



TUGAS AKHIR – RC18-4803

**PERENCANAAN ULANG GEOMETRIK  
*INTERCHANGE* WARU  
RAMP MOJOKERTO-SIDOARJO**

ALYSSA DEWIPUTRI HERDIANA  
NRP. 031115 40000 091

Dosen Pembimbing  
Ir. Wahyu Herijanto, MT.

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



TUGAS AKHIR – RC18-4803

**PERENCANAAN ULANG GEOMETRIK  
*INTERCHANGE* WARU  
*RAMP* MOJOKERTO-SIDOARJO**

ALYSSA DEWIPUTRI HERDIANA  
NRP. 031115 40000 091

Dosen Pembimbing  
Ir. Wahyu Herijanto, MT.

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



FINAL REPORT – RC18-4803

**GEOMETRIC RE-DESIGN  
OF MOJOKERTO-SIDOARJO RAMP  
AT WARU INTERCHANGE**

ALYSSA DEWIPUTRI HERDIANA  
NRP. 031115 40000 091

Supervisor  
Ir. Wahyu Herijanto, MT.

DEPARTMENT CIVIL ENGINEERING  
Faculty of Civil Engineering, Environmental, and Geo Engineering  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2019

**PERENCANAAN ULANG GEOMETRIK  
INTERCHANGE WARU  
RAMP MOJOKERTO – SIDOARJO**

**TUGAS AKHIR**

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

Oleh:

**ALYSSA DEWIPUTRI HERDIANA**  
NRP. 0311154000091

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir

1. Ir. Wahyu Herijanto, MT



**SURABAYA, JANUARI 2019**

*"Halaman ini sengaja dikosongkan"*

**PERENCANAAN ULANG GEOMETRIK  
INTERCHANGE WARU  
RAMP MOJOKERTO – SIDOARJO**

**Nama Mahasiswa** : Alyssa Dewiputri Herdiana  
**NRP** : 0311154000091  
**Departemen** : Teknik Sipil FTSLK – ITS  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Wahyu Herijanto, MT.

**ABSTRAK**

*Mojokerto dan Sidoarjo merupakan dua kabupaten yang tergabung dalam sebuah kawasan metropolitan di Provinsi Jawa Timur, yaitu Gerbangkertosusila (Gresik-Bangkalan-Mojokerto-Surabaya-Sidoarjo-Lamongan) yang bertujuan untuk mewujudkan pemerataan pembangunan antar daerah. Untuk mewujudkan tujuan tersebut diperlukan jalan tol yang dilengkapi akses keluar-masuk yang memadai dan tidak menyulitkan para pengendara. Dalam tugas akhir ini penulis mencoba merencanakan ulang interchange yang menghubungkan Mojokerto dan Sidoarjo di kawasan Waru yang sebelumnya pada akhir interchange dinilai berpotensi menyebabkan konflik lalu lintas atau weaving conflict karena pendeknya jarak dari ramp satu ke ramp yang lainnya. Perencanaan ulang ini meliputi desain geometri interchange dan ramp yang baru sehingga diharapkan akan mengurangi weaving conflict dan mengurangi potensi kemacetan yang mungkin terjadi.*

*Dalam prosesnya, metodologi yang digunakan adalah dengan menganalisis pemilihan alternatif ramp dengan menggunakan metode Analytic Hierarchy Process kemudian merencanakan desain geometrik interchange dan ramp menggunakan Peraturan Bina Marga No.007/BM/2009. Perencanaan marka dan rambu lalu lintas berdasarkan Peraturan Menteri No. 13 tahun 2014 dan No. 34 tahun 2014.*

*Dari hasil perencanaan geometrik yang dilakukan, dihasilkan 5 tikungan, yaitu 4 tikungan tipe S-C-S dan satu tikungan tipe S-S dengan jari-jari sebesar 200 m dan panjang lengkung peralihan sebesar 25,397 m. Sedangkan untuk perencanaan ramp dihasilkan ramp on dengan jari-jari sebesar 400 m tipe parallel dan ramp off dengan jari-jari sebesar 250 m tipe parallel. Rambu lalu lintas direncanakan terdapat 15 buah dan 3 macam marka.*

***Kata kunci : Simpangsusun, Jalan Akses, Tol Surabaya-Mojokerto, Tol Surabaya-Porong***

# GEOMETRIC RE-DESIGN OF MOJOKERTO-SIDOARJO AT WARU INTERCHANGE

**Student's Name** : Alyssa Dewiputri Herdiana  
**NRP** : 0311154000091  
**Departement** : Civil Engineering FTSLK – ITS  
**Supervisor** : Ir. Wahyu Herijanto, MT.

