lengkung total yang didapatkan dari hasil perhitungan alinemen horisontal sebelumnya.

Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk PI 1:

Data yang dibutuhkan :

$$V_R = 100 \text{ km/jam}$$

$$R = 2000 \text{ m}$$

$$S_s = 185 \text{ m}$$

$$L_c = 25,87 \text{ m}$$

$$L \text{ 1 lajur} = 3,5 \text{ m}$$

Jari-jari sumbu dalam:

$$\begin{aligned} R' &= R - (0,5 \times L_{\text{Lajur}}) \\ &= 2000 - (0,5 \times 3,5) = 1998,25 \text{ m} \end{aligned}$$

Karena nilai $S_s > L_c$, maka rumus bebas samping di tikungan yang digunakan:

$$\begin{aligned} M &= R' \left[1 - \cos\left(\frac{90L_c}{\pi R}\right) \right] + 0,5(S_s - L_c) \sin\left(\frac{90L_c}{\pi R}\right) \\ &= 1998,25 \left[1 - \cos\left(\frac{90 \times 25,87}{\pi \times 1998,25}\right) \right] + 0,5(185 - 25,87) \sin\left(\frac{90 \times 25,87}{\pi \times 1998,25}\right) \\ &= 0,55 \approx 0,6 \text{ m} \end{aligned}$$

Pada perhitungan jarak bebas samping di tikungan ini, pengemudi tidak akan dapat menyiap pada tikungan jalan ini karena jarak pandang berdasarkan Jarak Pandang Henti (S_s)

Untuk hasil perhitungan daerah kebebasan samping lainnya dapat dilihat di Lampiran C.

4.7 Perhitungan Pelebaran Jalan

Berikut ini adalah contoh dari pelebaran jalan pada tikungan di titik PI 1:

Dari Tabel 2.11, didapatkan:

$$W_c = 7,27 \text{ m}$$

$$W_n = 0,07 \text{ m}$$

Maka:

$$W = W_c - W_n = 7,27 - 0,07 = 7,2 \text{ m}$$

Untuk hasil perhitungan pelebaran jalan lainnya dapat dilihat di Lampiran C.

4.8 Perhitungan Perencanaan *Ramp*

Dalam perencanaan jalan tol ini, direncanakan jalan penghubung (*Ramp*) antara jalan utama dan jalan tol. *Ramp* yang direncanakan adalah sebagai berikut:

- a. *Ramp* 1 adalah jalan penghubung keluar jalan tol arah Balmera-Tanjung Mulia pada daerah Tanjung Mulia dengan lebar jalan 4 m.
- b. *Ramp* 2 adalah jalan penghubung masuk jalan tol arah Tanjung Mulia-Helvetia pada daerah Tanjung Mulia dengan lebar jalan 4 m.
- c. *Ramp* 3 adalah jalan penghubung keluar jalan tol arah Helvetia-Tanjung Mulia pada daerah Tanjung Mulia dengan lebar jalan 4 m
- d. *Ramp* 4 adalah jalan penghubung masuk jalan tol arah Tanjung Mulia-Balmera pada daerah Tanjung Mulia dengan lebar jalan 4 m.

Tipe perencanaan ramp yang digunakan adalah *Trumpet*. Data teknis untuk ramp berdasarkan pada Tabel 2.17.

Pada ramp tipe tikungan yang digunakan adalah *Full Circle*. Maka berikut ini adalah contoh perhitungan parameter tikungan FC pada **PI 1** pada Ramp 1.

Nilai dari perhitungan sebelumnya:

$$\Delta = 98,905^\circ$$

Menentukan nilai T_c

$$T_c = R \cdot \text{TAN} \left(\frac{1}{2} \Delta \right) = 56,243 \times \text{TAN} \left(\frac{1}{2} (98,905^\circ) \right) = 65,741 \text{ m}$$

Menentukan nilai E_c

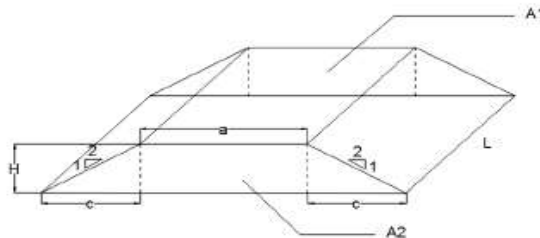
$$E_c = T_c \cdot \text{TAN} \left(\frac{1}{4} \Delta \right) = 65,741 \times \text{TAN} \left(\frac{1}{4} (98,905^\circ) \right) = 30,274 \text{ m}$$

Menentukan nilai L_c

$$L_c = \frac{\Delta}{360^\circ} \times 2\pi \times R = \frac{98,905^\circ}{360^\circ} \times 2\pi \times 56,243 = 97,126 \text{ m}$$

Untuk hasil perhitungan rencana ramp lainnya dapat dilihat di Lampiran D.

4.9 Perhitungan Volume Galian dan Timbunan Main Road



Gambar 4.10 Perhitungan Galian dan Timbunan

Untuk Perhitungan galian timbunan menggunakan cara gambar 4.10 yaitu dengan mengkalikan luas timbunan dengan panjang tiap 100 meter.

Tabel 4.2 Hasil Volume Galian dan Timbunan Main Road

STA	a (m)	c (m)	b (m)	H (m)	A (m ²)	L (m)	Vol (m ³)
0+000	25,6	11,32	48,24	5,66	208,9672		0
0+100	25,6	14,12	53,84	7,06	280,4232	100	28042,32
0+200	25,6	0,130556	25,86111	01.34	1,679633	100	167,96335

Tabel 4.2 Hasil Volume Galian dan Timbunan Main Road
(Lanjutan)

STA	a (m)	c (m)	b (m)	H (m)	A (m ²)	L (m)	Vol (m ³)
0+300	25,6	-4,12	17,36	-2,06	-44,2488	100	-4424,88
0+400	25,6	14,44	54,48	7,22	289,0888	100	28908,88
0+500	25,6	ELEVETED				100	0
0+600	25,6	ELEVETED				100	0
0+700	25,6	ELEVETED				100	0
0+800	25,6	ELEVETED				100	0
0+900	25,6	ELEVETED				100	0
1+000	25,6	ELEVETED				100	0
1+100	25,6	ELEVETED				100	0
1+200	25,6	ELEVETED				100	0
1+300	25,6	ELEVETED				100	0
1+400	25,6	ELEVETED				100	0
1+500	25,6	ELEVETED				100	0
1+600	25,6	ELEVETED				100	0
1+700	25,6	ELEVETED				100	0
1+800	25,6	ELEVETED				100	0
1+900	25,6	ELEVETED				100	0
2+000	25,6	ELEVETED				100	0
2+100	25,6	ELEVETED				100	0
2+200	25,6	ELEVETED				100	0
2+300	25,6	ELEVETED				100	0
2+400	25,6	ELEVETED				100	0
2+500	25,6	ELEVETED				100	0
2+600	25,6	ELEVETED				100	0
2+700	25,6	ELEVETED				100	0
2+800	25,6	7,16	39,92	3,58	117,2808	100	11728,08

Tabel 4.2 Hasil Volume Galian dan Timbunan Main Road
(Lanjutan)

STA	a (m)	c (m)	b (m)	H (m)	A (m²)	L (m)	Vol (m³)
2+900	25,6	-0,98	23,64	-0,49	-12,0638	100	-1206,38
3+000	25,6	9,96	45,52	4,98	177,0888	100	17708,88
3+100	25,6	13,28	52,16	6,64	258,1632	100	25816,32
3+200	25,6	5,26	36,12	2,63	81,1618	100	8116,18
3+300	25,6	3,14	31,88	1,57	45,1218	100	4512,18
3+400	25,6	7,98	41,56	3,99	133,9842	100	13398,42
3+500	25,6	16,14	57,88	8,07	336,8418	100	33684,18
3+600	25,6	13,84	53,28	6,92	272,9248	100	27292,48
3+700	25,6	9,4	44,4	4,7	164,5	100	16450
3+800	25,6	3,84	33,28	1,92	56,5248	100	5652,48
3+900	25,6	12,22	50,04	6,11	231,0802	100	23108,02
4+000	25,6	7,02	39,64	3,51	114,4962	100	11449,62
4+100	25,6	4,28	34,16	2,14	63,9432	100	6394,32
4+200	25,6	14,46	54,52	7,23	289,6338	100	28963,38
4+300	25,6	10,84	47,28	5,42	197,5048	100	19750,48
4+400	25,6	3,34	32,28	1,67	48,3298	100	4832,98
4+500	25,6	-2,32	20,96	-1,16	-27,0048	100	-2700,48
4+600	25,6	5,92	37,44	2,96	93,2992	100	9329,92
4+700	25,6	2,72	31,04	1,36	38,5152	100	3851,52
4+777	25,6	4	33,6	2	59,2	77	4558,4
TOTAL							325385,26

(Sumber: Perencanaan)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

PERENCANAAN PERKERASAN JALAN

5.1 Dasar Perencanaan Perkerasan

Dasar subbab ini, akan ditentukan besaran sebagai dasar perencanaan perkerasan untuk jalan tol Medan-Binjai Seksi I. Data yang ditentukan adalah sebagai berikut:

Nama Jalan	: Jalan Tol Medan-Binjai Seksi I
Klasifikasi Jalan	: Jalan Bebas Hambatan
Tipe Jalan	: Empat lajur, dua arah terbagi (4/2 D)
Umur Rencana	: 20 Tahun
Perkerasan Inti	: Kaku (Rigid)
Pelapis Tambahan	: Aspal (Flexible)
CBR Alternatif	: 6% (CBR efektif tanah dasar)

5.2 Pengolahan Data CBR

Data CBR yang digunakan dalam perencanaan ini dididapatkan dari Asumsi CBR tanah dasar efektif yaitu 6% dengan penimbunan tanah Sirtu setinggi 30 cm.

5.3 Pengelolahan Data Lalu Lintas

Data lalu lintas rencana jalan tol Medan-Binjai Seksi I didapatkan dari PT. Jasa Marga, dengan asumsi kendaraan yang masuk digerbang tol menuju ke tol Balmera sama dengan ke tol Medan-Binjai. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Data Lalu Lintas

Tahun	Kelas Kendaraan					Jumlah
	Kelas I	Kelas II	Kelas III	Kelas IV	Kelas V	
2015	6952	954	862	105	112	8986

(Sumber: PT. Jasamarga, 2015)

Jalan tol direncanakan dibuka tahun 2020 sehingga acuan untuk perencanaan perkerasan digunakan adalah tahun 2020. Untuk pertumbuhan lalu lintas berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan untuk pulau Sumatera laju pertumbuhan lalu lintasnya adalah sebesar 4,83%.

5.4 Distribusi Sumbu Kendaraan

Untuk distribusi beban sumbu dari berbagai jenis kendaraan dapat dilihat pada Tabel . Perhitungan presentase kendaraan tiap sumbu menurut klasifikasi Bina Marga. Dari tabel 2.20 didapat perhitungan beban sumbu kendaraan niaga sebagai berikut:

Faktor pertumbuhan lalu lintas (R)

$$R = \frac{(1+0,001i)^{UR}-1}{0,01 i} = \frac{(1+0,001 \times 4,83\%)^{20}-1}{0,01 \times 4,83\%} = 20,09$$

Perhitungan Jumlah Kendaraan Niaga Harian (JKNH)

$$JKNH = 1208 + 1092 + 133 + 142 = 2574 \text{ Kendaraan}$$

Jumlah Kelompok Sumbu Niaga Kumulatif (JKSNK)

$$JKSNK = 4283,51$$

Untuk detail perhitungan jumlah kelompok sumbu niaga kumulatif dapat dilihat di Lampiran E.

5.5 Repetisi Sumbu Beban

Berikut ini adalah perhitungan repetisi beban yang terjadi pada tol Medan-Binjai Seksi I:

Faktor distribusi arah (DD):

$$DD = 0,5 \text{ (Tabel 2.21)}$$

Faktor distribusi lajur (DL):

$$DL = 80\% \text{ (Tabel 2.22)}$$

Repetisi yang terjadi (CESAL):

$$\begin{aligned} \text{CESAL} &= \text{JSKNK} \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \text{R} \\ &= 4283,51 \times 365 \times 0,5 \times 0,8 \times 20,09 \\ &= 12565420,28 \text{ buah} = 12,6\text{E}+6 \text{ buah} \end{aligned}$$

5.6 Perencanaan Pondasi Bawah

Dari gambar Grafik pada gambar 2.13 dan CBR efektif didapatkan nilai sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Tebal pondasi bawah} &= 300 \text{ mm (dengan Bahan Pengikat)} \\ \text{CBR efektif} &= 6\% \end{aligned}$$

5.7 Perencanaan Tebal Pelat

Berikut ini adalah tebal pelat rencana dari perhitungan CESAL lalu di hubungkan dengan grafik gambar 2.14. Dari grafik didapat bahwa struktur perkerasan masuk dalam jenis R3 sehingga didapat:

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat beton} &= 285 \text{ mm} \\ \text{Lapis Fondasi LMC} &= 100 \text{ mm} \\ \text{Lapis Drainase} &= 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

5.8 Perencanaan Pelapis Tambahan

Pada perencanaan jalan tol ini, direncanakan diberi lapisan aspal setebal 5cm diatas perkerasan kaku dengan tujuan untuk meningkatkan kenyamanan pengendara dalam menggunakan jalan tol tersebut.

5.9 Perencanaan Tulangan

Penulangan pada perkerasan kaku (Rigid Pavement) ada 2, yaitu penulangan memanjang dan penulangan melintang.

5.9.1 Perencanaan Tulangan Bersambung

Berikut adalah data yang dibutuhkan dalam menghitung tulangan bersambung:

$u = 1,0$ (Koefisien gesek pelat = Tabel 2.23)

$M = 2400 \text{ kg/m}^3$ (Berat jenis beton)

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$ (Gravitasi)

$h = 28,5 \text{ cm}$ (Tebal pelat)

$f_s = 2400 \text{ kg/cm}^2$ (Tegangan leleh baja minimum)

a. Penulangan Memanjang

Berikut ini adalah perhitungan penulangan memanjang:

- Panjang pelat memanjang (L) = 500 cm
- Menentukan nilai luas tulangan yang dibutuhkan (A_s)

$$A_s = \frac{u \cdot L \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot f_s} = \frac{1,0 \times 5 \times 2400 \times 9,81 \times 0,285}{2 \times 240} = 69,90 \text{ mm}^2/\text{m}'$$

- Menentukan nilai luas tulangan minimum ($A_s \text{ min}$)
- $A_s \text{ min} = 0,1\% \times 1000 \times 285 = 285 \text{ mm}^2/\text{m}'$
- Karena $A_s < A_s \text{ min}$, maka dipakai $A_s \text{ min}$

Berdasarkan Tabel 2.24 digunakan tulangan polos **D9-200** dengan pola anyaman las empat persegi panjang

$$A_s \text{ tulangan} = 318 \text{ mm}^2/\text{m}' > A_s \text{ (OK)}$$

b. Penulangan Melintang

Berikut ini adalah perhitungan penulangan melintang:

- Panjang pelat memanjang (L) = 350 cm
- Menentukan nilai luas tulangan yang dibutuhkan (A_s)

$$A_s = \frac{u \cdot L \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot f_s} = \frac{1,0 \times 3,5 \times 2400 \times 9,81 \times 0,285}{2 \times 240} = 48,93 \text{ mm}^2/\text{m}'$$

- Menentukan nilai luas tulangan minimum ($A_s \text{ min}$)
- $A_s \text{ min} = 0,1\% \times 1000 \times 285 = 285 \text{ mm}^2/\text{m}'$
- Karena $A_s < A_s \text{ min}$, maka dipakai $A_s \text{ min}$

Bedasarkan Tabel 2.24 digunakan tulangan polos **D9-200** dengan pola anyaman las empat persegi panjang

As tulangan = $318 \text{ mm}^2/\text{m}' > \text{As (OK)}$

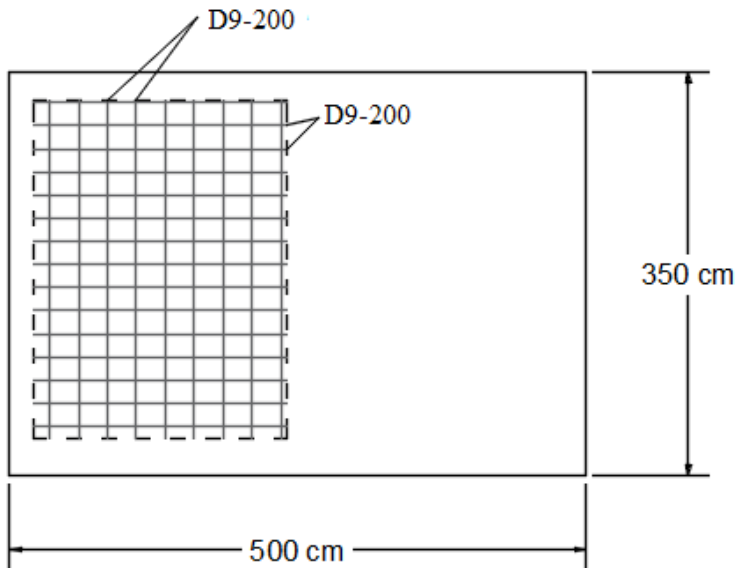
Jadi, rekapitulasi tulangan yang digunakan dengan pola anyaman empat persegi panjang adalah sebagai berikut:

Tabel 5.2 Rekapitulasi Rencana Tulangan

No.	Type Tulangan	Tulangan
1	Memanjang	D9-200
2	Melintang	D9-200

(Sumber: Perencanaan)

Berikut adalah gambar penulangan pada pelat beton jalan



Gambar 5.1 Penulangan Pelat

5.9.2 Perencanaan Tulangan Menerus

Berikut adalah data yang dibutuhkan dalam menghitung tulangan bersambung:

$u = 1,0$	(Koefisien gesek pelat = Tabel 2.23)
$f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$	(Tegangan leleh baja)
$n = 10$	(E_s/E_c)
$h = 28,5 \text{ cm}$	(Tebal pelat)
$f_c' = 2400 \text{ kg/cm}^2$	(Berat jenis beton)
$f_{ct} = 16,43 \text{ kg/cm}^2$	(Kuat tarik langsung beton)
$\epsilon_s = 400 \times 10^{-6}$	(Koefisien susut beton)
$p = 0,008$	(Perbandingan luas tulangan)
$f_b = 14,07$	(Tegangan lekat)
$E_c = 222750$	(Modulus Elastisitas beton)
$u = 1,904$	(Perbandingan keliling dengan luas)

a. Penulangan Memanjang

Berikut ini adalah perhitungan penulangan memanjang:

- Menentukan persentase luas tulangan memanjang (P_s)

$$P_s = \frac{100 \cdot f_{ct} \cdot (1,3 - 0,2u)}{f_y - n f_{ct}}$$

$$= \frac{100 \times 16,43 \cdot (1,3 - 0,2 \times 1)}{2400 - 10 \times 16,43} = 0,81\%$$

- Menentukan nilai luas tulangan yang dibutuhkan (A_s)

$$A_s \text{ perlu} = P_s \times 100 \times h$$

$$= 0,81\% \times 100 \times 28,5 = 23,04 \text{ cm}^2$$

- Menentukan nilai luas tulangan minimum ($A_s \text{ min}$)

$$A_s \text{ min} = 0,6\% \times 100 \times h$$

$$= 0,6\% \times 100 \times 28,5 = 17,1 \text{ cm}^2$$

- Karena $A_s \text{ perlu} > A_s \text{ min}$, maka dipakai $A_s \text{ perlu}$

Dicoba tulangan dengan diameter 21 jarak 150 mm ($A_s = 23,07 \text{ cm}^2/\text{m}$).

b. Pengecekan jarak teoritis antar retakan

Berikut ini adalah perhitungan teoritis antar retakan:

- Menentukan jarak teoritis antar retakan (L_{cr})

$$\begin{aligned} L_{cr} &= \frac{f_{ct}^2}{n \cdot p^2 \cdot u \cdot f_b(\epsilon_s \cdot E_c - f_{ct})} \\ &= \frac{16,43^2}{10,0 \cdot 0,008^2 \cdot 1,9 \cdot 14,07(0,0004 \cdot 222750 - 16,43)} \\ &= 211,58 \text{ cm} < L_{cr} \text{ maks (250cm) (OK)} \end{aligned}$$

Jadi, tulangan memanjang yang digunakan diameter 21mm dengan jarak 150mm.

c. Penulangan Melintang

- Gunakan tulangan polos D9-200 dengan pola anyaman las empat persegi panjang.

Jadi, rekapitulasi tulangan yang digunakan dengan pola anyaman empat persegi panjang adalah sebagai berikut:

Tabel 5.3 Rekapitulasi Rencana Tulangan

No.	Tipe Tulangan	Tulangan
1	Memanjang	D21-150
2	Melintang	D9-200

(Sumber: Perencanaan)

5.10 Perencanaan Sambungan

Pada perencanaan sambungan antarpelat ada dua yaitu menggunakan Ruji (*Dowel*). Berikut ini adalah rencana sambungan untuk perencanaan jalan tol ini:

a. Sambungan memanjang dengan batang pengikat (*tie bars*)

Sambungan ini digunakan untuk menghubungkan antar pelat memanjang dengan batang pengikat (*tie bars*). Untuk ukuran batang pengikat dapat dilihat pada Tabel 2.28.

Berdasarkan Tabel 2.28 didapatkan:

- Tebal Pelat = 285 mm
- Diameter Batang Pengikat = 16 mm
- Panjang Batang Pengikat = 700 mm
- Jarak antar batang = 750 mm

b. Sambungan melintang dengan batang ruji (*dowel*)

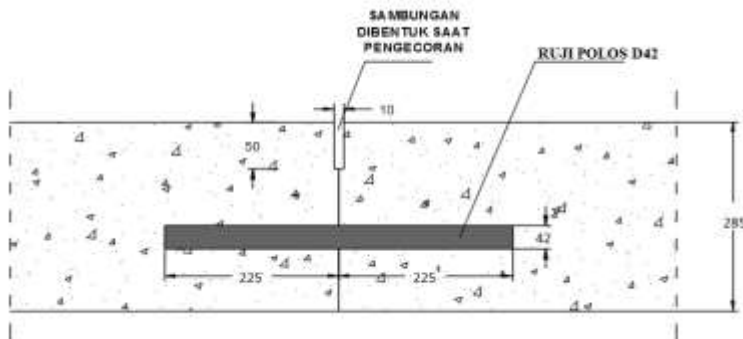
Sambungan ini digunakan untuk menghubungkan antar pelat melintang dengan batang ruji (*dowel*). Untuk ukuran batang pengikat dapat dilihat pada Tabel 2.28.