## ABSTRACT

*Mojokerto and Sidoarjo are two districts incorporated in a metropolitan area in East Java Province, namely Gerbangkertosusila (Gresik-Bangkalan-Mojokerto-Surabaya-Sidoarjo-Lamongan) which aims to create equitable development between regions. To realize these objectives, toll roads are needed, which are equipped with adequate in and out access and do not make it difficult for drivers. In this final assignment, the writer tries to re-plan the interchange that connects Mojokerto and Sidoarjo in the Waru region, which at the end of the interchange was considered to have the potential to cause weaving conflict due to the short distance from ramp to the other ramp. This re-planning includes the design of the new interchange and ramp geometry so that it is expected to reduce weaving conflict and reduce potential congestion that may occur.*

*In the process, the methodology used is by analyzing the choice of ramp alternatives using the Analytic Hierarchy Process method and then planning the geometric interchange and ramp designs based on Bina Marga Regulation No. 007/BM/2009. Planning of traffic mark and signs based on Ministerial Regulation no. 13 in 2014 and no. 34 in 2014.*

*From the results of the geometric planning carried out, 5 bends were produced, namely 4 S-C-S type bends and one*



*S-S type bend with a radius of 200 m and a transition arch length of 25,397 m. While for planning the ramp, it will be ramped with radius of 400 m parallel type and ramp off with radius of 250 m parallel type. Traffic signs are planned to have 15 pieces and 3 kinds of markers.*

***Keywords : Interchange, Access Road, Surabaya-Mojokerto Toll Road, Surabaya-Porong Toll Road***

## **KATA PENGANTAR**

Segala puji kehadiran Allah SWT, atas rahmat dan hidayah serta karunia-Nya yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini tepat pada waktunya.

Pada kesempatan ini pula penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah mendukung dan membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini, antara lain:

1. Orang Tua dan keluarga yang selalu mendukung dan mendoakan penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.
2. Bapak Ir. Wahyu Herijanto, MT. selaku dosen pembimbing yang selalu sabar dan ikhlas dalam memberikan bimbingannya dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA selaku dosen wali yang senantiasa memberikan nasihat dan arahan selama masa perkuliahan di Teknik Sipil ITS.
4. Semua teman-teman angkatan 2015 ( S-58 ) yang telah berjuang bersama-sama dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Semua teman-teman anggota HMS FTSP ITS yang selalu memberi dukungan dan doa dalam menyelesaikan proposal tugas akhir ini.

Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Kritik dan saran sangat diharapkan, agar penulis dapat belajar lebih baik lagi demi kemajuan kita bersama.

**Surabaya, Januari 2019**

**Penulis**

## **LEMBAR TERIMA KASIH**

Keluarga besar Soegiyanto-Sawarno atas semua doa dan dukungannya untuk kelancaran tugas akhir ini.

Sahabat-sahabat terbaik saya : Anin, Lunar, Dea, Hanny, Deby, dan Vindy yang selalu ada dan mendengarkan segala keluh kesah

Teman-teman terbaik yang selalu memberikan dukungan dan tidak bosan menemani selama pengerjaan tugas akhir ini : Yasa, Nanda, Fauzan Muqram, Fauzan Bariza, Ahada, Ganggas, Galih, Wafi dan lainnya

Teman diskusi yang selalu sabar menjawab pertanyaan seputar tugas akhir : Fawwaz, Mas Arnold a.k.a Nolek, dan Mas Ari Amjad

Keluarga Departemen Dalam Negeri : Nanda, Mas Syatrio, Mba Ocy, Mas Rae, Mba Rama, Mas Fikri, Mas Ivan, Fauzan Bariza, Opi, Alfi, Oka, Bilah, Bagos, Maul, Bayu, Faiz, Ermitha, Dini yang telah mendukung dan ikut andil dalam pembentukan karakter dan pola pikir selama masa perkuliahan

Dan semua teman-teman angkatan 2015 (S-58) yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Maksud dan Tujuan.....	3
1.5 Lokasi Tinjauan.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Umum.....	5
2.2 Analytic Hierarchy Process.....	5
2.3 Perencanaan Geometrik Jalan Bebas Hambatan.....	8
2.4 Perencanaan Interchange.....	42
2.5 Perencanaan Ramp.....	48
2.6 Lajur Percepatan dan Lajur Perlambatan.....	51
2.7 Taper.....	53
2.8 Fasilitas Perlengkapan Jalan.....	53
<b>BAB III METODOLOGI.....</b>	<b>63</b>
3.1 Umum.....	63
3.2 Uraian Kegiatan.....	63
<b>BAB IV DATA DAN ANALISIS DATA.....</b>	<b>65</b>
4.1 Umum.....	65
4.2 Data Peningkatan Jumlah Kendaraan.....	65
4.3 Data Lalu Lintas.....	66

4.4	DED Interchange Eksisting .....	67
<b>BAB V ALTERNATIF DAN PEMILIHAN TRASE .....</b>		<b>69</b>
5.1	Alternatif Trase.....	69
5.2	Pemilihan Trase .....	70
<b>BAB VI PERENCANAAN GEOMETRIK .....</b>		<b>75</b>
6.1	Dasar Perencanaan Geometrik.....	75
6.2	Kriteria Desain Perencanaan Jalan Tol.....	75
6.3	Perencanaan Interchange .....	76
<b>BAB VII PERENCANAAN FASILITAS JALAN.....</b>		<b>105</b>
7.1	Perencanaan Rambu.....	109
7.2	Perencanaan Marka.....	109
<b>BAB VIII KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>113</b>
8.1	Kesimpulan .....	113
8.2	Saran .....	113
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>115</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>		<b>117</b>
<b>BIODATA PENULIS .....</b>		<b>119</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Lokasi <i>weaving conflict</i> .....	2
Gambar 1.2	Lokasi <i>interchange</i> .....	4
Gambar 2.1	Tipikal Rumaja, Rumija, Ruwasja Jalan Bebas Hambatan untuk Jalan Tol.....	14
Gambar 2.2	Tipikal Potongan Melintang Jalan Bebas Hambatan untuk Jalan Tol di Atas Tanah ( <i>at grade</i> ).....	14
Gambar 2.3	Tipikal Potongan Melintang Jalan Bebas Hambatan untuk Jalan Tol ( <i>elevated</i> ).....	15
Gambar 2.4	Kemiringan Melintang 2 Arah pada Tiap Jalur .	17
Gambar 2.5	Kemiringan Melintang 1 Arah pada Tiap Jalur .	17
Gambar 2.6	Jarak Pandang Henti pada Lengkung Vertikal Cembung.....	18
Gambar 2.7	Jarak Pandang Henti pada Lengkung Vertikal Cekung.....	18
Gambar 2.8	Diagram Ilustrasi Daerah Bebas Samping di Tikungan untuk $Ss < Lc$ .....	21
Gambar 2.9	Diagram Ilustrasi Daerah Bebas Samping di Tikungan untuk $Ss > Lc$ .....	22
Gambar 2.10	Jarak Bebas (M) Berdasarkan Jarak Pandang Henti pada Tikungan .....	22
Gambar 2.11	Bentuk Lengkung <i>Full Circle</i> .....	26
Gambar 2.12.	Bentuk Lengkung <i>Spiral-Circle-Spiral</i> .....	26
Gambar 2.13.	Bentuk Lengkung <i>Spiral-Spiral</i> .....	27
Gambar 2.14.	Pergeseran Lintasan pada Tikungan Menggunakan Lengkung Peralihan .....	32
Gambar 2.15.	Metoda Pencapaian Superelevasi pada Tikungan.....	34