Berdasarkan Tabel 2.28 didapatkan:

- Tebal Pelat = 285 mm
- Diameter Batang Ruji = 42 mm
- Panjang Batang Ruji = 450 mm
- Jarak Antar Batang = 300 mm

c. Sambungan susut (*Contraction Joint*)

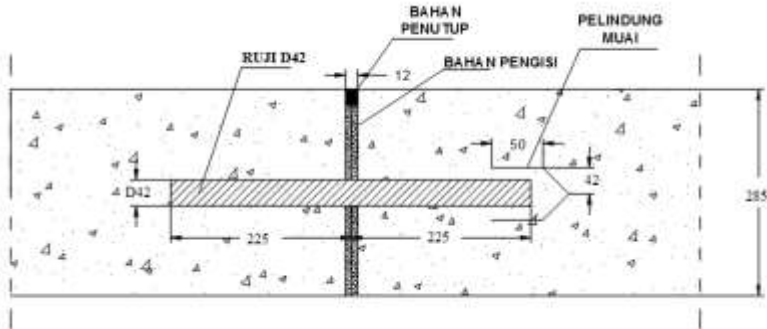
Sambungan ini direncanakan untuk mencegah terjadinya retakan pada pelat beton menyusut akibat suhu, kelembaban, dan gesekan sehingga mencegah terjadinya retakan dan di pasang setiap jarak 5m. Tipikal dari sambungan ini dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 5.2 Tipikal Sambungan Susut Melintang dengan Ruji
(Sumber: Perencanaan)

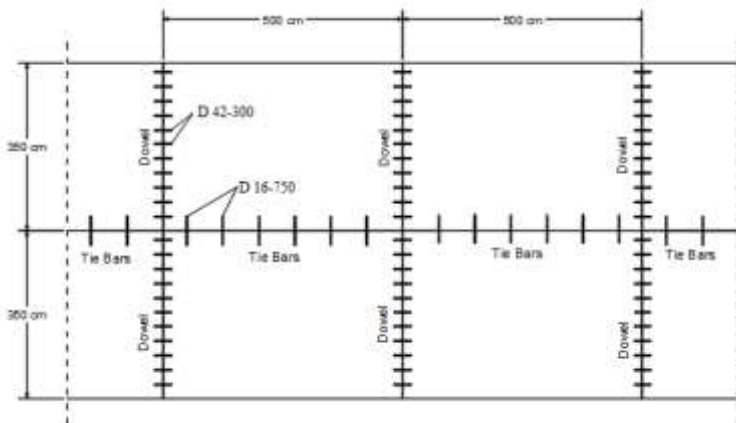
d. Sambungan Isolasi

Sambungan ini untuk memisahkan perkerasan dengan bangunan yang lain, misalnya manhole, jembatan, tiang listrik, jalan lama, persimpangan dan lain sebagainya. Tipikal dari sambungan ini dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 5.3 Tipikal Sambungan Pelaksanaan Memanjang dengan Ruji
(Sumber: Perencanaan)

Berikut ini adalah sketsa gambar sambungan yang direncanakan:



Gambar 5.4 Sketsa Gambar Sambungan
(Sumber: Perencanaan)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VI

PERENCANAAN FASILITAS JALAN





6.1 Perencanaan Rambu Jalan

Berdasarkan Peraturan Menteri (PM) No. 13 tahun 2014, penempatan rambu jalan adalah sebagai berikut:

- a. Rambu Peringatan, ditempatkan pada sisi jalan yang paling berbahaya dengan jarak minimum 150 m sebelum melewati bagian yang berbahaya (untuk kecepatan Rencana 100 km/jam). Direncanakan untuk jalan tol ini rambu dipasang 200 m dari bagian yang berbahaya.
- b. Rambu Larangan, ditempatkan sedekat mungkin pada awal bagian jalan yang dilarang. Direncanakan untuk jalan tol ini rambu dipasang 200 m dari bagian yang berbahaya.
- c. Rambu Petunjuk, ditempatkan pada sisi jalan dengan jarak minimal 150 m dari titik kepentingan. Direncanakan untuk jalan tol ini rambu dipasang 200 m dari bagian yang berbahaya.

Berikut ini adalah jenis-jenis rambu yang digunakan pada jalan tol Medan-Binjai Seksi I dapat dilihat pada tabel 6.1.

Tabel 6.1 Rencana Rambu Lalu Lintas Jalan Tol

No.	STA	Lokasi Jalan	Rambu	Keterangan
1	0+018	Kiri Jalan		Rambu Petunjuk Batas Awal jalan Tol
2	0+018	Kanan Jalan		Rambu Petunjuk Batas Awal jalan Tol
3	0+242	Kanan Jalan		Rambu Petunjuk Pemilihan salah satu jalur
4	0+286	Kanan Jalan		Rambu Petunjuk Batas Akhir Jalan Tol

Tabel 6.1 Rencana Rambu Lalu Lintas Jalan Tol (Lanjutan)

5	1+600 1+700 1+800 1+900 2+900 3+000 3+100 3+200 3+300	Kanan Jalan		Rambu Petunjuk Pengarak ke tikungan kanan
6	3+500 3+600 3+700 3+800	Kanan Jalan		Rambu Petunjuk Pengarak ke tikungan kiri
7	1+600 1+700 1+800 1+900 2+900 3+000 3+100 3+200 3+300	Kiri Jalan		Rambu Petunjuk Pengarak ke tikungan kiri
8	3+500 3+600 3+700 3+800	Kiri Jalan		Rambu Petunjuk Pengarak ke tikungan kanan

Tabel 6.1 Rencana Rambu Lalu Lintas Jalan Tol (Lanjutan)

9	0+100 2+100 4+100	Kiri Jalan		Rambu larangan melebihi batas kecepatan
10	0+485 1+400 2+700	Kanan Jalan		Rambu larangan melebihi batas kecepatan
11	0+100 1+400 2+100	Kiri Jalan		Rambu Petunjuk kurangi kecepatan
12	0+485 2+100 4+100	Kanan Jalan		Rambu Petunjuk kurangi kecepatan
13	1+400 2+700	Kiri Jalan		Rambu Peringatan belok ke kiri
12	2+100 4+100	Kanan Jalan		Rambu Peringatan belok ke kanan

(Sumber: Perencanaan)

6.2 Perencanaan Marka Jalan

Pada perencanaan jalan tol ini, marka jalan yang digunakan ada 2 macam, yaitu:

- a. Marka Memanjang berupa garis putus-putus, yang terdapat pada bagian tengah jalur jalan yang berfungsi sebagai pembatas lajur.
- b. Marka memanjang berupa garis menerus tanpa putus, yang terdapat pada bagian bahu luar jalan yang berfungsi sebagai lajur darurat.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Tugas Akhir Perencanaan Geometrik dan Perkerasan Jalan Tol Medan-Binjai Seksi I ini merupakan alternatif pilihan yang dapat dijadikan pertimbangan untuk pembangunan jalan tol. Dari hasil perhitungan perencanaan tol pada Tugas Akhir ini dapat disimpulkan:

1. Geometrik Jalan
Direncanakan pada alinemen horisontal terdapat *Point of Interest* (PI) sebanyak 3 buah dan pada alinemen vertikal terdapat *Point Vertical of Interest* (PVI) sebanyak 12 buah.
2. Perkerasan Jalan
Hasil dari perencanaan perkerasan adalah sebagai berikut:
 - Direncanakan menggunakan perkerasan kaku (*rigid Pavement*) dengan ketebalan 285 mm dan diberi lapisan tambahan berupa aspal dengan ketebalan 50 mm untuk kenyamanan.
 - Direncanakan menggunakan Tulangan Anyaman Polos Bersambung pada pelat beton:
 - Tulangan Memanjang D9-200
 - Tulangan Melintang D9-200
 - Tie Bars D16-750
 - Dowel D42-300
 - Direncanakan menggunakan Tulangan Anyaman Polos Menerus pada pelat beton:
 - Tulangan Memanjang D21-150
 - Tulangan Melintang D9-200

3. Rambu dan Marka
 - Rambu yang digunakan pada perencanaan ini sebanyak 46 buah
 - Marka jalan yang digunakan ada 2 macam yaitu, marka menerus dan marka putus-putus

7.2 Saran

Dalam perencanaan jalan tol ini sebaiknya perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Dalam merencanakan pembangunan jalan tol, pemilihan trase dengan kondisi topografi yang dominan datar serta tidak berbukit akan lebih menguntungkan karena akan lebih memudahkan perencanaan dalam memenuhi syarat kelandaian serta lebih ekonomis dalam kebutuhan akan galian dan timbunan.
2. Pemilihan bahan material untuk perkerasan jalan sebaiknya juga mempertimbangkan ketersediaan bahan tersebut di daerah sekitar pembangunan jalan tol.
3. Agar konstruksi perkerasan dapat bertahan dan mencapai umur rencana yang diharapkan, hendaknya dilakukan kegiatan perawatan rutin sehingga dapat meminimalisir terjadinya kerusakan pada proses konstruksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik.2018. *Jumlah penduduk kota medan*. Pada : <https://sumut.bps.go.id/statictable/2018/08/27/949/luas-wilayah-jumlah-penduduk-dan-kepadatan-penduduk-menurut-kabupaten-kota-2018> (Tanggal akses : 25 November 2018).
- Badan Standarisasi Nasional.2004. *RSNI T-14-2004 tentang Geometrik Jalan Perkotaan*. Jakarta
- Departemen Perhubungan Direktorat Jendral Perhubungan Darat. 2014. *Panduan Penempatan Fasilitas Perlengkapan Jalan*.
- Departemen Pekerjaan Umum.2014. *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia tentang Kapasitas Jalan Bebas Hambatan*.Bandung : Direktorat Bina Marga
- Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah.2003. *Pd T-14-2003 tentang Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen*. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jendral Bina Marga.2009. *No.007/BM/2009 tentang Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol*. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jenderal Bina Marga.2017. *Manual Perkerasan Jalan 2017*.Jakarta
- Hutama Karya.2018. *Jalan Tol Trans Sumatera*. Pada : <http://www.hutamakarya.com/id/ruas-medan-binjai> (Tanggal akses : 8 November 2018).
- Hutama Karya.2018. *Jalan Tol Trans Sumatera*. Pada : <http://www.hutamakarya.com/id/tentang-trans-sumatera> (Tanggal akses : 8 November 2018).

Kementrian Pekerjaan Umum.2007. *Keputusan Menteri Pekerjaan Umum No.370/KPTS/M/2007 tentang Golongan Kendaraan*. Sekretariat Negara. Jakarta.

Portland Cement Association.1975.*Special Concretes and Concrete Products*.New York

Presiden Republik Indonesia.2004. *Undang-undang tentang Jalan nomor 38*. Jakarta

Republik Indonesia.2014.*Peraturan Menteri Republik Indonesia No.13 Tahun 2014 tentang Rambu Lalu Lintas*. Sekretariat Negara. Jakarta.

Republik Indonesia.2014.*Peraturan Menteri Republik Indonesia No.34 Tahun 2014 tentang Marka Jalan*. Sekretariat Negara. Jakarta.

Lampiran A

No	Parameter	Satuan	Keterangan	START	PI 1	PI 2	PI 3	FINISH
PERHITUNGAN SUDUT AZIMUTH								
1	X _{START}		Titik koordinat X awal	29430,671	27874,802	26496,057	25950,877	24826,775
2	Y _{START}		Titik koordinat Y awal	6669,782	6364,019	5977,055	5679,327	5481,052
3	X _{FINISH}		Titik koordinat X akhir	27874,802	26496,057	25950,877	24826,775	
4	Y _{FINISH}		Titik koordinat Y akhir	6364,019	5977,055	5679,327	5481,052	
5	ΔX	m	Jarak titik X awal sampai titik X akhir	-1555,869	-1378,746	-545,179	-1124,102	
6	ΔY	m	Jarak titik Y awal sampai titik Y akhir	-305,763	-386,964	-297,728	-198,275	
7	L	m	Panjang Jalan	1585,629	1432,020	621,178	1141,455	
8	Kuadran			Kuadran 3	Kuadran 3	Kuadran 3	Kuadran 3	
9	Azimuth (β)	°	Sudut Azimuth	78,88177871	74,32250076	61,3606147	79,99677116	
10	Δ Azimuth ($\Delta\beta$)	°	Perbedaan Sudut Azimuth		4,559277948	12,96188606	18,63615645	
PERHITUNGAN R_{MIN}								
11	V _R	km/jam	Kecepatan rencana		100,000	100,000	100,000	
12	e _{MAX}	%	Kelandaian Maksimum		10,00%	10,00%	10,00%	
13	f _{MAX}		Koefisien Gesek maksimum		0,116	0,116	0,116	
14	R _{min}	m	jari-jari tikungan minimum		364,538	364,538	364,538	
15	R _o	m	jari-jari tikungan rencana		2000,000	1000,000	800,000	

Lampiran A (Lanjutan)

No	Parameter	Satuan	Keterangan	START	PI 1	PI 2	PI 3	FINISH
RENCANA LINGKUNG PERALIHAN								
16	T	s	Waktu tempuh pada lengkung Peralihan		3,000	3,000	3,000	
17	en	m	Kemiringan melintang normal		0,020	0,020	0,020	
18	C	m/s ³	Perubahan maksimum percepatan arah radial		0,600	0,600	0,600	
19	Ls	m	Panjang Lengkung Peralihan berdasarkan waktu melintas		83,333	83,333	83,333	
20	Ls	m	Panjang Lengkung Peralihan untuk mengatasi gaya sentrifugal		6,064	13,448	17,634	
21	Ls	m	Berdasarkan Kelandaian relatif maksimum		76,648	115,942	133,814	
22	Ls	m	Lengkung Peralihan berdasarkan tingkat perubahan kelandaian melintang jalan		88,889	88,889	88,889	
23	Ls pakai	m	Lengkung Peralihan yang dipakai		133,333	173,913	200,720	
PERHITUNGAN SUPERELEVASI (e)								
23	VD	km/jam	Kecepatan aktual		85,000	85,000	85,000	
24	D	°	Derajat Lengkung		0,716	1,432	1,790	
25	Dp	°	Derajat Lengkung		2,518	2,518	2,518	
26	Dmax	°	Derajat Lengkung Maksimum		3,929	3,929	3,929	
27	(e+f)				0,039	0,079	0,098	
28	h				0,038	0,038	0,038	
29	tan α ₁				0,015	0,015	0,015	
30	tan α ₂				0,055	0,055	0,055	
31	Mo				0,018	0,018	0,018	
32	f(D)				0,012	0,028	0,036	
33	e	%	Superelevasi		2,70%	5,11%	6,20%	

Lampiran A (Lanjutan)

No	Parameter	Satuan	Keterangan	START	PI 1	PI 2	PI 3	FINISH
PARAMETER LENGKUNG HORIZONTAL								
<i>Full Circle (FC)</i>								
34	Tc	m	Panjang titik Tangen dari PI ke circle		79,616	113,599	131,264	
35	Ec	m	Jarak dari PI ke busur lingkaran		1,584	6,432	10,697	
36	Lc	m	Panjang busur lingkaran		159,213	226,319	260,315	
<i>Spiral-Circle-Spiral (S-C-S)</i>								
37	Xc	m	Titik absis SC pada garis tangen		133,319	173,781	200,404	
38	Yc	m	Titik ordinat SC pada garis tangen		1,481	5,041	8,393	
39	Θ_s	$^\circ$	Sudut Lengkung Spiral		1,909	4,980	7,185	
40	Δ_c	$^\circ$	Sudut Lingkaran		0,741	3,001	4,266	
41	p	m	Pergeseran tangen terhadap spiral		0,371	1,266	2,112	
42	k	m	Absis dari p pada garis tangen spiral		66,691	86,969	100,347	
43	Ts	m	Panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST		146,322	200,712	231,958	
44	Es	m	Jarak dari PI ke busur lingkaran		1,956	7,705	12,837	
45	Lc	m	Panjang busur lingkaran		25,880	52,406	59,594	
46	L _{tot}	m	Panjang total		292,546	400,231	461,035	
<i>Spiral-Spiral (S-S)</i>								
47	Θ_s	$^\circ$	Sudut Lengkung Spiral		2,280	6,481	9,318	
48	Ls	m	Lengkung peralihan		133,333	173,913	200,720	
49	p	m	Pergeseran tangen terhadap spiral		-0,101	-1,350	-2,163	
50	k	m	Absis dari p pada garis tangen spiral		53,765	60,909	70,872	
51	Ts	m	Panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST		133,377	174,354	201,782	
52	Es	m	Jarak dari PI ke busur lingkaran		1,483	5,073	8,506	

Lampiran A (Lanjutan)

No	Parameter	Satuan	Keterangan	START	PI 1	PI 2	PI 3	FINISH
TIKUNGAN RENCANA								
53			Tipe Lengkung Horizontal Rencana		S-C-S	S-C-S	S-C-S	
STASIONING TITIK PARAMETER								
<i>Spiral-Circle-Spiral (S-C-S)</i>								
54	Sta. TS		Stasioning titik TS		1+577	2+994	3+603	
54	Sta. SC		Stasioning titik SC		1+710	3+168	3+804	
54	Sta. Mid		Stasioning titik Tengah		1+723	3+194	3+834	
54	Sta. CS		Stasioning titik CS		1+736	3+220	3+863	
54	Sta. ST		Stasioning titik ST		1+870	3+394	4+064	

Lampiran B

No	Parameter	Satuan	Keterangan	PV 1	PV 2	PV 3	PV 4	PV 5
DATA PERENCANAAN								
1	V _R	km/jam	Kecepatan Rencana	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
KELANDAIAAN RENCANA								
2	X		Titik koordinat X	0,000	415,000	970,000	1080,000	1300,000
3	Y		Titik koordinat Y	17,000	19,000	24,000	24,000	22,000
4	g1	%	gradien 1	0,482%	0,901%	0,000%	-0,909%	0,833%
5	g2	%	gradien 2	0,901%	0,000%	-0,909%	0,833%	0,000%
6	A	%	Beda gradien	-0,419%	0,901%	0,909%	-1,742%	0,833%
7	A abs	%		0,004	0,009	0,009	0,017	0,008
8	Tipe Lengkung			Cekung	Cembung	Cembung	Cekung	Cembung
JARAK PANDANG								
9	Ss	m	Jarak Pandang Henti	185,000	185,000	185,000	185,000	185,000
10	h1	m	Tinggi Mata Pengemudi	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
11	h2	m	Tinggi Objek	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200

Lampiran B (Lanjutan)

No	Parameter	Satuan	Keterangan	PV 1	PV 2	PV 3	PV 4	PV 5
PERHITUNGAN PANJANG LENGKUNG								
Lengkung Vertikal Cembung								
12	L	m	Panjang Lengkung Vertikal	0,149	0,321	0,324	0,621	0,297
13	S _s < L			NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK
14	L	m	Panjang Lengkung Vertikal	-228761,606	-106190,000	-105230,000	-54725,652	-114830,000
15	S _s > L			OK	OK	OK	OK	OK
Lengkung Vertikal Cekung								
16	L	m	Panjang Lengkung Vertikal	0,187	0,402	0,405	0,777	0,372
17	S _s < L			NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK
18	L	m	Panjang Lengkung Vertikal	-182815,946	-84822,500	-84055,000	-43677,826	-91730,000
19	S _s > L			OK	OK	OK	OK	OK
20	L pakai	m	Panjang Lengkung Vertikal Pakai	-182815,946	-106190,000	-105230,000	-43677,826	-114830,000
Faktor Kenyamanan								
21	L	m	Koreksi Terhadap Kenyamanan (3 detik)	83,333	83,333	83,333	83,333	83,333
PANJANG LENGKUNG VERTIKAL SESUNGUHNYA								
22	L sesungguhnya	m	Panjang Lengkung Vertikal Sesungguhnya	83,333	83,333	83,333	83,333	83,333
23	Ev	m		0,044%	0,094%	0,095%	0,182%	0,087%
STASIONING								
24	PLV		Peralihan Lengkung Vertikal	+373	+928	1+038	1+258	1+738
25	PPV		Pusat Perpotongan Vertikal	+415	+970	1+080	1+300	1+780
26	PTV		Peralihan Tangen Vertikal	+457	1+012	1+122	1+342	1+822
ELEVASI								
27	PLV		Peralihan Lengkung Vertikal	+18,62	+24,00	+23,62	+21,65	+26,00
28	PPV		Pusat Perpotongan Vertikal	+19,00	+24,00	+24,00	+22,00	+26,00
29	PTV		Peralihan Tangen Vertikal	+19,38	+24,00	+24,38	+22,35	+26,00

Lampiran B (Lanjutan)

No	Parameter	Satuan	Keterangan	PV 6	PV 7	PV 8	PV 9	PV 10	PV 11	FINISH
PERHITUNGAN PANJANG LENGKUNG										
Lengkung Vertikal Cembung										
12	L	m	Panjang Lengkung Vertikal	0,357	0,357	0,216	0,163	0,136	0,083	
13	Ss < L			NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	
14	L	m	Panjang Lengkung Vertikal	- 95630,000	- 95630,000	- 158030,000	-209529,507	- 251428,639	- 412430,000	
15	Ss > L			OK	OK	OK	OK	OK	OK	
Lengkung Vertikal Cekung										
16	L	m	Panjang Lengkung Vertikal	0,446	0,446	0,270	0,204	0,170	0,104	
17	Ss < L			NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	
18	L	m	Panjang Lengkung Vertikal	- 76380,000	- 76380,000	- 126267,500	-167440,283	- 200937,766	- 329655,000	
19	Ss > L			OK	OK	OK	OK	OK	OK	
20	L pakai	m	Panjang Lengkung Vertikal Pakai	- 95630,000	- 76380,000	- 158030,000	-167440,283	- 200937,766	- 329655,000	
Faktor Kenyamanan										
21	L	m	Koreksi Terhadap Kenyamanan (3 detik)	83,333	83,333	83,333	83,333	83,333	83,333	
PANJANG LENGKUNG VERTIKAL SESUNGGUHNYA										
22	L sesungguhnya	m	Panjang Lengkung Vertikal Sesungguhnya	83,333	83,333	83,333	83,333	83,333	83,333	
23	Ev	m		0,104%	0,104%	0,063%	0,048%	0,040%	0,024%	

Lampiran B (Lanjutan)

No	Parameter	Satuan	Keterangan	PV 6	PV 7	PV 8	PV 9	PV 10	PV 11	FINISH
STASIONING										
24	PLV		Peralihan Lengkung Vertikal	1+828	2+428	2+538	3+198	4+543	4+758	
25	PPV		Pusat Perpotongan Vertikal	1+870	2+470	2+580	3+240	4+585	4+800	
26	PTV		Peralihan Tangen Vertikal	1+912	2+512	2+622	3+282	4+627	4+842	
ELEVASI										
27	PLV		Peralihan Lengkung Vertikal	+25,58	+20,00	+19,75	15,938	13,903	14,341	
28	PPV		Pusat Perpotongan Vertikal	+26,00	+20,00	+20,00	16,000	14,000	14,500	
29	PTV		Peralihan Tangen Vertikal	+26,42	+20,00	+20,25	16,062	14,097	14,659	

Lampiran C

No	Parameter	Satuan	Keterangan	PI 1	PI 2	PI 3
DATA PERENCANAAN						
1	V _R	km/jam		100,000	100,000	100,000
2	R	m	Kecepatan Rencana	2000,000	1000,000	800,000
3	S _s	m	Jari - jari tikungan	185,000	185,000	185,000
4	L _c	m	Jarak Pandang Henti	25,880	52,406	59,594
DAERAH BEBAS SAMPING						
5	R'	m	Jari - jari tikungan dalam	1998,250	998,250	798,250
6	M	m	Daerah bebas samping	0,557	2,085	2,898
7	M pakai	m	Daerah bebas samping pakai	0,600	2,100	2,900
PELEBARAN JALUR TIKUNGAN						
8	W _c	m	Lebar jalan pada tikungan	7,270	7,430	7,500
9	W _n	m	Lebar jalan pada jalan lurus	0,070	0,230	0,300
10	W	m	Pelebaran jalan pada tikungan	7,200	7,200	7,200