Gambar 2.16.	Pencapaian Superelevasi pada Tikungan Tipe <i>S-C-S</i> .....	35
Gambar 2.17.	Pencapaian Superelevasi pada Tikungan Tipe <i>FC</i> .....	35
Gambar 2.18.	Pencapaian Superelevasi pada Tikungan Tipe <i>S-S</i> .....	36
Gambar 2.19.	Tikungan Berurutan Searah yang Harus Dihindarkan .....	37
Gambar 2.20.	Tikungan Berurutan Searah dengan Sisipan Bagian Lurus Minimum.....	38
Gambar 2.21.	Tikungan Berurutan Balik Arah yang Harus Dihindarkan .....	38
Gambar 2.22.	Lengkung Vertikal Cembung dan Lengkung Vertikal Cekung.....	39
Gambar 2.23.	Jarak Pandang Henti Lebih Kecil dan Panjang Lengkung Vertikal Cembung.....	41
Gambar 2.24.	Jarak Pandang Henti Lebih Besar dan Panjang Lengkung Vertikal Cembung.....	41
Gambar 2.25.	Standar Tipe Persimpangan/Simpangsusun .....	43
Gambar 2.26.	Ilustrasi jarak <i>nose ramp</i> pada <i>on ramp</i> – <i>on ramp</i> dan <i>off ramp</i> - <i>off ramp</i> .....	44
Gambar 2.27.	Ilustrasi jarak <i>nose ramp</i> pada <i>on ramp</i> – <i>off ramp</i> .....	44
Gambar 2.28.	Ilustrasi jarak <i>nose ramp</i> pada <i>off ramp</i> – <i>on ramp</i> .....	44
Gambar 2.29.	Tipikal Potongan Melintang pada <i>Ramp</i> .....	47
Gambar 2.30.	Jalur Penghubung Langsung.....	48
Gambar 2.31.	Jalur Penghubung Setengah Langsung .....	48
Gambar 2.32.	Jalur Penghubung Tidak Langsung.....	49
Gambar 2.33.	<i>Ramp</i> dengan Menggunakan 1 (satu) Radius Tikungan .....	50

Gambar 2.34.	<i>Ramp</i> dengan Menggunakan 2 (dua) Radius Tikungan.....	50
Gambar 2.35.	<i>Ramp</i> dengan Menggunakan 3 (tiga) Radius Tikungan.....	51
Gambar 2.36.	Lajur Perlambatan Tipe <i>Taper</i> .....	51
Gambar 2.37.	Lajur Percepatan Tipe <i>Taper</i> .....	51
Gambar 2.38.	Lajur Perlambatan Tipe Paralel.....	52
Gambar 2.39.	Lajur Percepatan Tipe Paralel.....	52
Gambar 2.40.	Marka Membujur Garis Utuh.....	54
Gambar 2.41.	Marka Membujur Garis Putus-Putus.....	55
Gambar 2.42.	Marka Membujur Garis Ganda Utuh dan Putus-Putus.....	56
Gambar 2.43.	Marka Melintang Garis Utuh.....	56
Gambar 2.44.	Marka Melintang Garis Putus-Putus.....	57
Gambar 2.45.	Marka Serong.....	58
Gambar 2.46.	Marka Lambang Arah Panah.....	59
Gambar 2.47.	Ukuran Huruf dan Angka Marka Lambang.....	59
Gambar 2.48.	Contoh Rambu Peringatan.....	60
Gambar 2.49.	Contoh Rambu Larangan.....	60
Gambar 2.50.	Contoh Rambu Perintah.....	61
Gambar 2.51.	Contoh Rambu Petunjuk.....	62
Gambar 3.1.	Titik Pengambilan Data LHR.....	65
Gambar 3.2.	Diagram Alir.....	67
Gambar 5.1.	Alternatif Pemilihan Trase.....	73



*"Halaman ini sengaja dikosongkan"*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Skala Matrik Perbandingan Berpasangan .....	6
Tabel 2.2.	Random Consistency Index .....	7
Tabel 2.3.	Dimensi Kendaraan Rencana.....	8
Tabel 2.4.	Ekivalen Mobil Penumpang (emp).....	9
Tabel 2.5.	Kecepatan Rencana, $V_R$ .....	10
Tabel 2.6.	Dimensi RUang Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol .....	13
Tabel 2.7.	Penentuan Lebar Lajur dan Bahu Jalan .....	16
Tabel 2.8.	Jarak Pandang Henti (Ss) Minimum.....	19
Tabel 2.9.	Jarak Pandang Henti (Ss) Minimum dengan Kelandaian .....	20
Tabel 2.10.	Daerah Bebas Samping di Tikungan dengan $S_s < L_c$ .....	23
Tabel 2.11.	Daerah Bebas Samping di Tikungan dengan $S_s > L_c$ , dimana $S_s - L_c = 25$ m.....	24
Tabel 2.12.	Panjang Bagian Lurus Maksimum.....	25
Tabel 2.13.	Panjang Tikungan Minimum .....	28
Tabel 2.14.	Superelevasi Maksimum Berdasarkan Tata Guna Lahan dan Iklim.....	29
Tabel 2.15.	Koefisien Gesek Maksimum Berdasarkan $V_R$ ...	29
Tabel 2.16.	Tingkat Perubahan Kelandaian Melintang Maksimum .....	31
Tabel 2.17.	Kelandaian Maksimum.....	39
Tabel 2.18.	Panjang Landai Kritis .....	40
Tabel 2.19.	Kecepatan Rencana <i>Ramp</i> pada Simpangsusun Sistem .....	45
Tabel 2.20.	Kecepatan Rencana <i>Ramp</i> pada Simpangsusun Pelayangan.....	46