Lampiran D

No	Parameter	Satuan	Keterangan	RAMP 1		RAMP 2		RAMP 3		RAMP 4	
				START	PI 1"	START	PI 1"	START	PI 1"	START	PI 1"
PERHITUNGAN SUDUT AZIMUTH											
1	X _{START}		Titik koordinat X awal	464050,272	463997,151	464008,334	463986,601	463910,032	463953,164	463991,95	463949,536
2	Y _{START}		Titik koordinat Y awal	403203,641	403190,12	403164,01	403187,617	403176,262	403200,619	403192,255	403192,89
3	X _{FINISH}		Titik koordinat X akhir	463997,151	464008,334	463986,601	463952,125	463953,164	463991,95	463949,536	463967,166
4	Y _{FINISH}		Titik koordinat Y akhir	403190,12	403164,01	403187,617	403184,48	403200,619	403192,255	403192,89	403187,416
5	ΔX	m	Jarak titik X awal sampai titik X akhir	-53,121	11,183	-21,733	-34,476	43,132	38,786	-42,414	17,63
6	ΔY	m	Jarak titik Y awal sampai titik Y akhir	-13,521	-26,11	23,607	-3,137	24,357	-8,364	0,635	-5,474
7	L	m	Panjang Jalan	54,815	28,404	32,088	34,618	49,534	39,678	42,419	18,460
8	Kuadran			Kuadran 3	Kuadran 2	Kuadran 4	Kuadran 3	Kuadran 1	Kuadran 2	Kuadran 4	Kuadran 2
9	Azimuth (β)	°	Sudut Azimuth	75,720	-23,186	-42,633	84,801	60,546	-77,831	-89,142	-72,751
10	Δ Azimuth ($\Delta\beta$)	°	Perbedaan Sudut Azimuth		98,905		52,560		41,620		163,600

Lampiran D (Lanjutan)

No	Parameter	Satuan	Keterangan	RAMP 1		RAMP 2		RAMP 3		RAMP 4	
				START	PI 1"	START	PI 1"	START	PI 1"	START	PI 1"
PERHITUNGAN R_{MIN}											
11	V _R	km/jam	Kecepatan rencana		40,000		40,000		40,000		40,000
12	e _{MAX}	%	Kelandaian Maksimum		6%		6%		6%		6%
13	f _{MAX}		Koefisien Gesek maksimum		0,164		0,164		0,164		0,164
14	R _{min}	m	jari-jari tikungan minimum		56,243		56,243		56,243		56,243
PARAMETER LINGKUNG HORIZONTAL											
<i>Full Circle (FC)</i>											
34	T _c	m	Panjang titik Tangen dari PI ke circle		65,742		27,773		21,376		390,299
35	E _c	m	Jarak dari PI ke busur lingkaran		30,274		6,483		3,925		338,088
36	L _c	m	Panjang busur lingkaran		97,127		51,615		40,872		160,658

Lampiran E

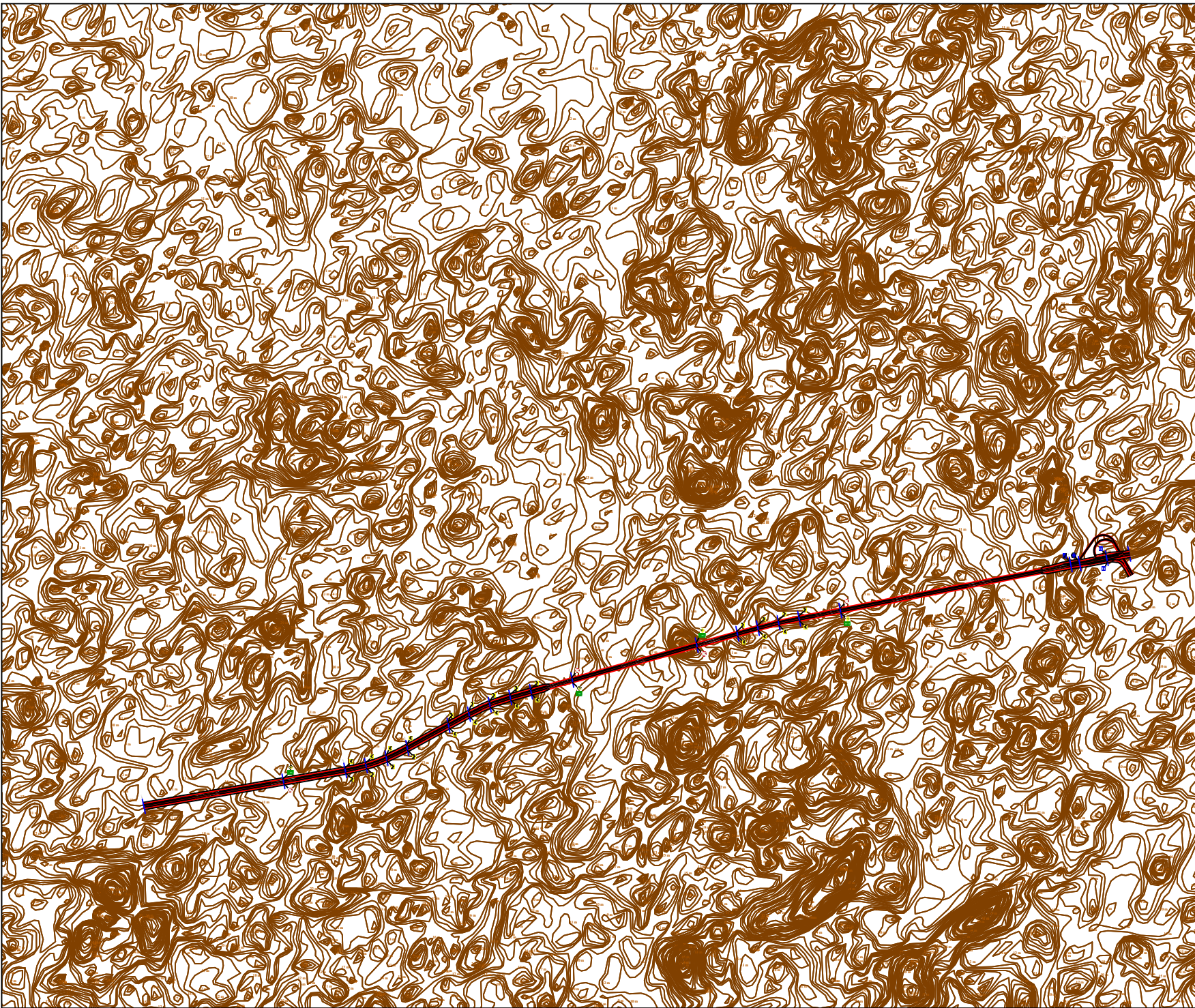
Beban Kelompok Sumbu (Ton)		Jenis Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga					Jumlah Kelompok Sumbu
		STRT	STRG	STdRT	STdRG	STrRG	
1	2	195,65					195,65
2	3	424,77	5,15				429,92
3	4	473,69	12,87				486,56
4	5	303,78	28,32				332,10
5	6	489,13	56,64				545,77
6	7	195,65	126,14				321,80
7	8	262,59	190,50				453,09
8	9	18,02	177,63				195,65
9	10	28,32	66,93				95,25
10	11		46,34	46,34			92,68
11	12		41,19		7,72		48,91
12	13		77,23		2,57		79,81
13	14		84,95	46,34	10,30		141,59
14	15		38,62	46,34	18,02		102,98
15	16		7,72	46,34	25,74		79,81
16	17		92,68		28,32		121,00
17	18		2,57		28,32		30,89
18	19				12,87		12,87
19	20				41,19		41,19
20	21		10,30		69,51	3,35	83,15
21	22		61,79		20,60		82,38
22	23		2,57		25,74		28,32
23	24		2,57		23,17		25,74
24	25				18,02		18,02
25	26				7,72		7,72

Lampiran E (Lanjutan)

Beban Kelompok Sumbu (Ton)		Jenis Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga					Jumlah Kelompok Sumbu
		STRT	STRG	STdRT	STdRG	STrRG	
26	27				48,91		48,91
27	28				25,74		25,74
28	29				30,89		30,89
29	30				2,57		2,57
31	32				18,02	3,35	21,37
32	33				10,30	3,35	13,64
35	36				10,30		10,30
37	38				23,17	3,35	26,52
38	39				10,30		10,30
39	40					6,69	6,69
40	41					6,69	6,69
41	42					3,35	3,35
44	45					10,30	10,30
45	46					3,35	3,35
47	48					3,35	3,35
51	52					3,35	3,35
55	56					3,35	3,35
Kumulatif							4283,51

Keterangan :

- STRG : Sumbu Tunggal Roda Tunggal
 STRG : Sumbu Tunggal Roda Ganda
 STdRT : Sumbu Tandem Roda Tunggal
 STdRG : Sumbu Tandem Roda Ganda
 STrRG : Sumbu Tridem Roda Ganda



PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN
 JALAN TOL MEDAN-BINJAI SEKSI I
 MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU

DOSEN PEMBIMBING I

IR. WAHJU HERIJANTO, MT.

DOSEN PEMBIMBING II

CAHYA BUANA, ST., MT.

MAHASISWA

INTANIUS JEKA SAPUTRA M

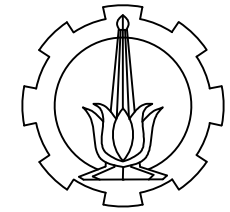
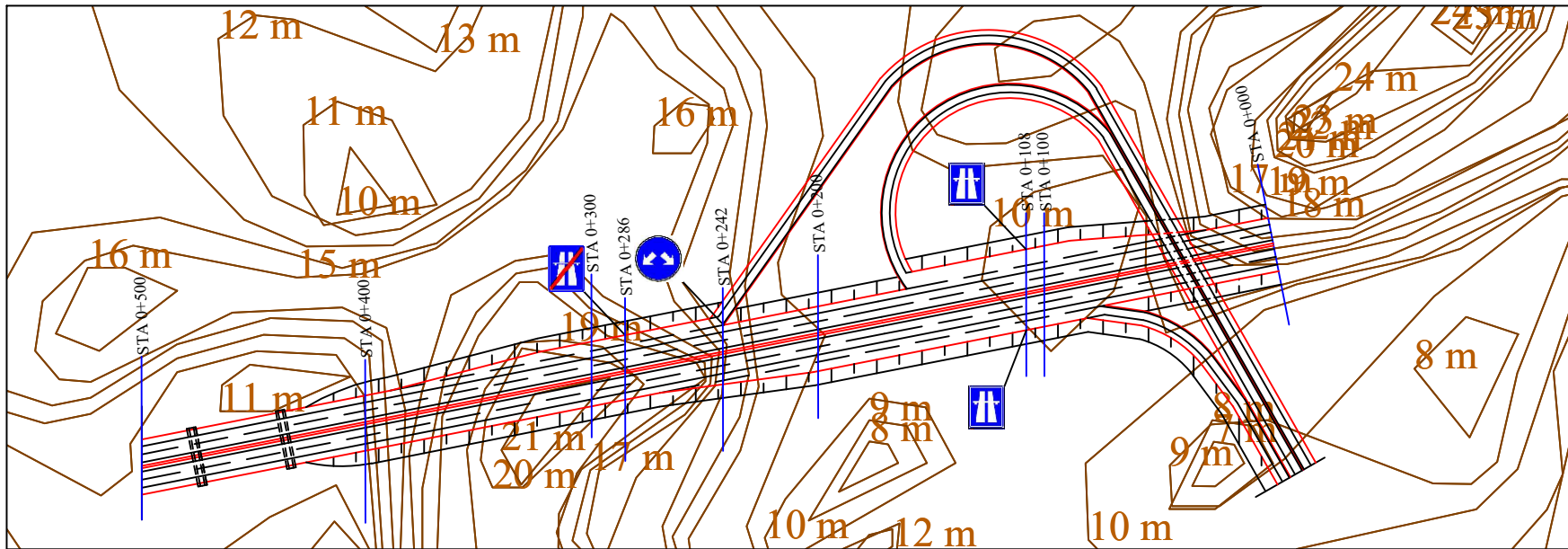
NRP

0311154000060

JUDUL GAMBAR

PLAN PROFIL

NO. GAMBAR	SKALA	JUMLAH GAMBAR
1	1:2500	24



PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN
 JALAN TOL MEDAN-BINJAI SEKSI I
 MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU

DOSEN PEMBIMBING I

IR. WAHJU HERIJANTO, MT.

DOSEN PEMBIMBING II

CAHYA BUANA, ST., MT.

MAHASISWA

INTANIUS JEKA SAPUTRA M

NRP

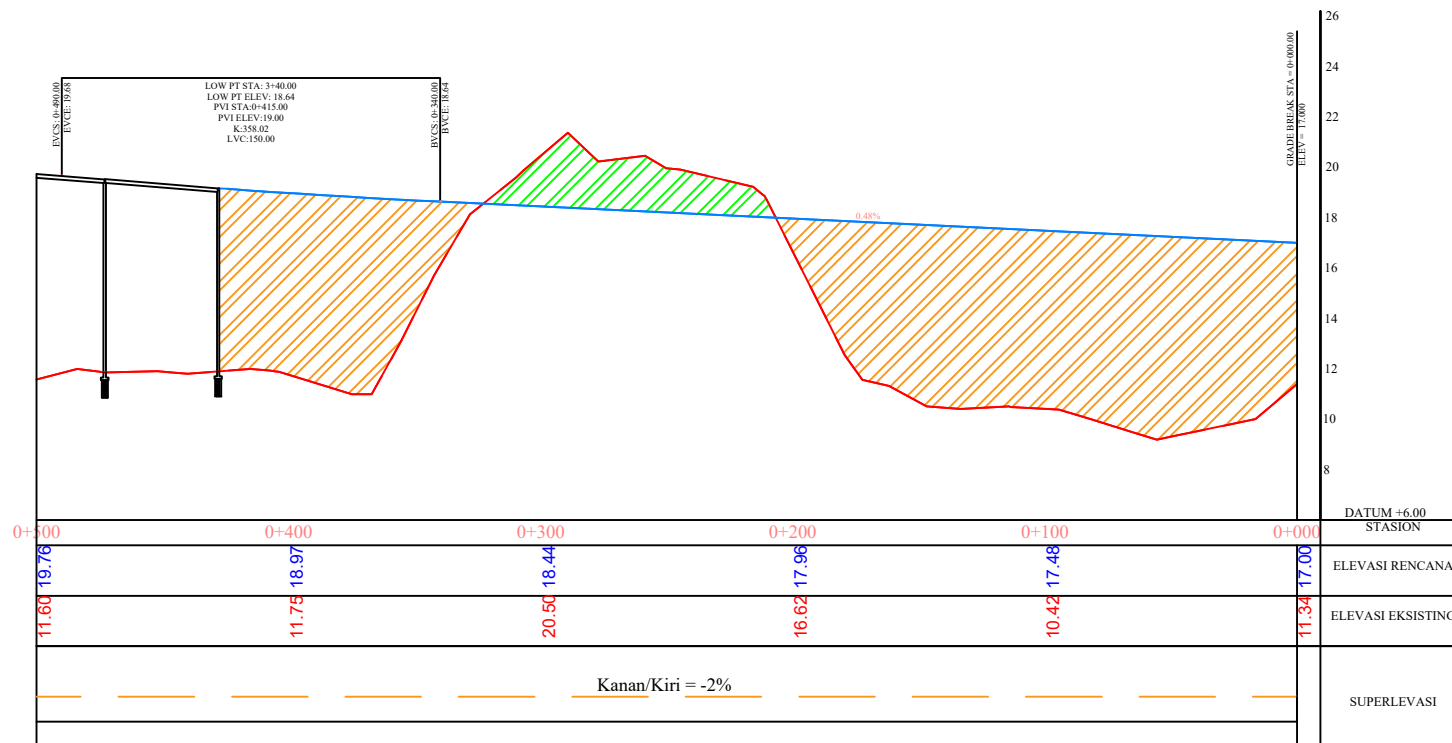
03111540000060

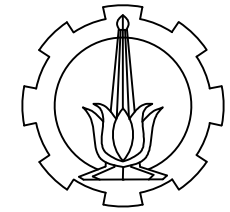
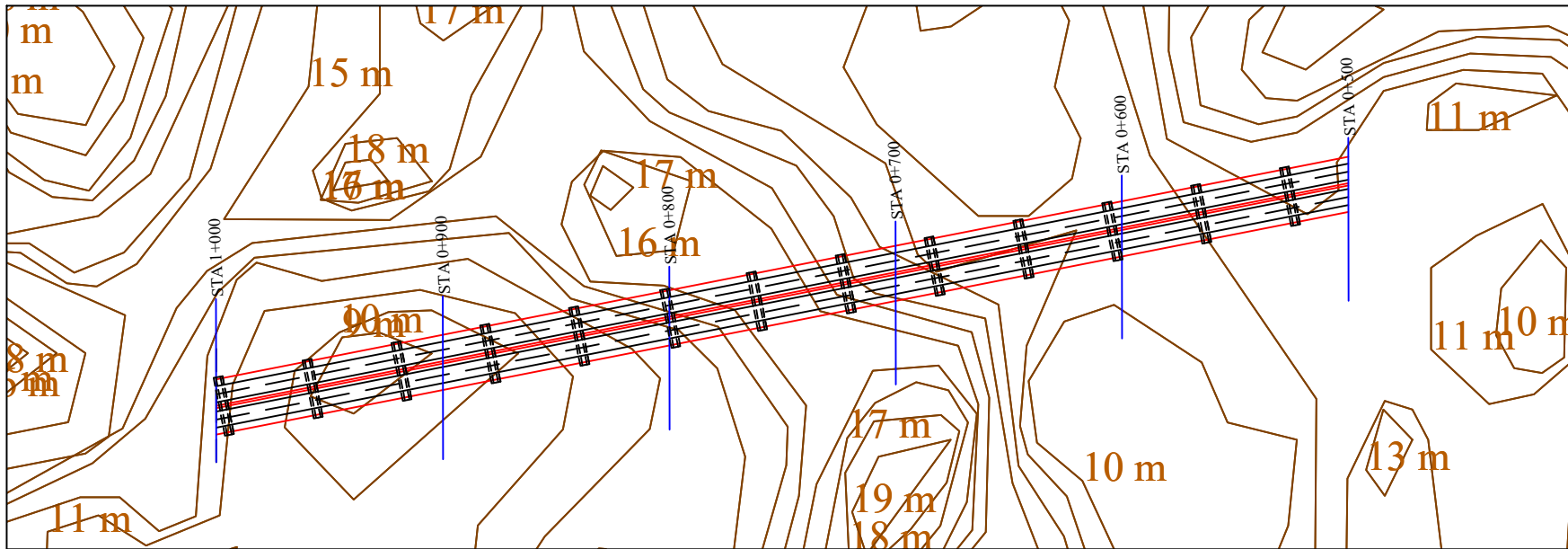
JUDUL GAMBAR

PLAN PROFIL
 STA 0+000 - STA 0+500

NO. GAMBAR	SKALA	JUMLAH GAMBAR
------------	-------	---------------

2	1:300	24
---	-------	----





PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN
 JALAN TOL MEDAN-BINJAI SEKSI I
 MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU

DOSEN PEMBIMBING I

IR. WAHJU HERIJANTO, MT.

DOSEN PEMBIMBING II

CAHYA BUANA, ST., MT.

MAHASISWA

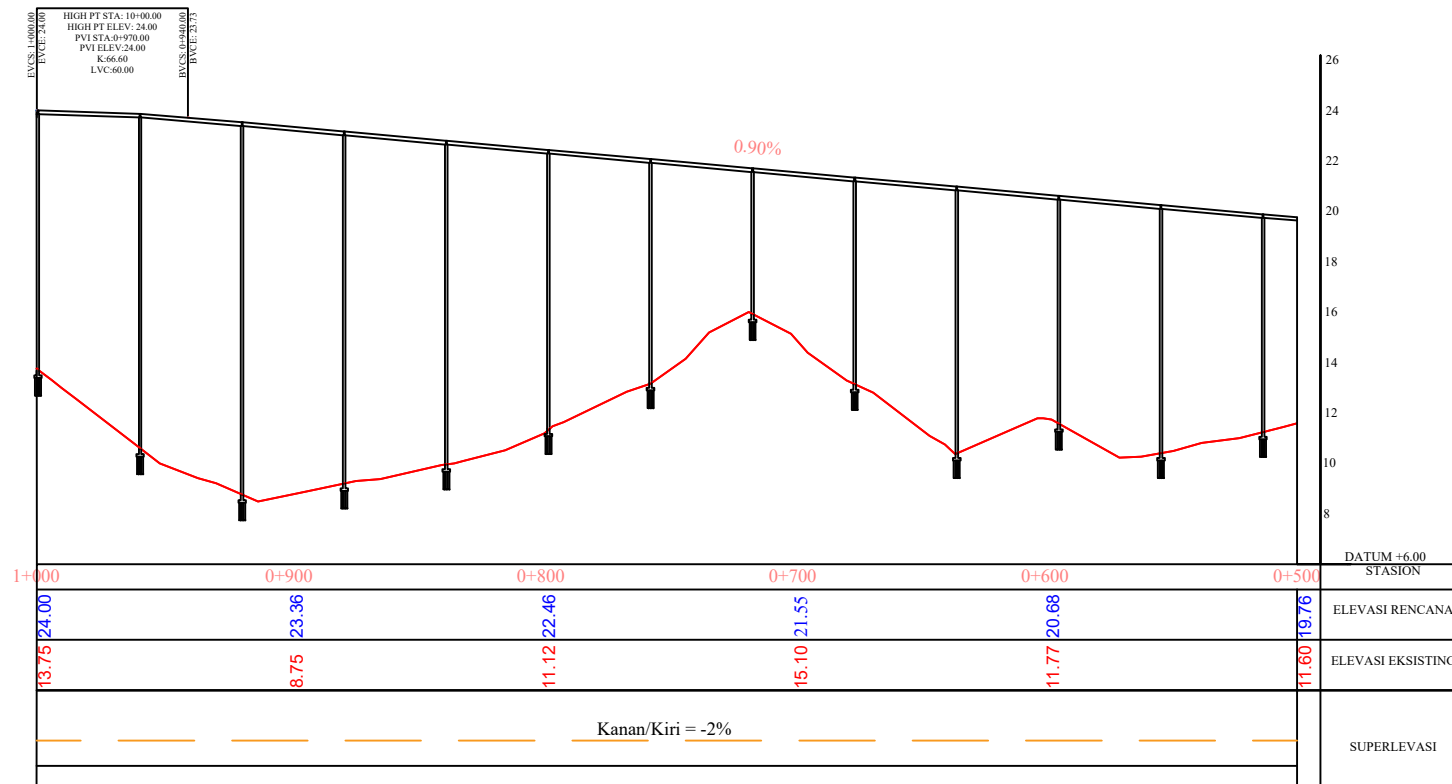
INTANIUS JEKA SAPUTRA M

NRP

03111540000060

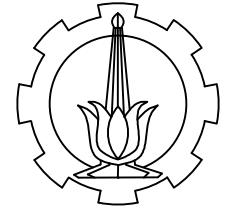
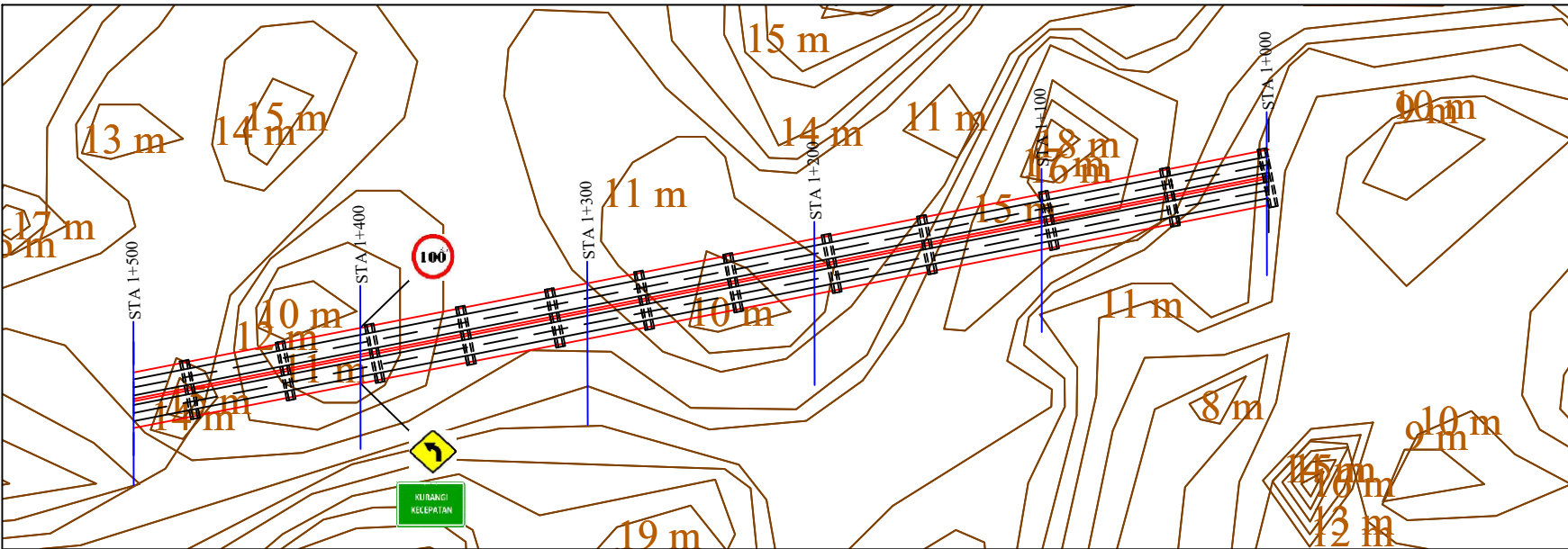
JUDUL GAMBAR

PLAN PROFIL
 STA 0+500 - STA 1+000



NO. GAMBAR SKALA JUMLAH GAMBAR

3 1:300 24



PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN
 JALAN TOL MEDAN-BINJAI SEKSI I
 MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU

DOSEN PEMBIMBING I

IR. WAHJU HERIJANTO, MT.

DOSEN PEMBIMBING II

CAHYA BUANA, ST., MT.

MAHASISWA

INTANIUS JEKA SAPUTRA M

NRP

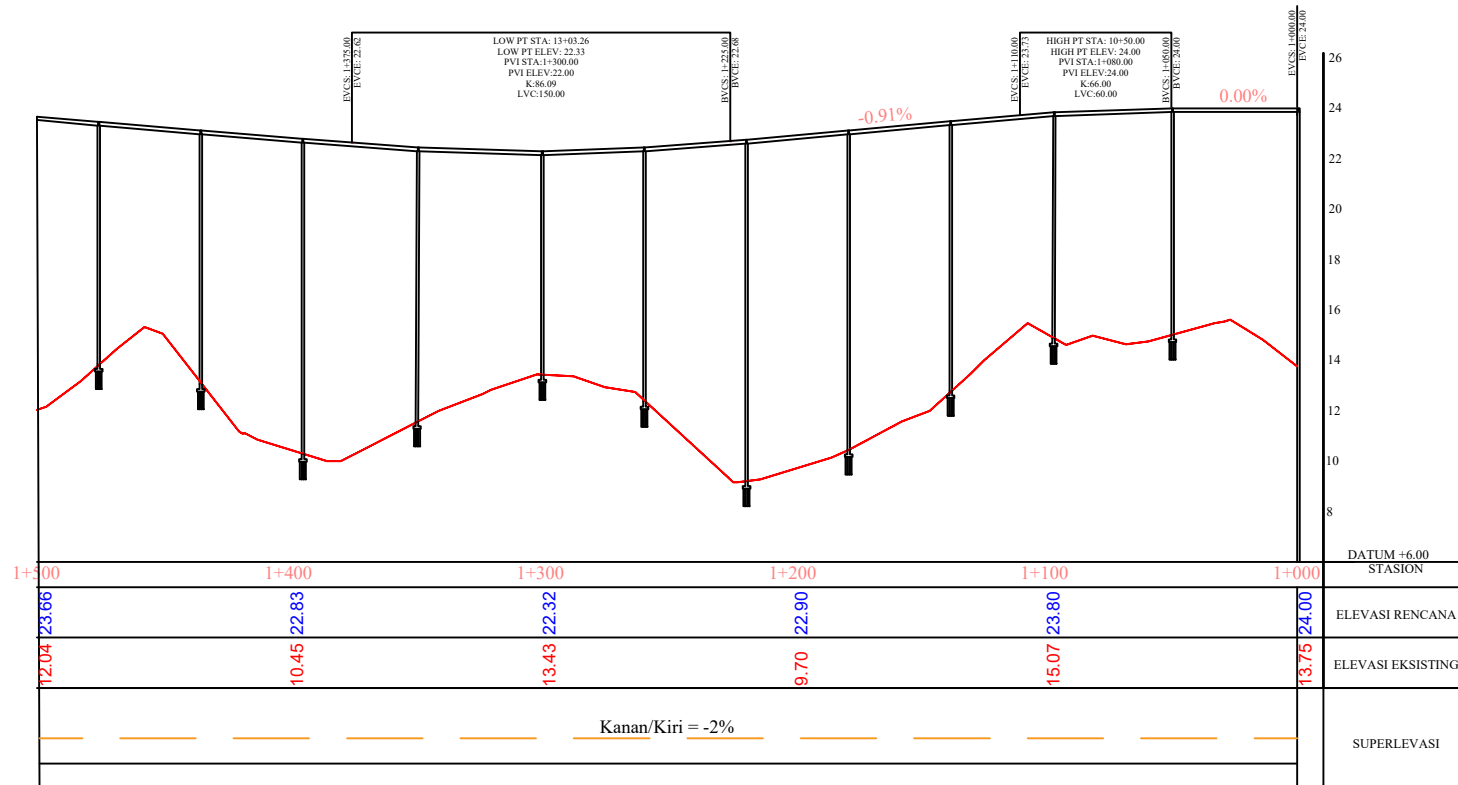
0311154000060

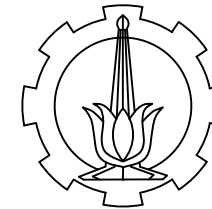
JUDUL GAMBAR

PLAN PROFIL
 STA 1+000 - STA 1+500

NO. GAMBAR	SKALA	JUMLAH GAMBAR
------------	-------	---------------

4	1:300	24
---	-------	----





PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN
 JALAN TOL MEDAN-BINJAI SEKSI I
 MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU

DOSEN PEMBIMBING I

IR. WAHJU HERIJANTO, MT.

DOSEN PEMBIMBING II

CAHYA BUANA, ST., MT.

MAHASISWA

INTANIUS JEKA SAPUTRA M

NRP

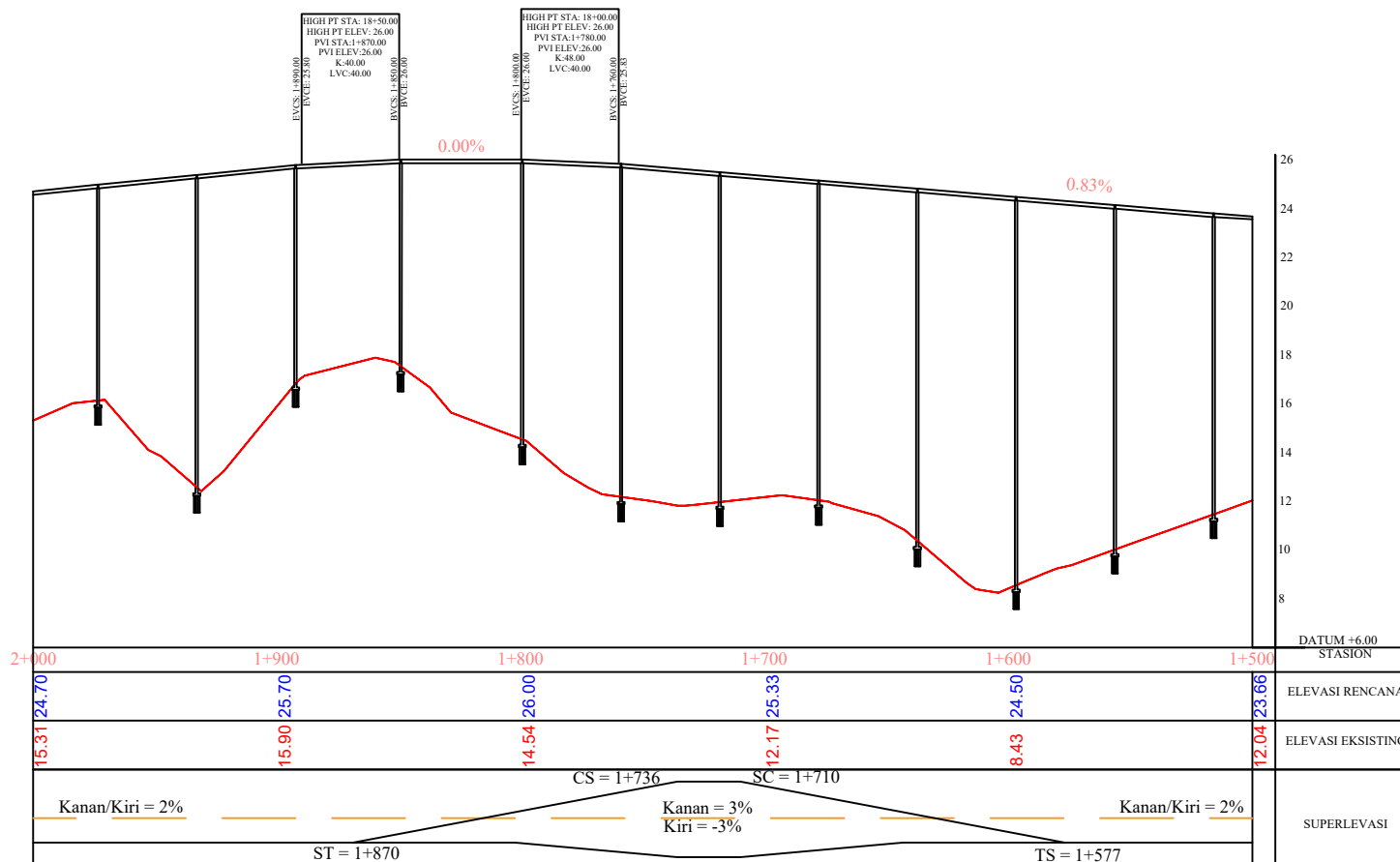
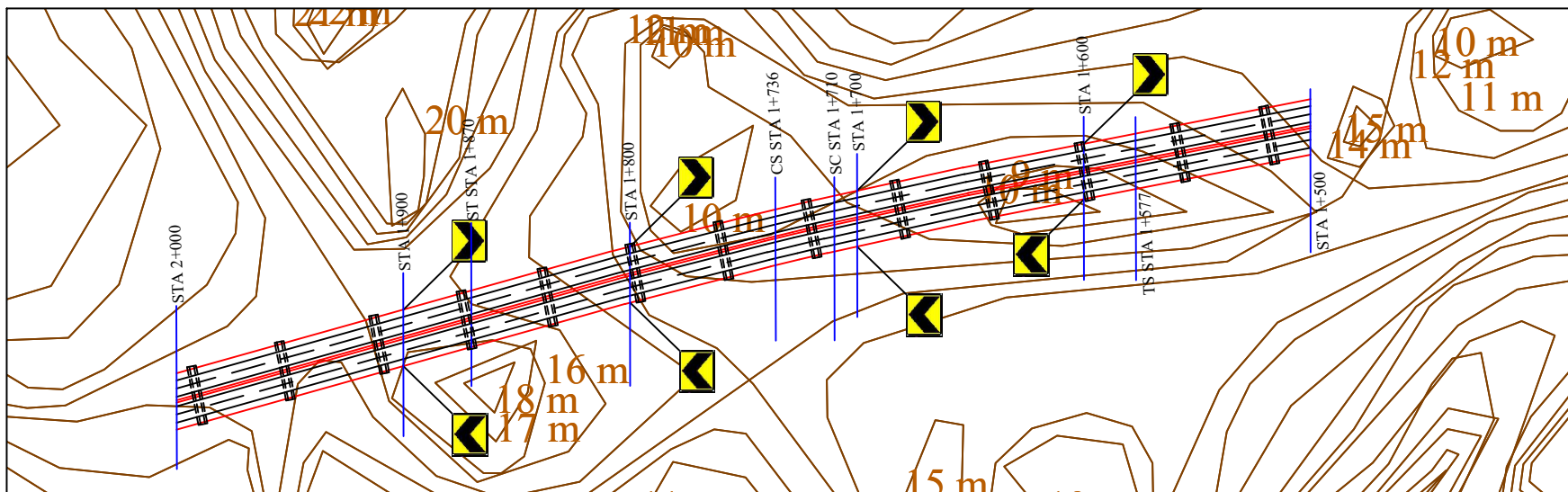
0311154000060

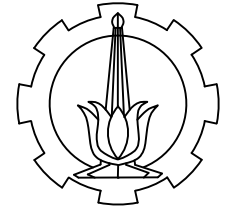
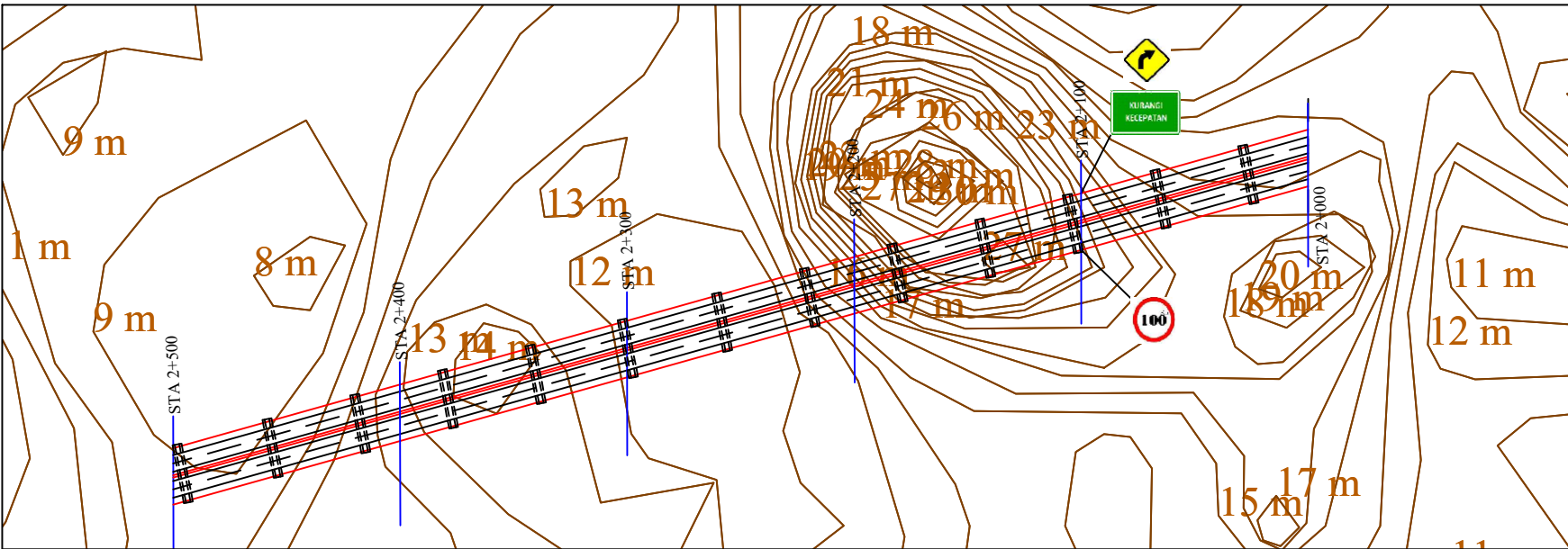
JUDUL GAMBAR

PLAN PROFIL
 STA 1+500 - STA 2+000

NO. GAMBAR	SKALA	JUMLAH GAMBAR
------------	-------	---------------

5	1:300	24
---	-------	----





PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN
 JALAN TOL MEDAN-BINJAI SEKSI I
 MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU

DOSEN PEMBIMBING I

IR. WAHJU HERIJANTO, MT.

DOSEN PEMBIMBING II

CAHYA BUANA, ST., MT.

MAHASISWA

INTANIUS JEKA SAPUTRA M

NRP

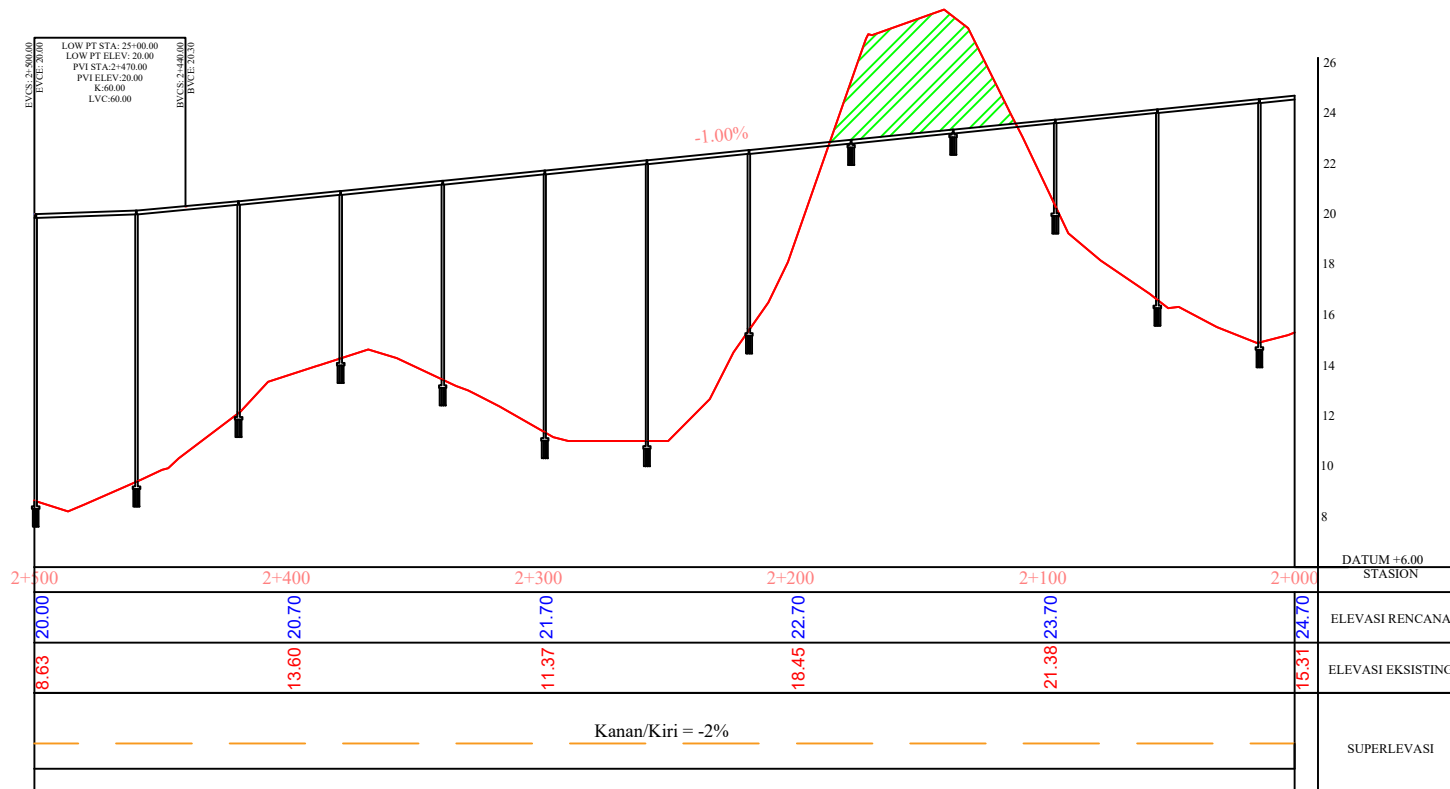
0311154000060

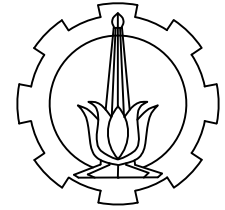
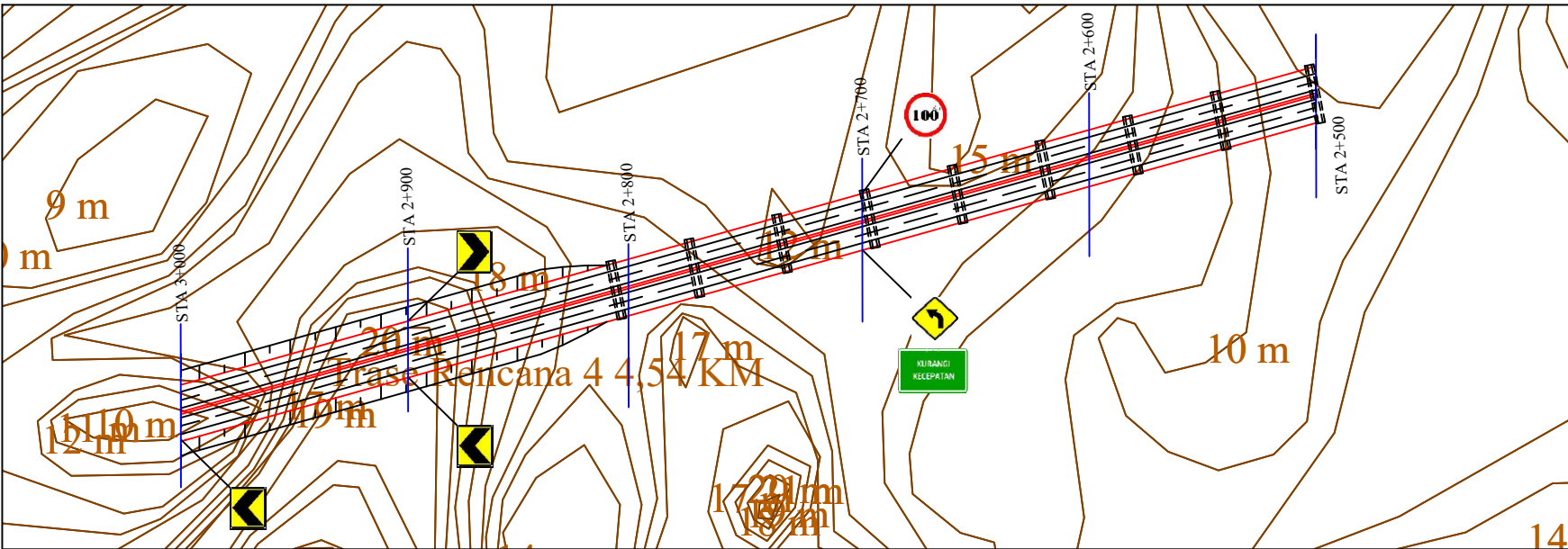
JUDUL GAMBAR

PLAN PROFIL
 STA 2+000 - STA 2+500

NO. GAMBAR	SKALA	JUMLAH GAMBAR
------------	-------	---------------

6	1:300	24
---	-------	----





PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN
 JALAN TOL MEDAN-BINJAI SEKSI I
 MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU

DOSEN PEMBIMBING I

IR. WAHJU HERIJANTO, MT.