Tabel 2.21.	Lebar Bahu Luar dan Bahu Dalam <i>Ramp</i> Antarkota .....	47
Tabel 2.22.	Radius Tikungan Minimum untuk <i>Ramp</i> .....	49
Tabel 2.23.	Panjang Minimum Lengkung Lingkaran di <i>Ramp</i> .....	50
Tabel 2.24.	Panjang Lajur Percepatan Minimum .....	52
Tabel 2.25.	Panjang Lajur Perlambatan Minimum .....	52
Tabel 2.26.	Panjang <i>Taper</i> Lajur Tunggal .....	53
Tabel 2.27.	Marka Membujur Garis Putus-Putus .....	55
Tabel 4.1.	Pertumbuhan Kendaraan Berdasarkan Tipenya Tahun 2009-2015 .....	69
Tabel 4.2.	Presentase Pertumbuhan Kendaraan Berdasarkan Tipenya Tahun 2009-2015 .....	70
Tabel 4.3.	Volume Lalu Lintas selama 10 Tahun.....	71
Tabel 5.1.	Pembobotan Kriteria .....	74
Tabel 5.2.	Peringkat Prioritas.....	75
Tabel 5.3.	Pembobotan Kriteria .....	75
Tabel 6.1.	Kriteria Desain Perencanaan.....	79
Tabel 6.2.	Perhitungan Sudut Tikungan .....	82
Tabel 6.3.	Perhitungan Jari-Jari Tikungan .....	86
Tabel 6.4.	Perhitungan Nilai Superelevasi.....	86
Tabel 6.5.	Perhitungan Tipe Lengkung.....	90
Tabel 6.6.	Perhitungan Parameter Lengkung.....	91
Tabel 6.7.	Perhitungan Stationing.....	93
Tabel 6.8.	Perhitungan Jarak Pandang Kendaraan.....	99
Tabel 6.9.	Perhitungan Panjang Lengkung Vertikal .....	100
Tabel 6.10.	Perhitungan Daerah Kebebasan Samping.....	103
Tabel 6.11.	Perhitungan Pelebaran pada Tikungan.....	106
Tabel 7.1	Rencana Rambu Lalu Lintas.....	110

# BAB I

## PENDAHULUAN

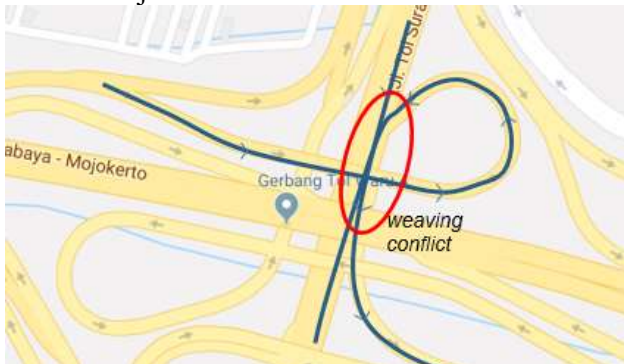
### 1.1. Latar Belakang

Mojokerto dan Sidoarjo merupakan dua kabupaten yang berada di sekitar Kota Surabaya yang telah memberikan kontribusi besar terhadap pertumbuhan dan pergerakan industri di Jawa Timur juga mendukung fungsi Kota Surabaya sebagai *hub* bagi aktivitas ekonomi dan sosial wilayah Indonesia bagian timur. Mojokerto dan Sidoarjo juga tergabung dalam sebuah kawasan metropolitan di Provinsi Jawa Timur, yaitu Gerbangkertosusila (Gresik-Bangkalan-Mojokerto-Surabaya-Sidoarjo-Lamongan) yang menurut Perda Provinsi Jawa Timur No. 4/1996 tentang RTRW Provinsi Jawa Timur dan Peraturan Pemerintah No. 47/1996 tentang RTRW Nasional, yang bertujuan untuk mewujudkan pemerataan pembangunan antar Daerah.