DOSEN PEMBIMBING II

CAHYA BUANA, ST., MT.

MAHASISWA

INTANIUS JEKA SAPUTRA M

NRP

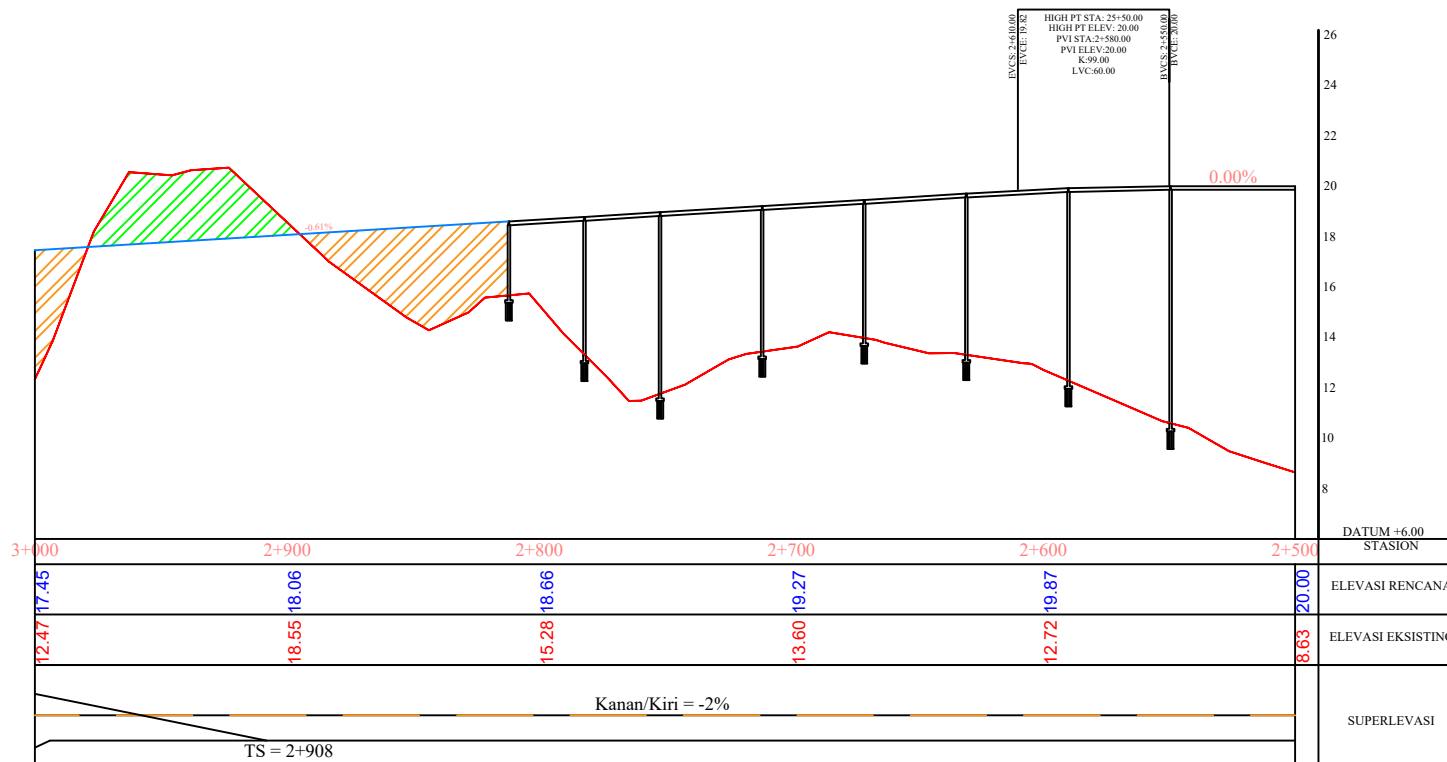
03111540000060

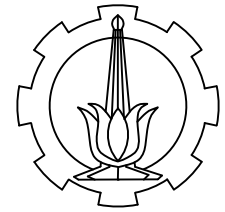
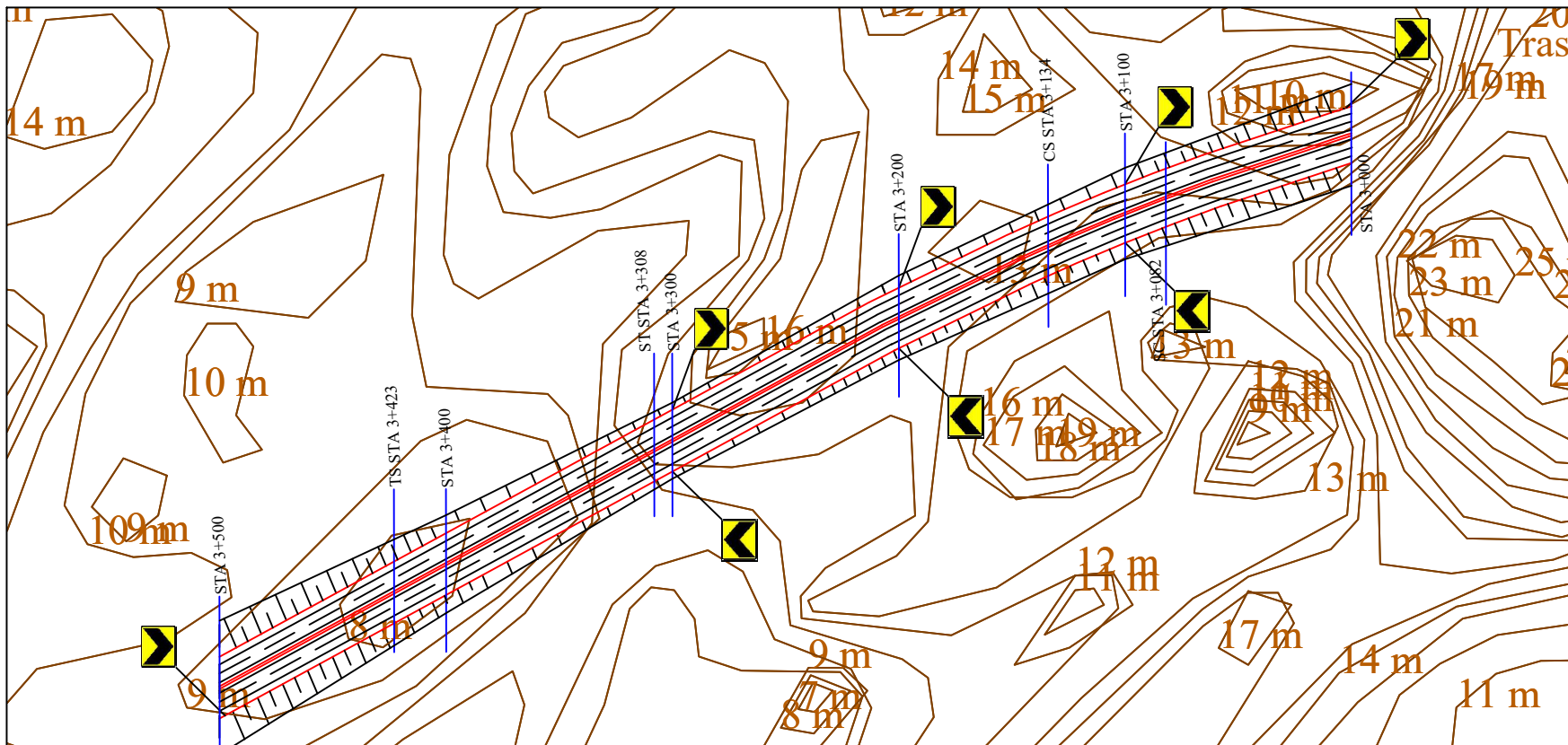
JUDUL GAMBAR

PLAN PROFIL
 STA 2+500 - STA 3+000

NO. GAMBAR	SKALA	JUMLAH GAMBAR
------------	-------	---------------

7	1:300	24
---	-------	----





PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN
 JALAN TOL MEDAN-BINJAI SEKSI I
 MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU

DOSEN PEMBIMBING I

IR. WAHJU HERIJANTO, MT.

DOSEN PEMBIMBING II

CAHYA BUANA, ST., MT.

MAHASISWA

INTANIUS JEKA SAPUTRA M

NRP

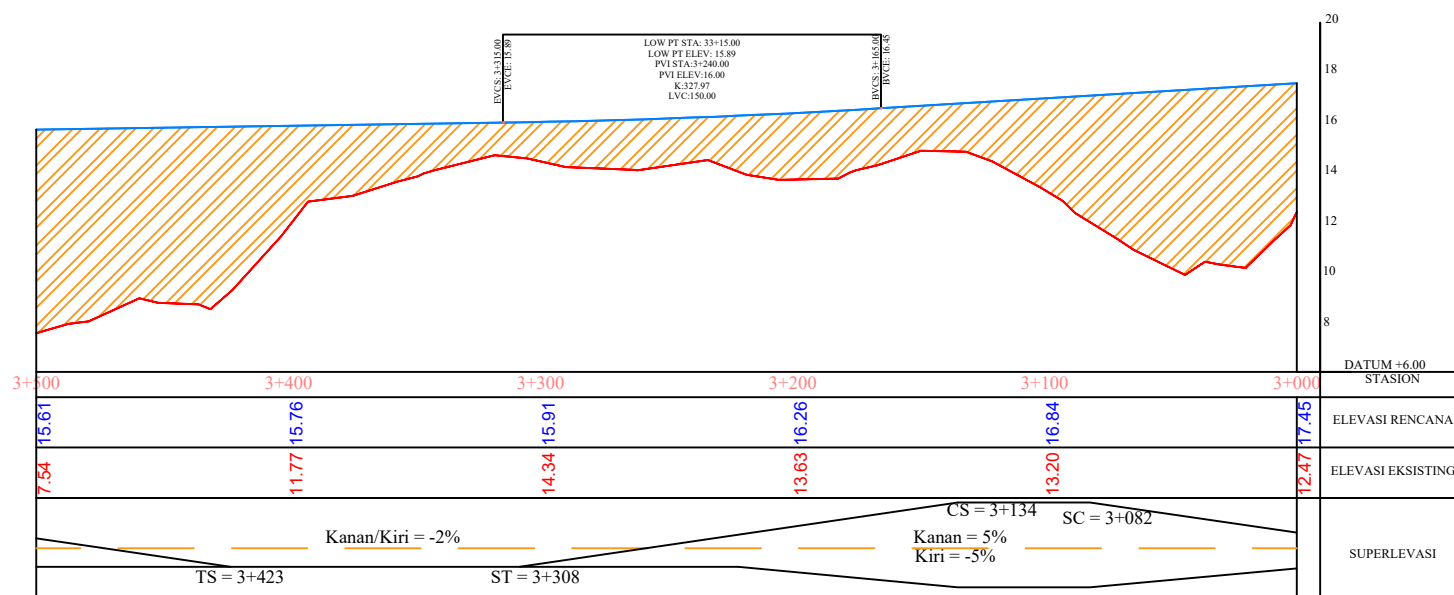
03111540000060

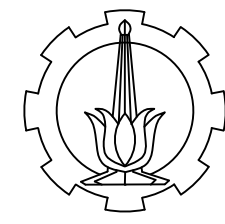
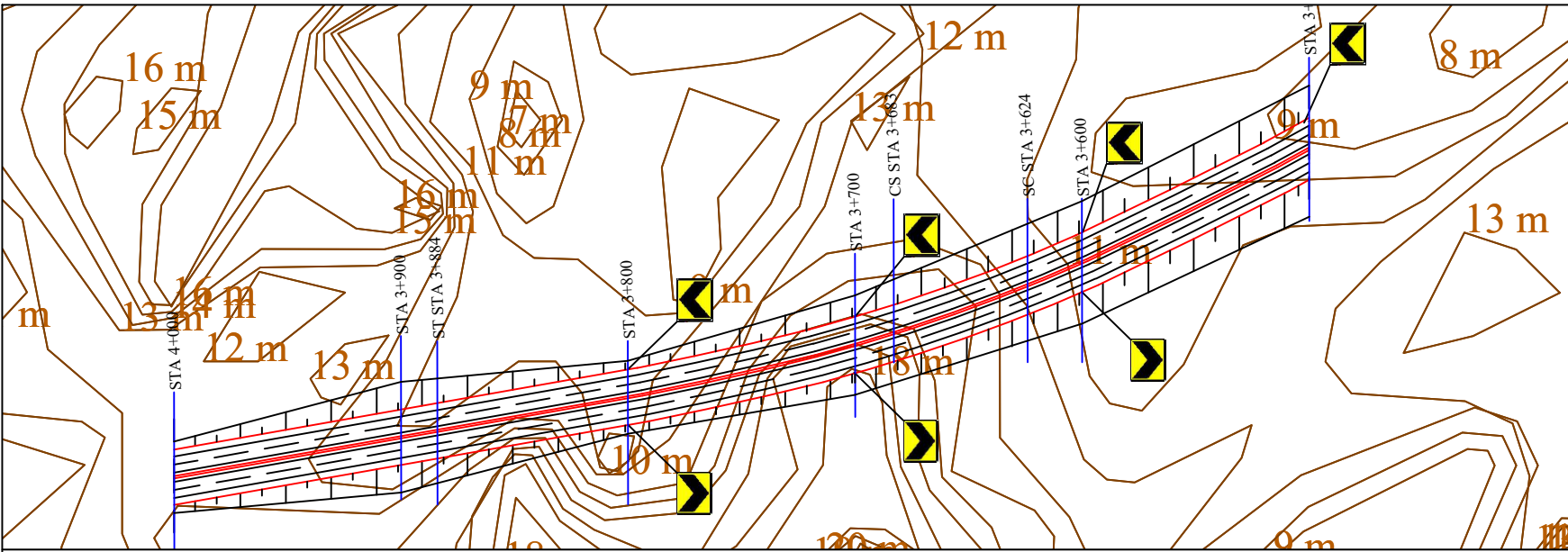
JUDUL GAMBAR

PLAN PROFIL
 STA 3+000 - STA 3+500

NO. GAMBAR	SKALA	JUMLAH GAMBAR
------------	-------	---------------

8	1:300	24
---	-------	----





PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN
 JALAN TOL MEDAN-BINJAI SEKSI I
 MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU

DOSEN PEMBIMBING I

IR. WAHJU HERIJANTO, MT.

DOSEN PEMBIMBING II

CAHYA BUANA, ST., MT.

MAHASISWA

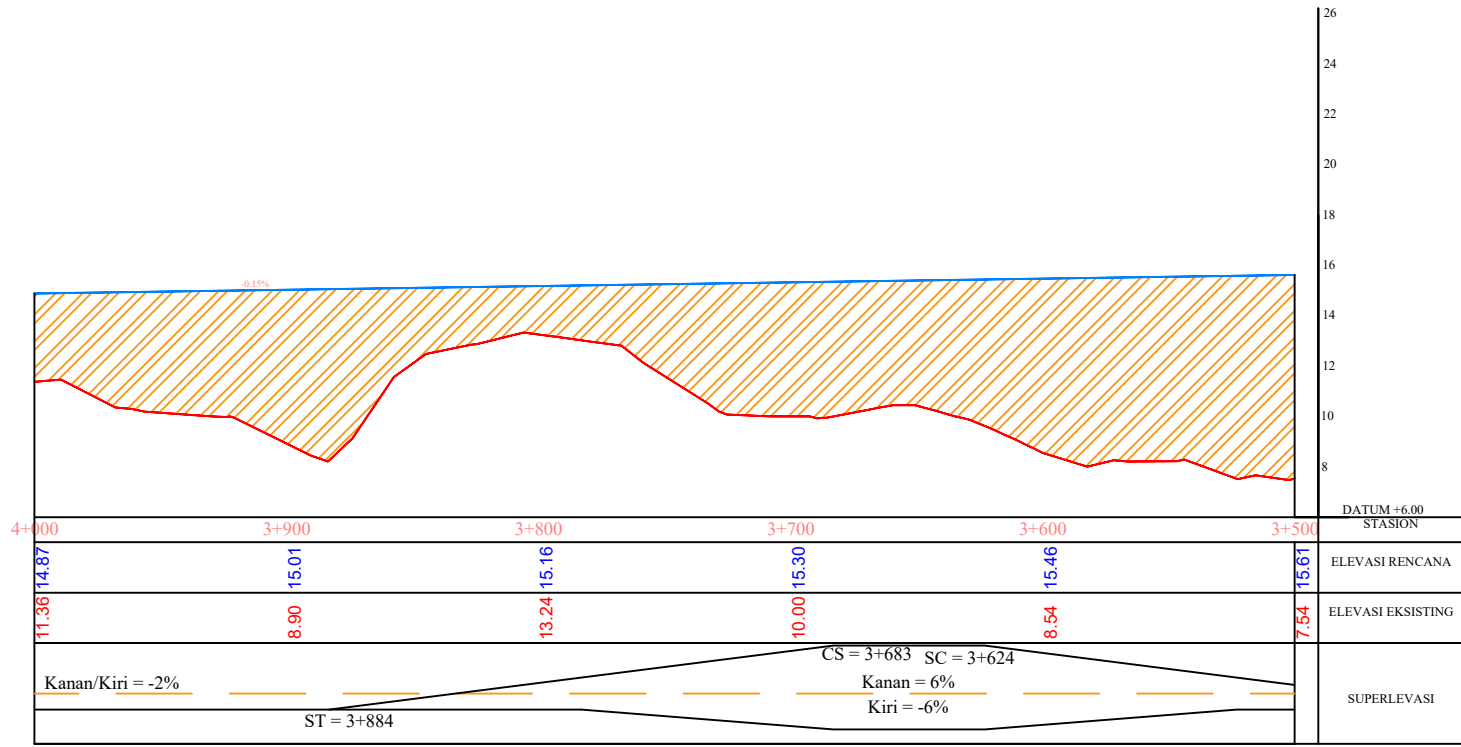
INTANIUS JEKA SAPUTRA M

NRP

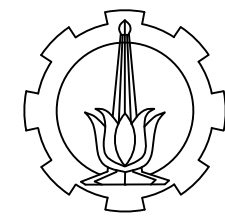
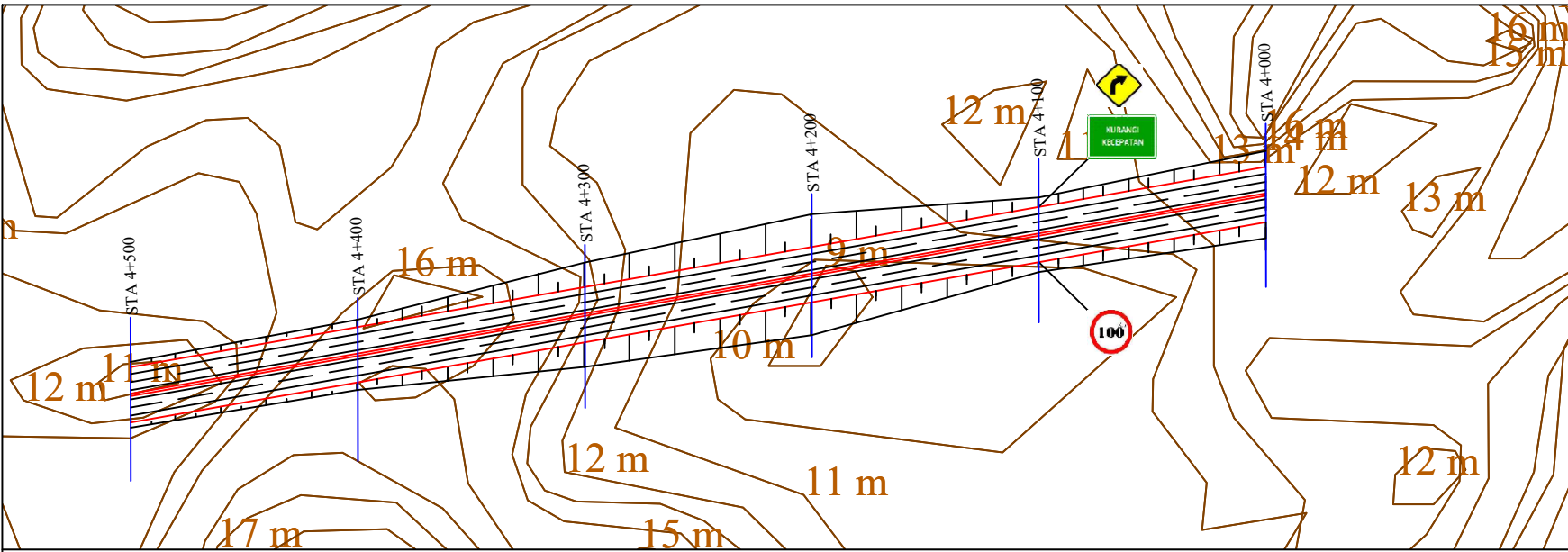
0311154000060

JUDUL GAMBAR

PLAN PROFIL
 STA 3+500 - STA 4+000



NO. GAMBAR	SKALA	JUMLAH GAMBAR
9	1:300	24



PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN
 JALAN TOL MEDAN-BINJAI SEKSI I
 MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU

DOSEN PEMBIMBING I

IR. WAHJU HERIJANTO, MT.

DOSEN PEMBIMBING II

CAHYA BUANA, ST., MT.

MAHASISWA

INTANIUS JEKA SAPUTRA M

NRP

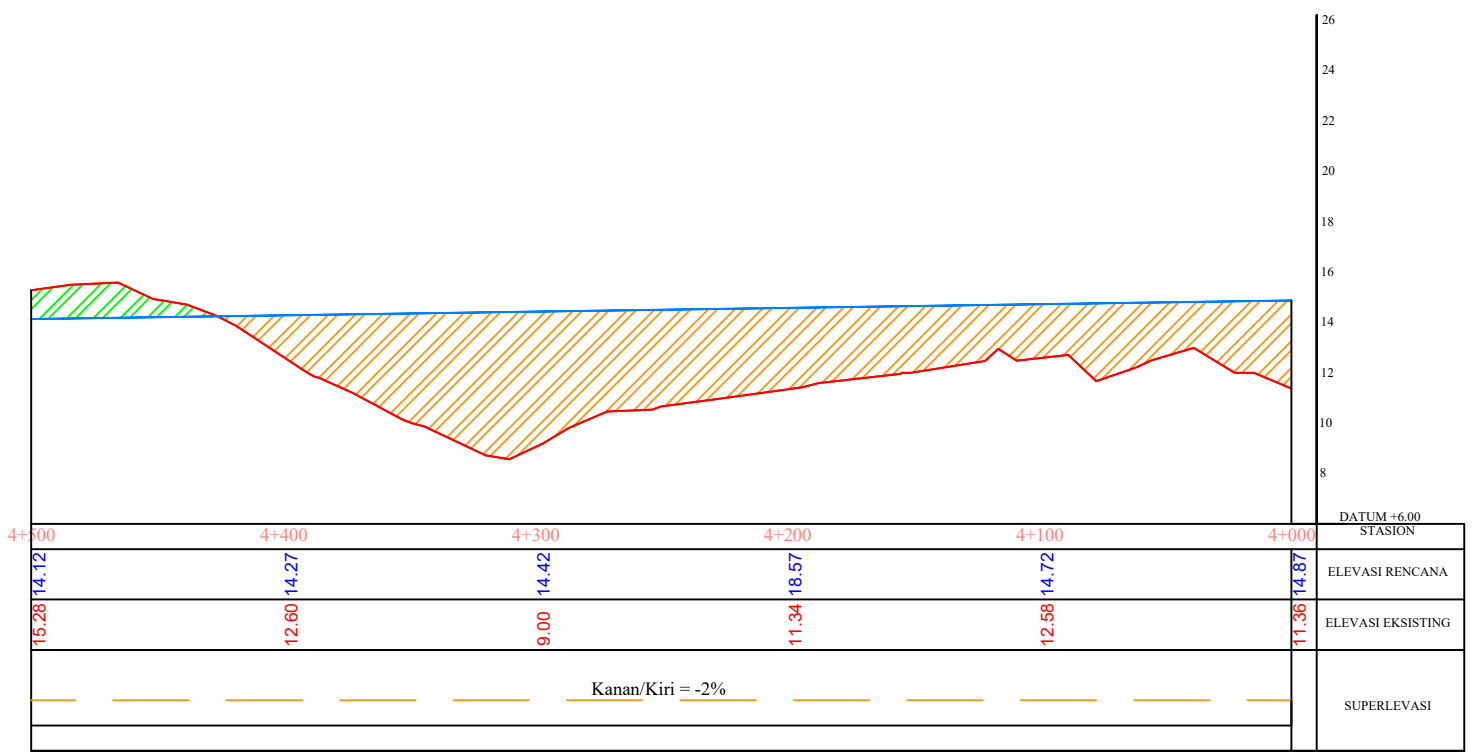
0311154000060

JUDUL GAMBAR

PLAN PROFIL
 STA 4+000 - STA 4+500

NO. GAMBAR	SKALA	JUMLAH GAMBAR
------------	-------	---------------

10	1:300	24
----	-------	----

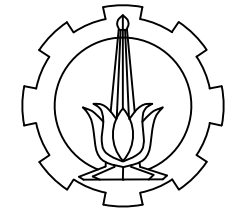
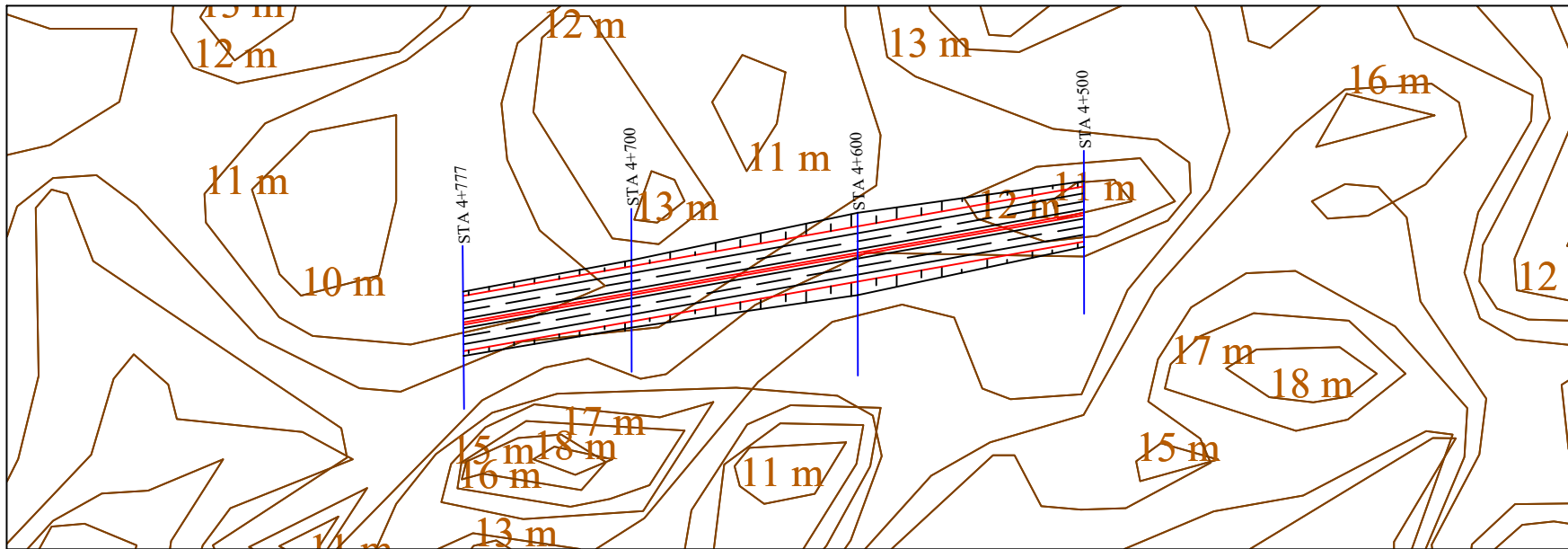


DATUM +6.00
 STASION

ELEVASI RENCANA

ELEVASI EKSISTING

SUPERLEVASI



PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN
 JALAN TOL MEDAN-BINJAI SEKSI I
 MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU

DOSEN PEMBIMBING I

IR. WAHJU HERIJANTO, MT.

DOSEN PEMBIMBING II

CAHYA BUANA, ST., MT.

MAHASISWA

INTANIUS JEKA SAPUTRA M

NRP

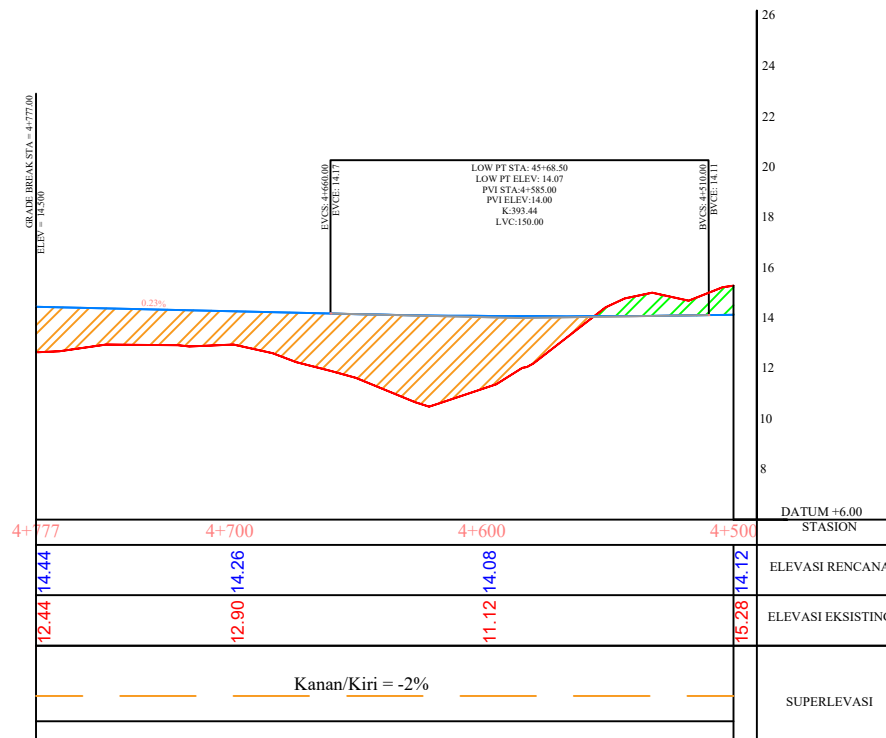
03111540000060

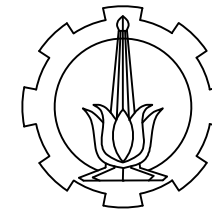
JUDUL GAMBAR

PLAN PROFIL
 STA 4+500 - STA 4+777

NO. GAMBAR	SKALA	JUMLAH GAMBAR
------------	-------	---------------

11	1:300	24
----	-------	----





PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN
 JALAN TOL MEDAN-BINJAI SEKSI I
 MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU

DOSEN PEMBIMBING I

IR. WAHJU HERIJANTO, MT.

DOSEN PEMBIMBING II

CAHYA BUANA, ST., MT.

MAHASISWA

INTANIUS JEKA SAPUTRA M

NRP

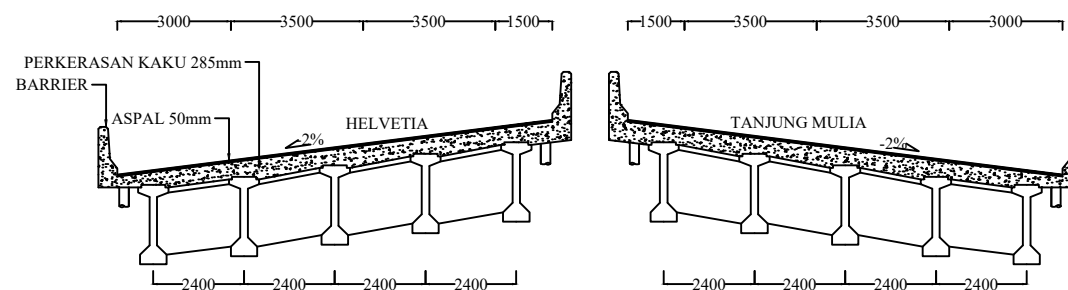
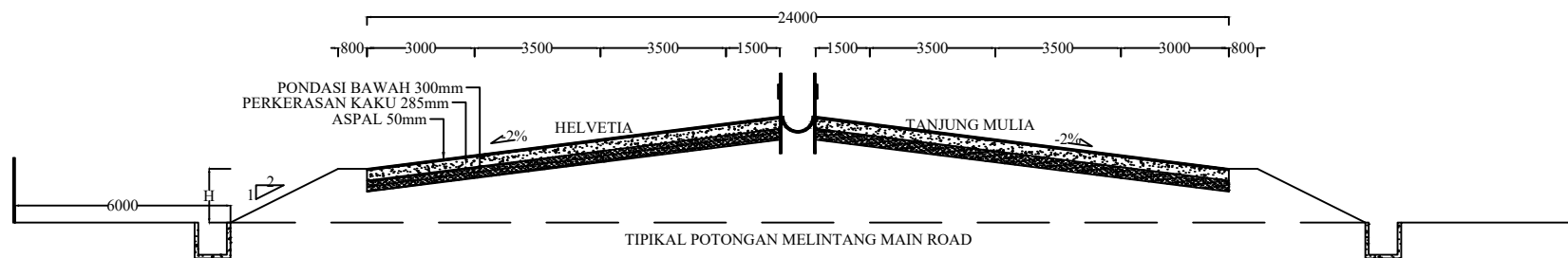
0311154000060

JUDUL GAMBAR

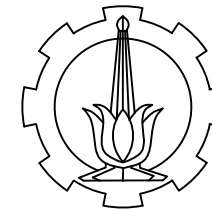
TIPIKAL CROSS SECTION
 MAIN ROAD

NO. GAMBAR	SKALA	JUMLAH GAMBAR
------------	-------	---------------

12	1:200	24
----	-------	----



TIPIKAL POTONGAN MELINTANG MAIN ROAD (ELEVATED)



PROGRAM S-1
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN
JALAN TOL MEDAN-BINJAI SEKSI I
MENGUNAKAN PERKERASAN KAKU

DOSEN PEMBIMBING I

IR. WAHJU HERIJANTO, MT.

DOSEN PEMBIMBING II

CAHYA BUANA, ST., MT.

MAHASISWA

INTANIUS JEKA SAPUTRA M

NRP

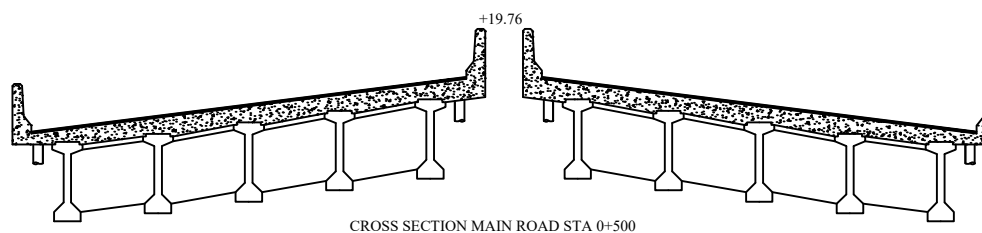
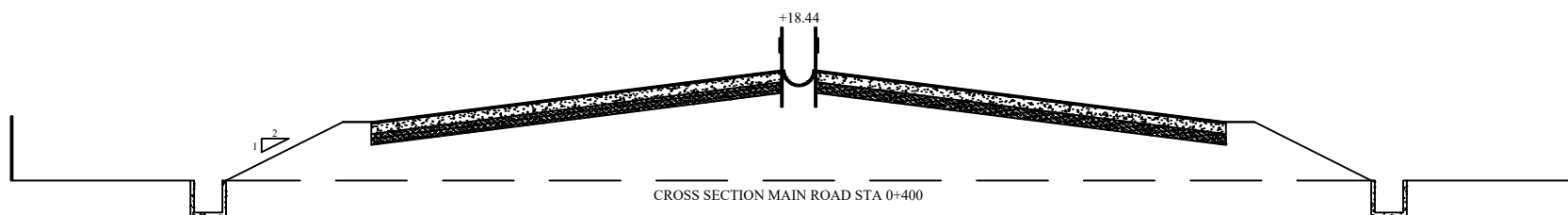
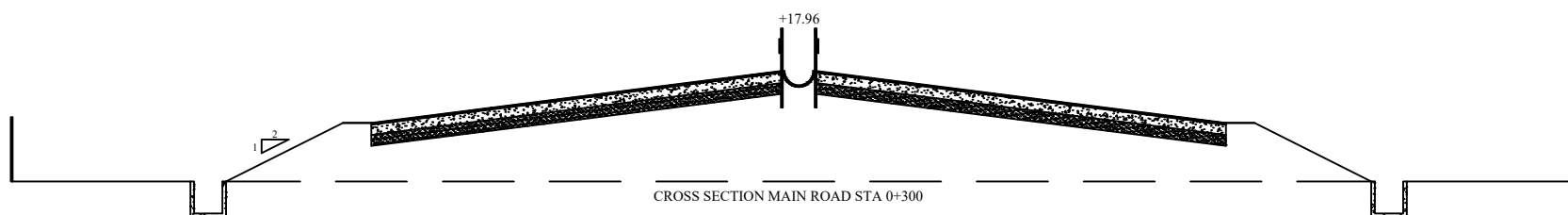
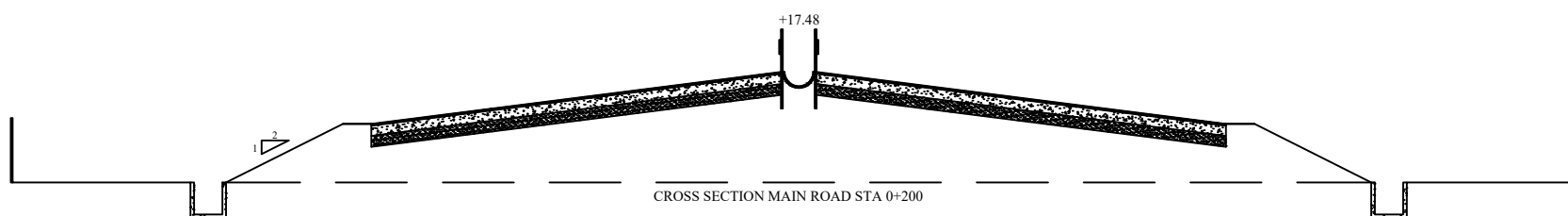
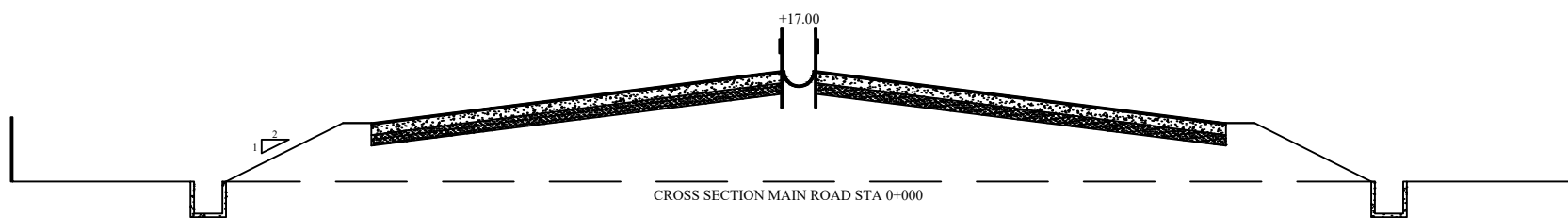
0311154000060

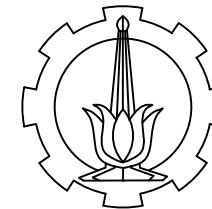
JUDUL GAMBAR

CROSS SECTION

NO. GAMBAR	SKALA	JUMLAH GAMBAR
------------	-------	---------------

13	1:200	24
----	-------	----





PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN
 JALAN TOL MEDAN-BINJAI SEKSI I
 MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU

DOSEN PEMBIMBING I

IR. WAHJU HERIJANTO, MT.

DOSEN PEMBIMBING II

CAHYA BUANA, ST., MT.

MAHASISWA

INTANIUS JEKA SAPUTRA M

NRP

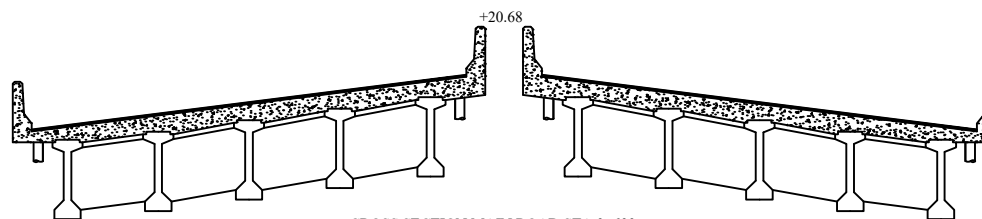
03111540000060

JUDUL GAMBAR

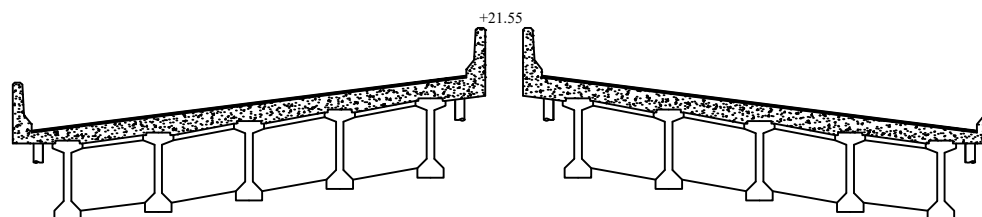
CROSS SECTION

NO. GAMBAR	SKALA	JUMLAH GAMBAR
------------	-------	---------------

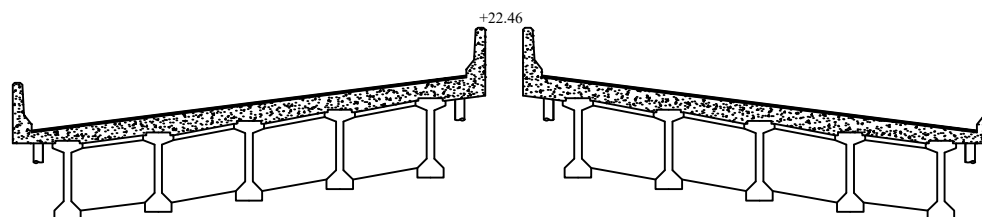
14	1:200	24
----	-------	----



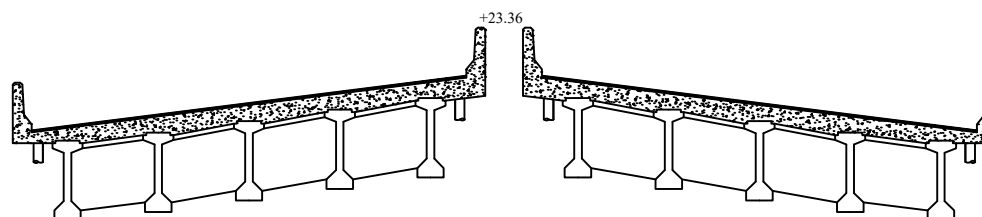
CROSS SECTION MAIN ROAD STA 0+600



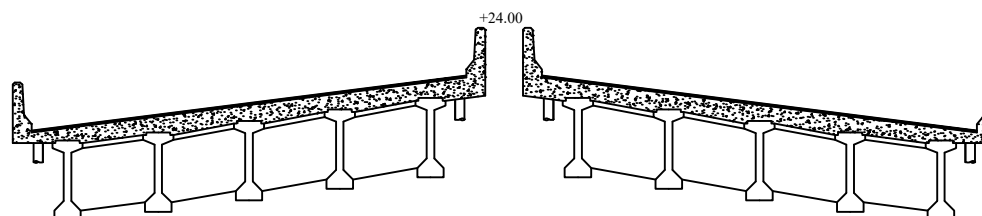
CROSS SECTION MAIN ROAD STA 0+700



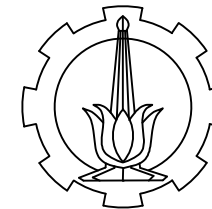
CROSS SECTION MAIN ROAD STA 0+800



CROSS SECTION MAIN ROAD STA 0+900



CROSS SECTION MAIN ROAD STA 1+000



PROGRAM S-1
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN
JALAN TOL MEDAN-BINJAI SEKSI I
MENGUNAKAN PERKERASAN KAKU

DOSEN PEMBIMBING I

IR. WAHJU HERIJANTO, MT.

DOSEN PEMBIMBING II

CAHYA BUANA, ST., MT.