Pemerataan pembangunan antar daerah dapat dicapai dengan menjamin ketersediaan infrastruktur yang disesuaikan dengan kebutuhan antarwilayah, merujuk pada publikasi *World Development Report (World Bank, 1994)*, infrastruktur berperan penting dalam meningkatkan pertumbuhan ekonomi di mana pertumbuhan ekonomi yang lebih tinggi dijumpai pada wilayah dengan tingkat ketersediaan infrastruktur yang mencukupi. Infrastruktur dipandang sebagai modal memacu pertumbuhan ekonomi nasional. Pembangunan infrastruktur mampu menciptakan lapangan kerja dan memiliki *multiplier effect* kepada industrilokomotif pembangunan nasional dan daerah. Infrastruktur juga berpengaruh penting bagi peningkatan kualitas hidup dan kesejahteraan manusia, antara lain dalam peningkatan nilai konsumsi, peningkatan produktivitas tenaga kerja dan akses kepada lapangan kerja, serta peningkatan kemakmuran yang nyata. Pembangunan infrastruktur yang dilakukan secara masif dan menyebar di berbagai wilayah merupakan bentuk dari '*Regional Growth Strategy*', utamanya dalam mengatasi masalah pembangunan, yaitu kemiskinan dan kesenjangan, sekaligus

bentuk investasi dalam meningkatkan produktivitas dan daya saing.

Pembangunan jalan tol merupakan salah satu bentuk infrastruktur yang dibangun oleh pemerintah dalam rangka pemerataan pembangunan dengan memudahkan masyarakat untuk melakukan mobilitas barang dan jasa dengan baik dan cepat. Jalan tol juga disebut-sebut merupakan mega proyek pemerintah untuk mengurai kemacetan dan dapat menjadi salah satu sumber pemasukan kas negara. Pembangunan jalan tol harus direncanakan se-efektif mungkin sehingga tidak melupakan tujuan awalnya yaitu memperlancar lalu lintas tanpa adanya kemacetan. Pada salah satu jalan *interchange* di wilayah Waru pada Jalan Tol Surabaya-Mojokerto yang menghubungkan Kabupaten Mojokerto dan Kabupaten Sidoarjo ditemukan titik pintu masuk (*ramp on*) dan pintu keluar (*ramp off*) yang terlalu dekat sehingga dapat menyebabkan konflik lalu lintas (*weaving conflict*) seperti ditunjukkan pada lingkaran merah di Gambar 1.1. Oleh karena itu, dalam tugas akhir ini akan direncanakan ulang geometrik *interchange* yang menghubungkan Kabupaten Mojokerto dan Kabupaten Sidoarjo.



**Gambar 1.1. Lokasi *weaving conflict***  
(sumber: *Google Maps*, diakses 30 Agustus 2018)

## 1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas, penulis ingin meninjau segi teknis yaitu

1. Bagaimana menentukan jenis akses yang tepat dan sesuai dengan metode *Analytic Hierarchy Process*?
2. Bagaimana bentuk geometrik alinemen horizontal yang menjamin keselamatan dan sesuai dengan aturan yang berlaku di Indonesia?
3. Bagaimana bentuk geometrik alinemen vertikal yang menjamin keselamatan dan sesuai dengan aturan yang berlaku di Indonesia?
4. Fasilitas apa saja yang diperlukan pada *interchange* Waru ramp Mojokerto-Sidoarjo?

## 1.3. Batasan Masalah

Agar penulisan tugas akhir ini tidak terjadi penyimpangan dalam pembahasan masalah, maka perlu adanya batasan masalah sebagai berikut :

1. *Interchange* yang dievaluasi dalam perencanaan ini adalah *interchange* yang menghubungkan Kabupaten Mojokerto dan Kabupaten Sidoarjo.
2. Tidak merencanakan perkerasan jalan, saluran drainase, dan pelaksanaan pekerjaan di lapangan.
3. Tidak menghitung rencana anggaran biaya.
4. Tidak menghitung kebutuhan *cut and fill*.