MAHASISWA

INTANIUS JEKA SAPUTRA M

NRP

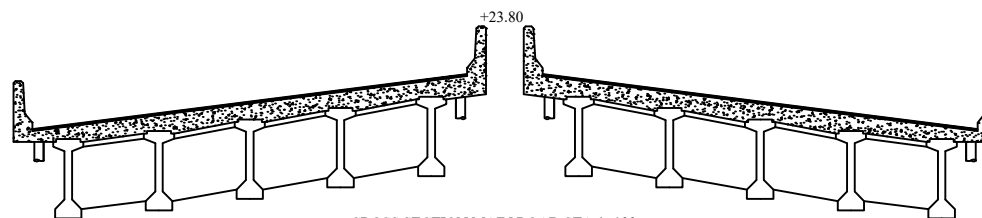
0311154000060

JUDUL GAMBAR

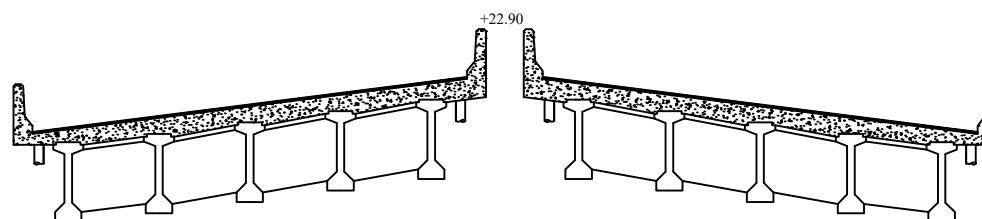
CROSS SECTION

NO. GAMBAR	SKALA	JUMLAH GAMBAR
------------	-------	---------------

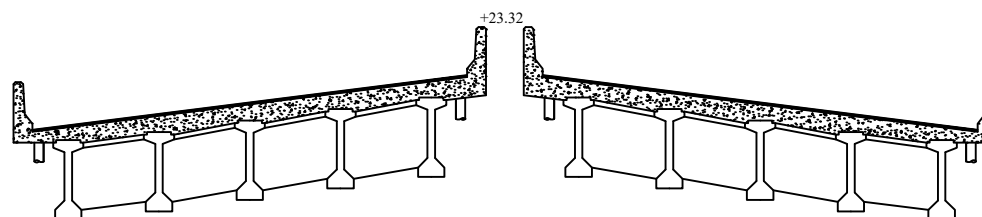
15	1:200	24
----	-------	----



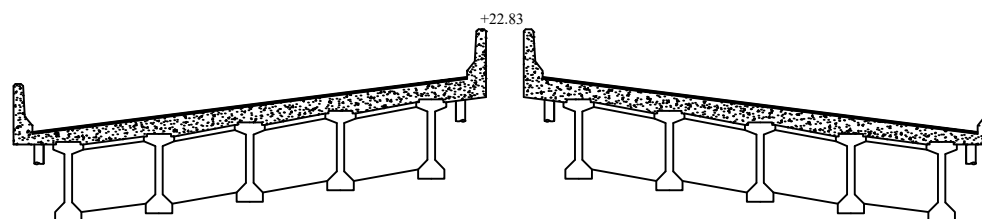
CROSS SECTION MAIN ROAD STA 1+100



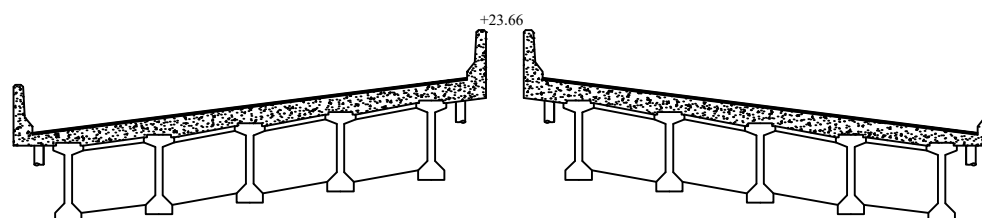
CROSS SECTION MAIN ROAD STA 1+200



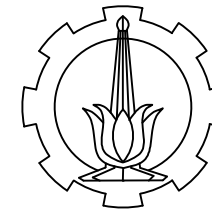
CROSS SECTION MAIN ROAD STA 1+300



CROSS SECTION MAIN ROAD STA 1+400



CROSS SECTION MAIN ROAD STA 1+500



PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN
 JALAN TOL MEDAN-BINJAI SEKSI I
 MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU

DOSEN PEMBIMBING I

IR. WAHJU HERIJANTO, MT.

DOSEN PEMBIMBING II

CAHYA BUANA, ST., MT.

MAHASISWA

INTANIUS JEKA SAPUTRA M

NRP

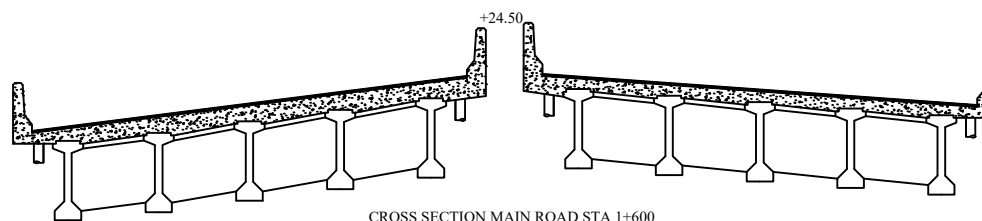
0311154000060

JUDUL GAMBAR

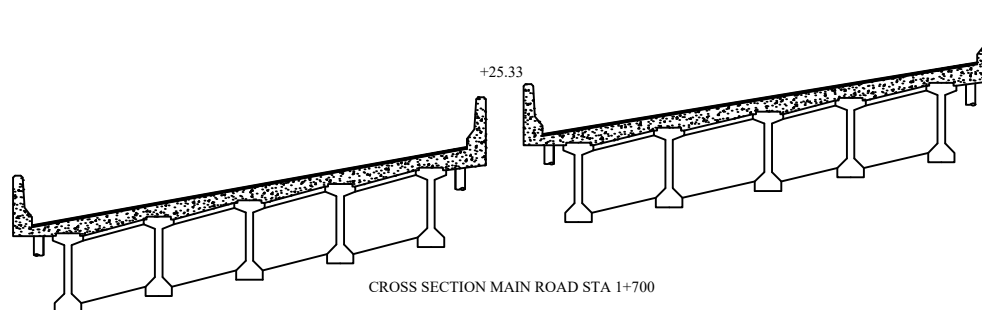
CROSS SECTION

NO. GAMBAR	SKALA	JUMLAH GAMBAR
------------	-------	---------------

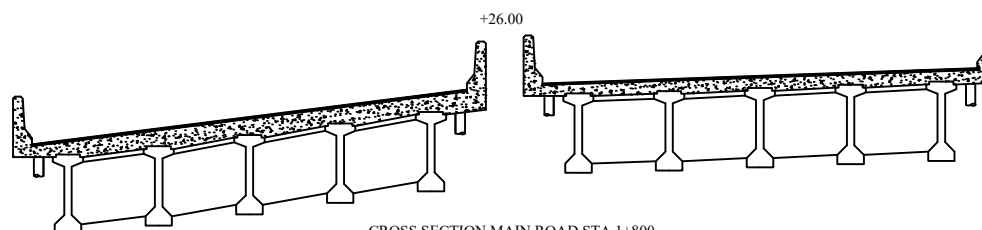
16	1:200	24
----	-------	----



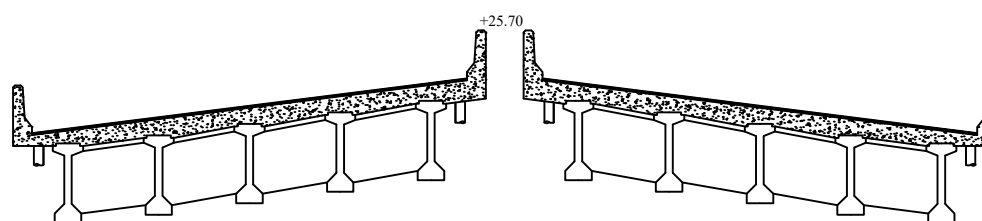
CROSS SECTION MAIN ROAD STA 1+600



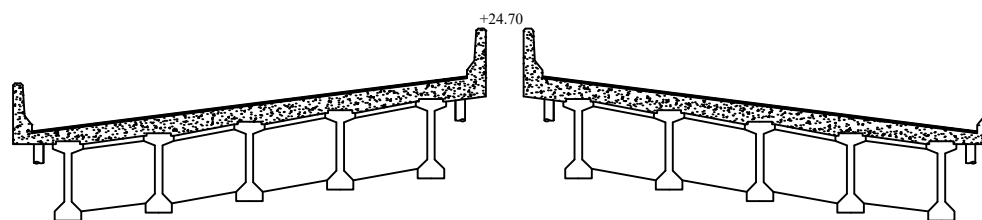
CROSS SECTION MAIN ROAD STA 1+700



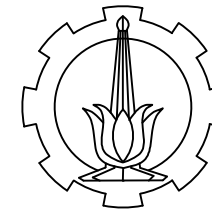
CROSS SECTION MAIN ROAD STA 1+800



CROSS SECTION MAIN ROAD STA 1+900



CROSS SECTION MAIN ROAD STA 2+000



PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN
 JALAN TOL MEDAN-BINJAI SEKSI I
 MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU

DOSEN PEMBIMBING I

IR. WAHJU HERIJANTO, MT.

DOSEN PEMBIMBING II

CAHYA BUANA, ST., MT.

MAHASISWA

INTANIUS JEKA SAPUTRA M

NRP

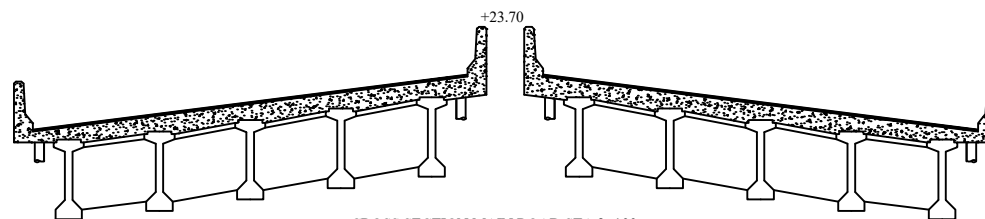
0311154000060

JUDUL GAMBAR

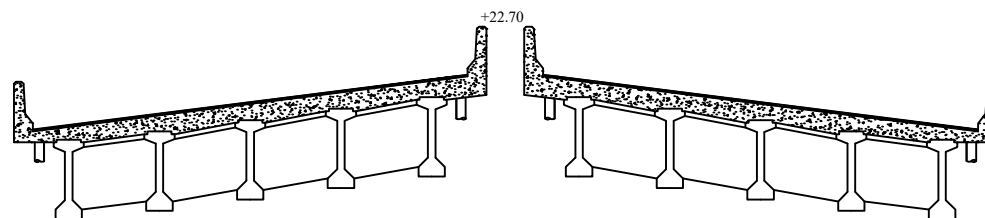
CROSS SECTION

NO. GAMBAR	SKALA	JUMLAH GAMBAR
------------	-------	---------------

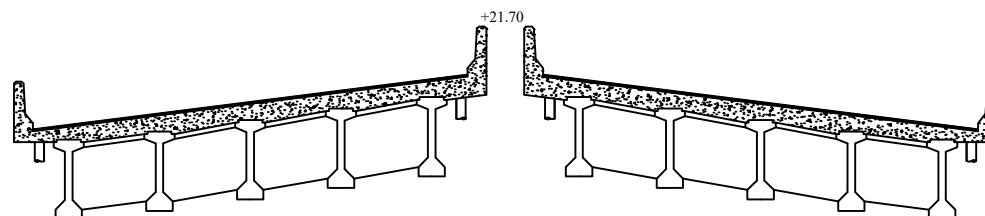
17	1:200	24
----	-------	----



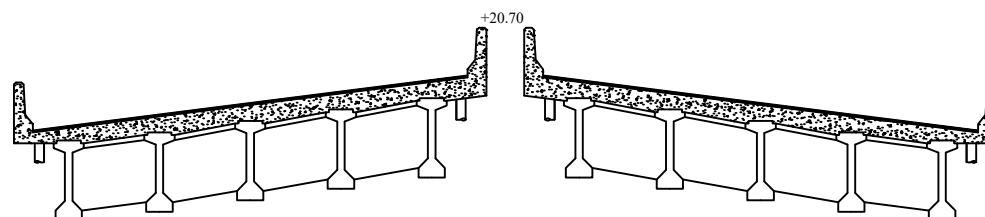
CROSS SECTION MAIN ROAD STA 2+100



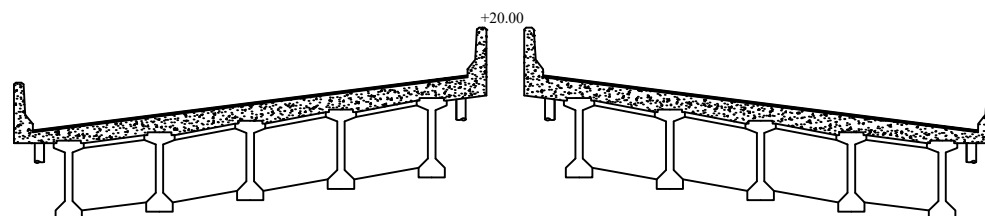
CROSS SECTION MAIN ROAD STA 2+200



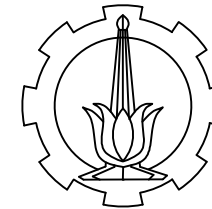
CROSS SECTION MAIN ROAD STA 2+300



CROSS SECTION MAIN ROAD STA 2+400



CROSS SECTION MAIN ROAD STA 2+500



PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN
 JALAN TOL MEDAN-BINJAI SEKSI I
 MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU

DOSEN PEMBIMBING I

IR. WAHJU HERIJANTO, MT.

DOSEN PEMBIMBING II

CAHYA BUANA, ST., MT.

MAHASISWA

INTANIUS JEKA SAPUTRA M

NRP

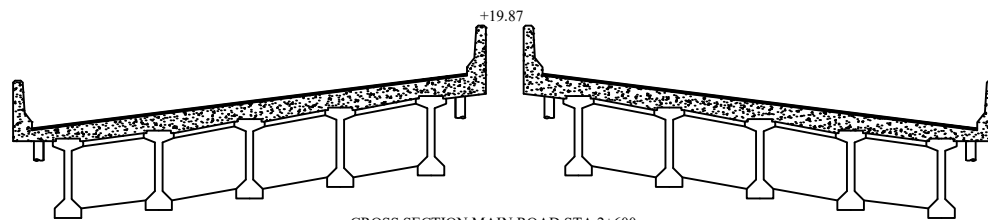
0311154000060

JUDUL GAMBAR

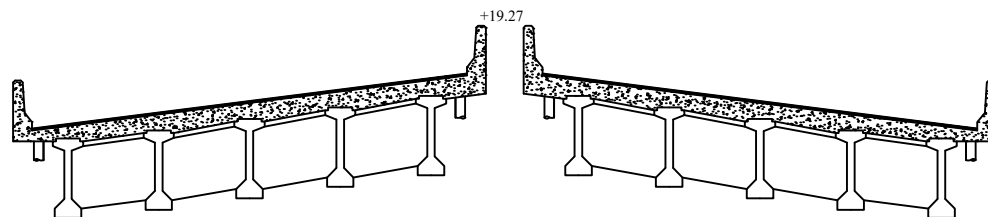
CROSS SECTION

NO. GAMBAR	SKALA	JUMLAH GAMBAR
------------	-------	---------------

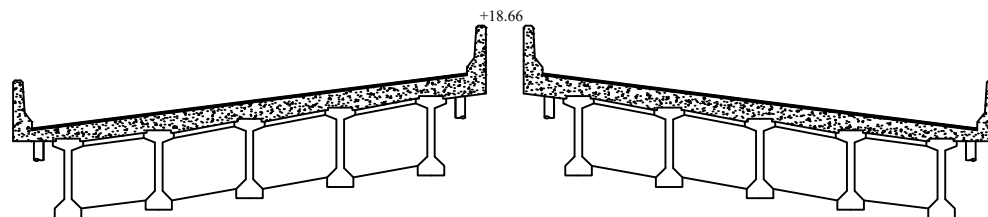
18	1:200	24
----	-------	----



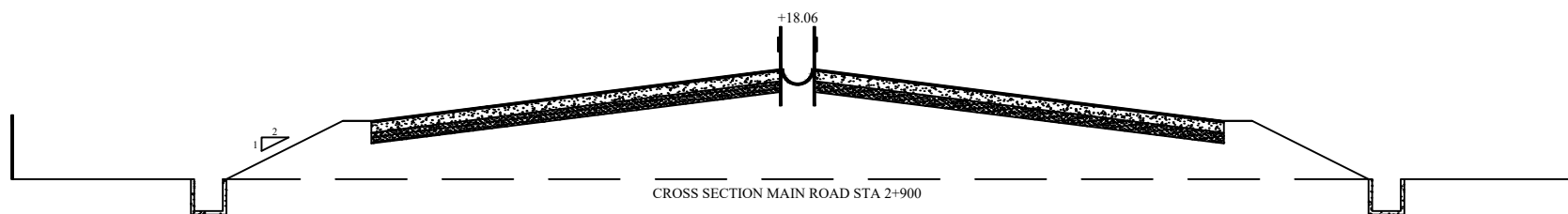
CROSS SECTION MAIN ROAD STA 2+600



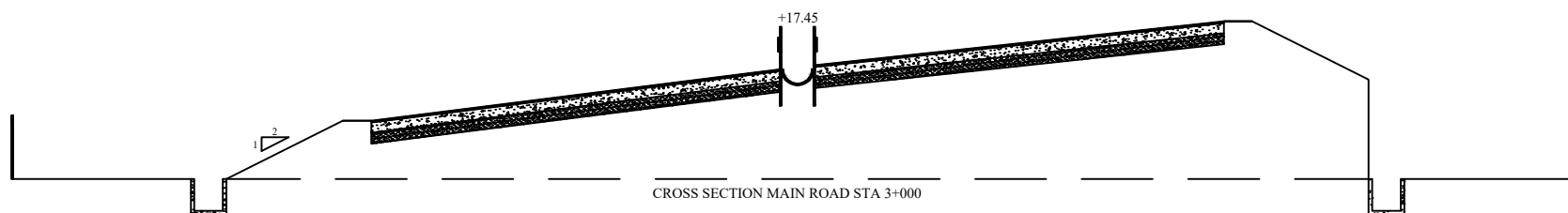
CROSS SECTION MAIN ROAD STA 2+700



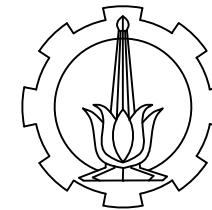
CROSS SECTION MAIN ROAD STA 2+800



CROSS SECTION MAIN ROAD STA 2+900



CROSS SECTION MAIN ROAD STA 3+000



PROGRAM S-1
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN
JALAN TOL MEDAN-BINJAI SEKSI I
MENGUNAKAN PERKERASAN KAKU

DOSEN PEMBIMBING I

IR. WAHJU HERIJANTO, MT.

DOSEN PEMBIMBING II

CAHYA BUANA, ST., MT.

MAHASISWA

INTANIUS JEKA SAPUTRA M

NRP

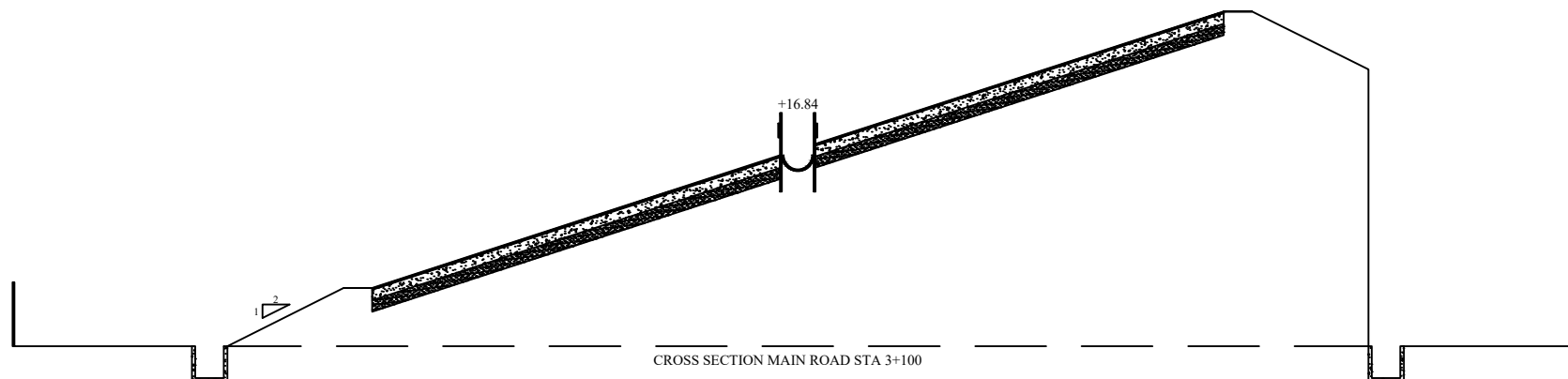
0311154000060

JUDUL GAMBAR

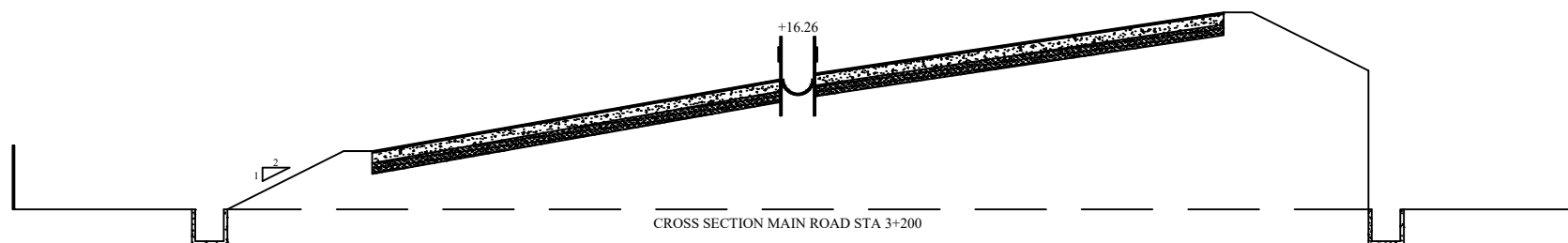
CROSS SECTION

NO. GAMBAR	SKALA	JUMLAH GAMBAR
------------	-------	---------------

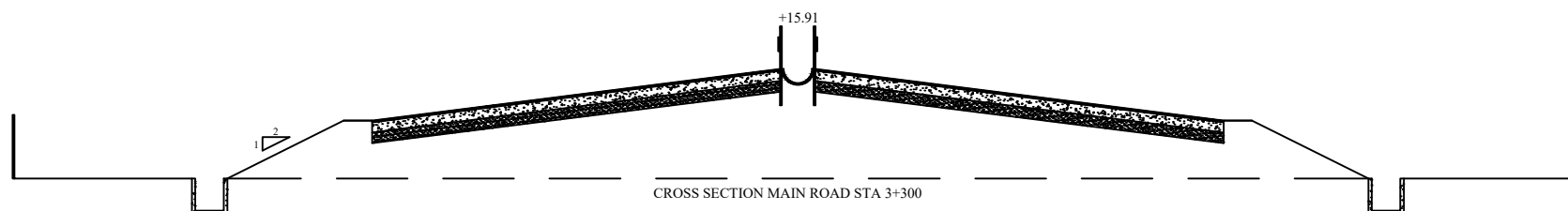
19	1:200	24
----	-------	----



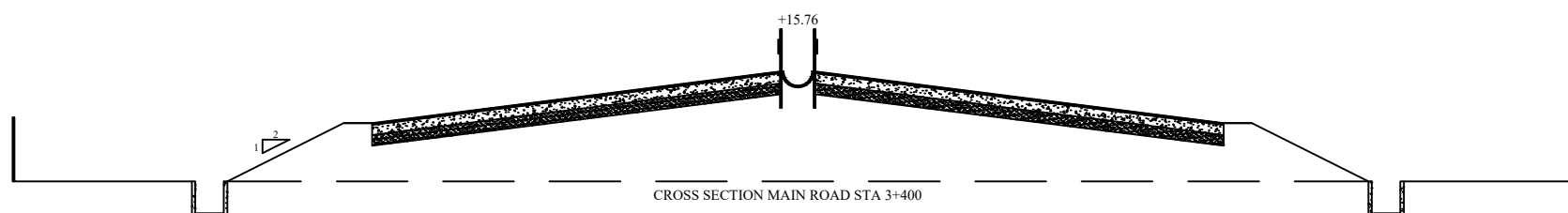
CROSS SECTION MAIN ROAD STA 3+100



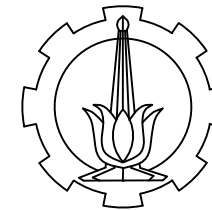
CROSS SECTION MAIN ROAD STA 3+200



CROSS SECTION MAIN ROAD STA 3+300



CROSS SECTION MAIN ROAD STA 3+400



PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN
 JALAN TOL MEDAN-BINJAI SEKSI I
 MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU

DOSEN PEMBIMBING I

IR. WAHJU HERIJANTO, MT.

DOSEN PEMBIMBING II

CAHYA BUANA, ST., MT.

MAHASISWA

INTANIUS JEKA SAPUTRA M

NRP

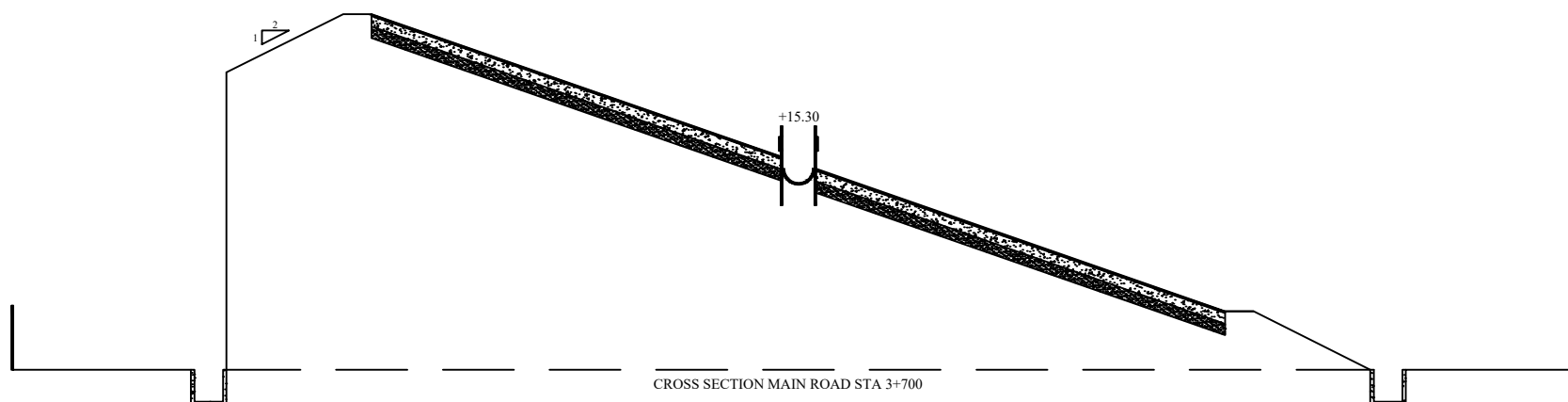
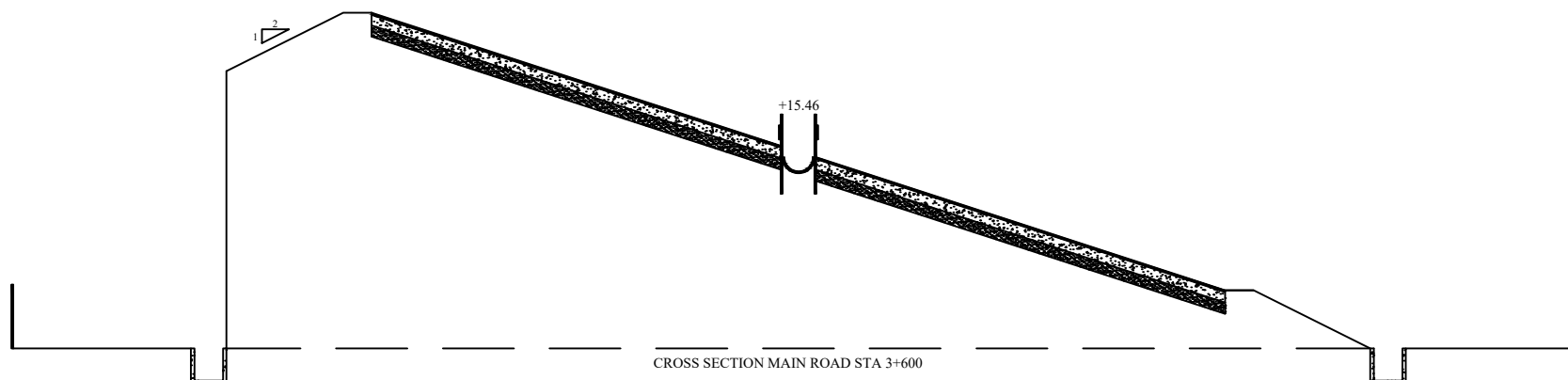
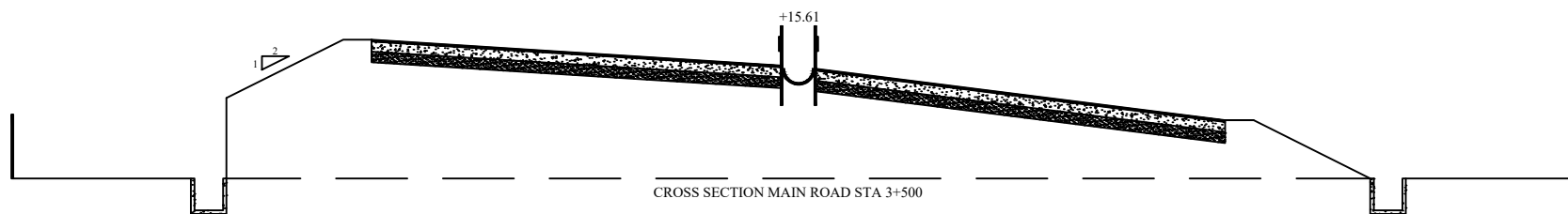
0311154000060

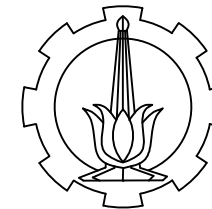
JUDUL GAMBAR

CROSS SECTION

NO. GAMBAR	SKALA	JUMLAH GAMBAR
------------	-------	---------------

20	1:200	24
----	-------	----





PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN
 JALAN TOL MEDAN-BINJAI SEKSI I
 MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU

DOSEN PEMBIMBING I

IR. WAHJU HERIJANTO, MT.

DOSEN PEMBIMBING II

CAHYA BUANA, ST., MT.

MAHASISWA

INTANIUS JEKA SAPUTRA M

NRP

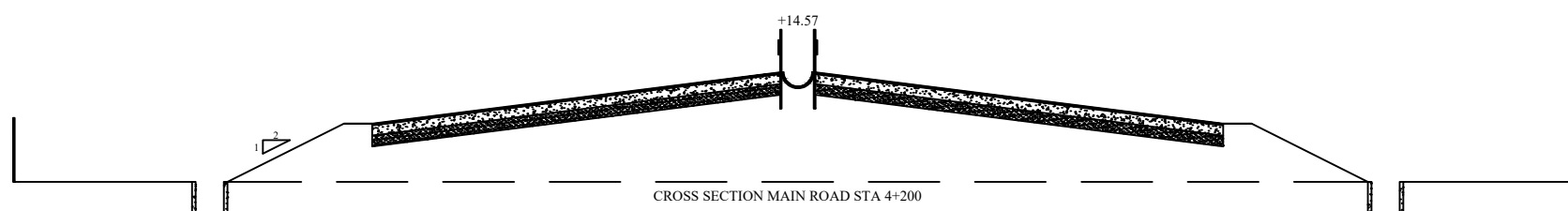
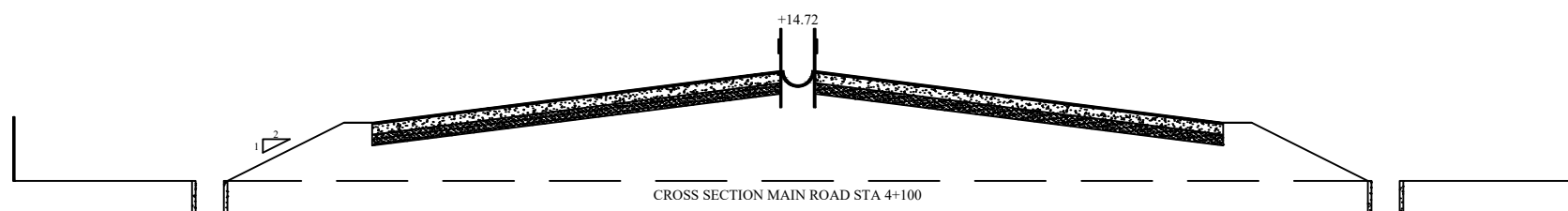
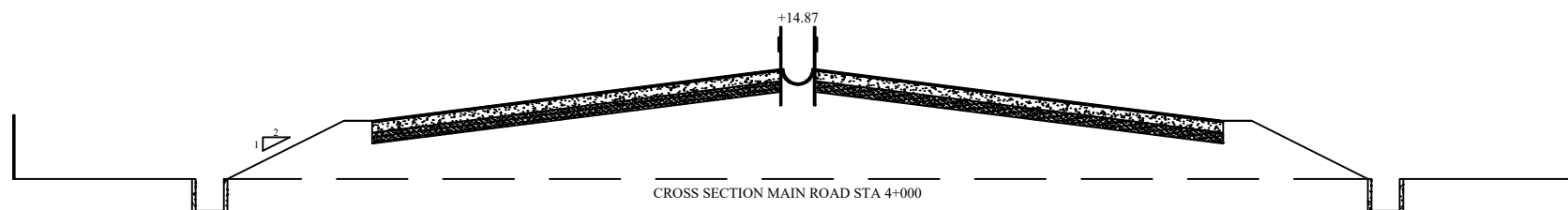
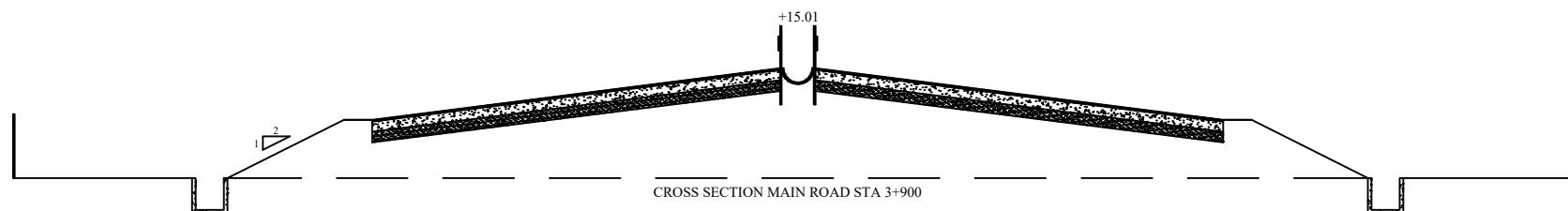
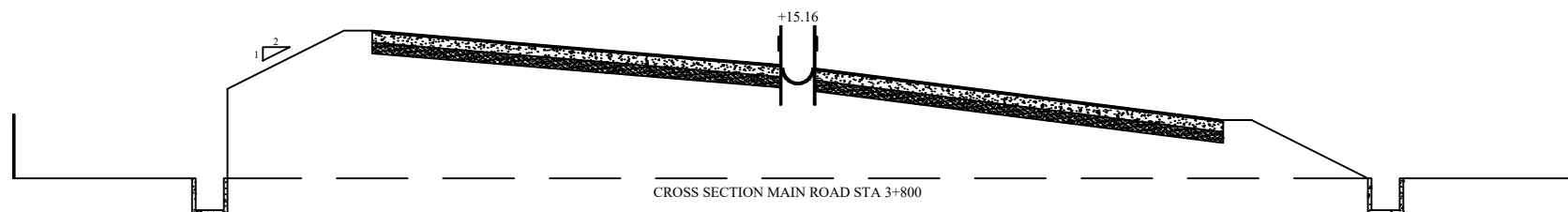
0311154000060

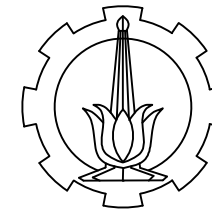
JUDUL GAMBAR

CROSS SECTION

NO. GAMBAR	SKALA	JUMLAH GAMBAR
------------	-------	---------------

21	1:200	24
----	-------	----





PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN
 JALAN TOL MEDAN-BINJAI SEKSI I
 MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU

DOSEN PEMBIMBING I

IR. WAHJU HERIJANTO, MT.

DOSEN PEMBIMBING II

CAHYA BUANA, ST., MT.

MAHASISWA

INTANIUS JEKA SAPUTRA M

NRP

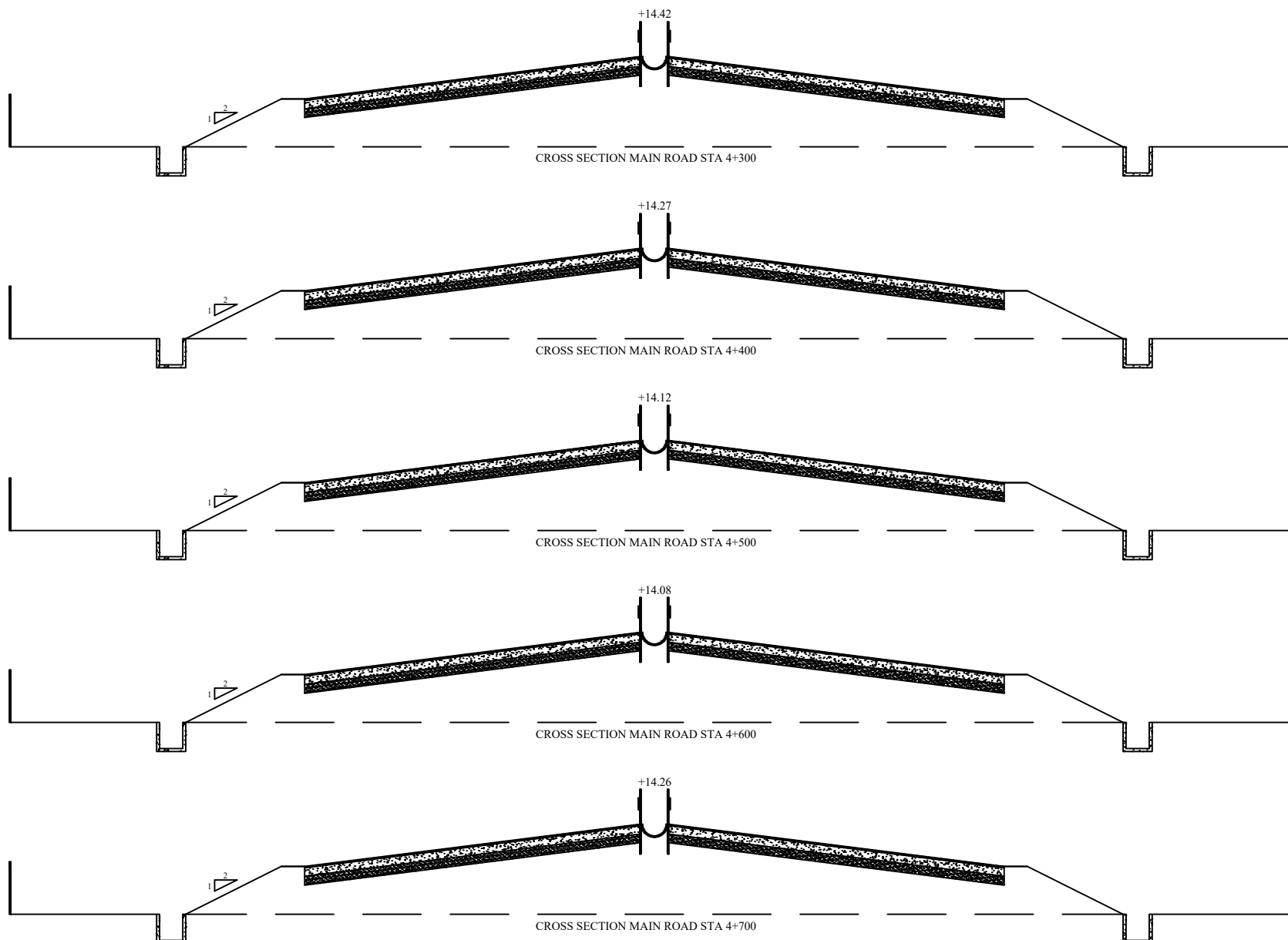
0311154000060

JUDUL GAMBAR

CROSS SECTION

NO. GAMBAR	SKALA	JUMLAH GAMBAR
------------	-------	---------------

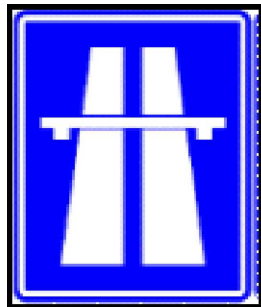
22	1:200	24
----	-------	----





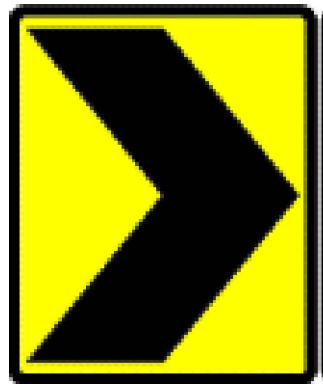
600

500



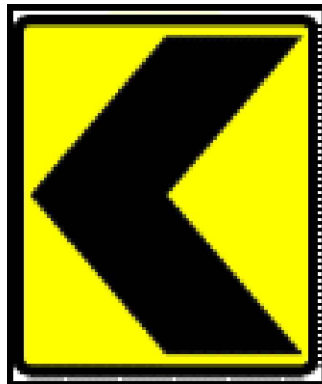
600

500



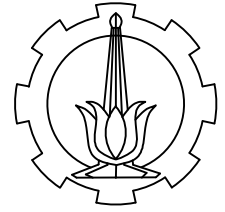
750

600



750

600



PROGRAM S-1
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN
JALAN TOL MEDAN-BINJAI SEKSI I
MENGUNAKAN PERKERASAN KAKU

DOSEN PEMBIMBING I

IR. WAHJU HERIJANTO, MT.

DOSEN PEMBIMBING II

CAHYA BUANA, ST., MT.

MAHASISWA

INTANIUS JEKA SAPUTRA M

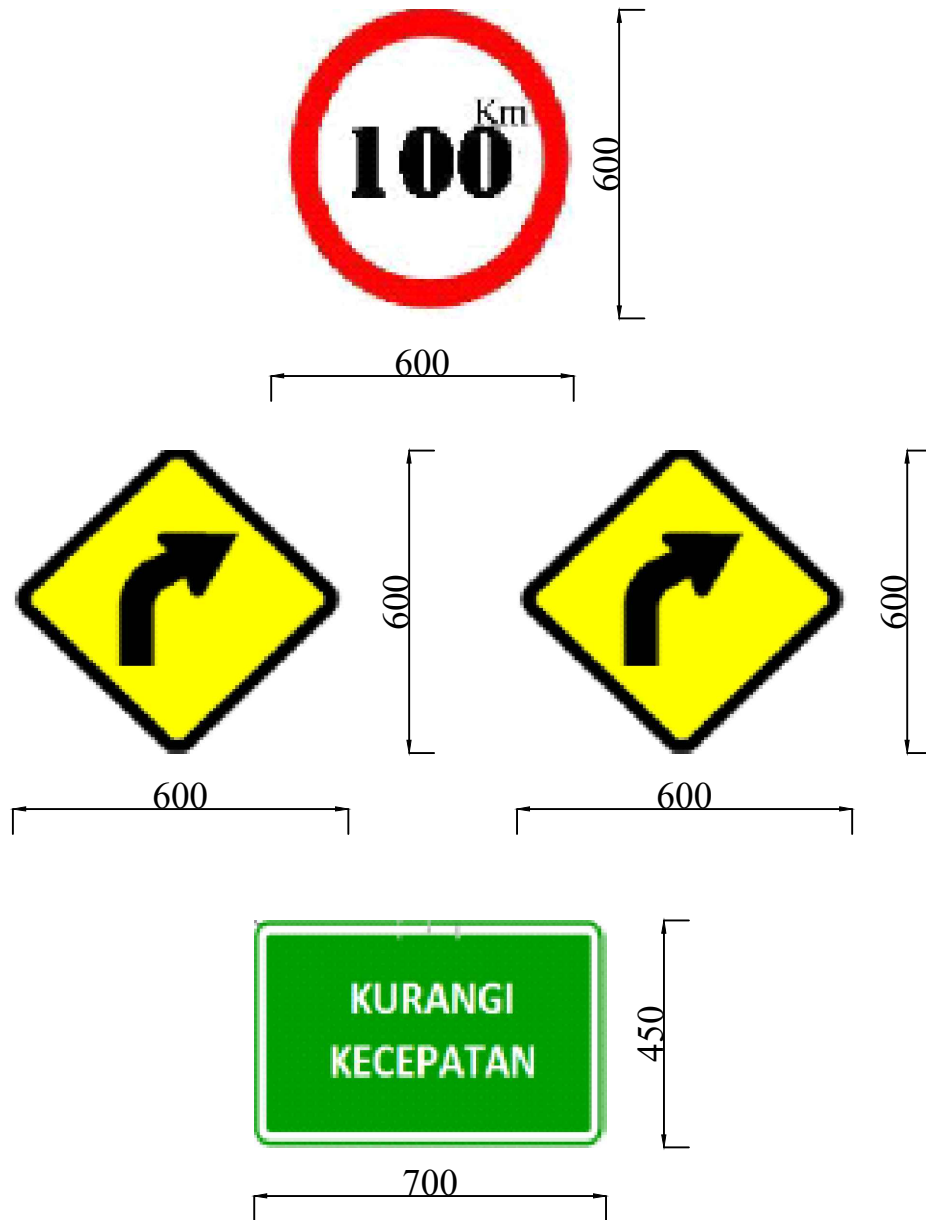
NRP

0311154000060

JUDUL GAMBAR

DETAIL RAMBU

NO. GAMBAR	SKALA	JUMLAH GAMBAR
23	1:15	24



PROGRAM S-1
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN
 JALAN TOL MEDAN-BINJAI SEKSI I
 MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU

DOSEN PEMBIMBING I

IR. WAHJU HERIJANTO, MT.

DOSEN PEMBIMBING II

CAHYA BUANA, ST., MT.

MAHASISWA

INTANIUS JEKA SAPUTRA M

NRP

03111540000060

JUDUL GAMBAR

DETAIL RAMBU

NO. GAMBAR	SKALA	JUMLAH GAMBAR
24	1:15	24

BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Intanius Jeka Saputra Mamman, lahir di Kotabaru, Kalimantan Selatan pada tanggal 7 Maret 1998. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Dian Nawa Pertiwi pada tahun 2004 di Kotabaru, SDN 2 Tamiang pada tahun 2010 di Kotabaru, SMPN 2 Kelumpang Tengah pada tahun 2013 di Kotabaru, SMAN 7 Banjarmasin pada tahun 2015 di Banjarmasin, penulis melanjutkan pendidikan program sarjana (S1) di Institut Teknologi sepuluh Nopember (ITS) dan diterima di Jurusan Teknik Sipil pada tahun 2015 melalui jalur SNMPTN dan terdaftar dengan NRP 03111540000060.

Selama dalam masa perkuliahan, penulis aktif dalam bidang organisasi kemahasiswaan. Pada tahun pertama, Penulis aktif di UKM Robotika. Pada tahun kedua, Penulis pernah menjadi staf di Divisi CITRA HMS FTSP ITS dan di Civil Expo ITS. Pada tahun ketiga, Penulis menjadi Ketua Divisi CITRA HMS FTSP ITS. Pada tahun keempat, Penulis fokus pada pengerjaan Tugas Akhir bidang Perhubungan dengan judul Tugas Akhir “Perencanaan Geometrik dan Perkerasan Jalan Tol Medan-Binjai Seksi I Menggunakan Perkerasan Kaku”. Jika pembaca ingin berdiskusi dengan penulis dapat menghubungi melalui email: intaniusmamman@gmail.com