## 1.4. Maksud dan Tujuan

Berdasarkan pada perumusan masalah diatas, maksud dan tujuan penyusunan tugas akhir adalah

1. Dapat menentukan jenis akses yang tepat dan sesuai dengan aturan yang berlaku di Indonesia.
2. Dapat merencanakan bentuk geometrik alinemen horizontal yang menjamin keselamatan dan sesuai dengan aturan yang berlaku di Indonesia.

3. Dapat merencanakan bentuk geometrik alinemen vertikal yang menjamin keselamatan dan sesuai dengan aturan yang berlaku di Indonesia.
4. Dapat merencanakan fasilitas yang ada pada *interchange* Waru *ramp* Mojokerto-Sidoarjo.

### 1.5. Lokasi Tinjauan

Lokasi *interchange* yang menghubungkan Kabupaten Mojokerto dan Kabupaten Sidoarjo terletak dari titik  $7^{\circ}20'36''\text{S}$ - $112^{\circ}42'26''\text{E}$  di Tol Surabaya-Mojokerto dan berakhir pada titik  $7^{\circ}20'36''\text{S}$ - $112^{\circ}42'26''\text{E}$  di Tol Surabaya-Porong. Dari aplikasi *Google Earth*, lokasi studi dapat dilihat pada Gambar 1.2.



**Gambar 1.2. Lokasi *Interchange***  
(sumber: *Google Earth*, diakses pada 6 Juni 2018)

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Umum**

Studi pustaka merupakan suatu pembahasan yang berdasar kepada buku-buku referensi yang dapat memperkuat materi pembahasan ataupun sebagai dasar dalam penggunaan rumus-rumus dalam merencanakan sesuatu.

#### **2.2. *Analytic Hierarchy Process***

Menurut Saaty, 2008, *Analytic Hierarchy Process* atau AHP merupakan teori pengukuran melalui perbandingan berpasangan dan bergantung pada penilaian para ahli untuk mendapatkan skala prioritas.

##### **2.2.1. Tahapan AHP**

Untuk membuat keputusan berdasarkan skala prioritas secara teroganisir, dapat dilakukan melalui langkah-langkah berikut.

1. Menetapkan masalah dan menentukan jenis kajian yang digunakan
2. Membuat struktur hirarki dengan menguraikan masalah yang kompleks menjadi bagian-bagian yang sesuai dengan hubungan essensialnya
3. Membuat matriks perbandingan
4. Gunakan prioritas yang diperoleh dari matriks perbandingan untuk menimbang bobot disetiap kriteria.

##### **2.2.2. Penentuan Prioritas**

Untuk membuat perbandingan, diperlukan angka-angka yang mengindikasikan tingkat kepentingan dari kriteria tersebut. Angka-angka tersebut memiliki definisi pendapat kualitatif dalam Tabel 2.1.



**Tabel 2.1. Skala Matrik Perbandingan Berpasangan**

<b>Intensitas Kepentingan</b>	<b>Definisi</b>	<b>Penjelasan</b>
<b>1</b>	Elemen yang satu sama pentingnya dengan elemen yang lain ( <i>equal importance</i> )	Kedua elemen menyumbang sama besar pada sifat tersebut
<b>3</b>	Elemen yang satu sedikit lebih penting daripada elemen yang lain ( <i>moderate importance</i> )	Pengalaman menyatakan sedikit memihak pada satu elemen
<b>5</b>	Elemen yang satu jelas lebih penting daripada elemen yang lain ( <i>essential, strong more importance</i> )	Pengalaman menunjukkan secara kuat memihak pada satu elemen
<b>7</b>	Elemen yang satu sangat jelas lebih penting daripada elemen yang lain ( <i>demonstrated importance</i> )	Pengalaman menunjukkan secara kuat disukai dan didominasi oleh sebuah elemen tampak dalam praktek
<b>9</b>	Elemen yang satu mutlak lebih penting daripada elemen yang lain ( <i>absolutely more importance</i> )	Pengalaman menunjukkan satu elemen sangat jelas lebih penting
<b>2, 4, 6, 8</b>	Apabila ragu-ragu antara dua nilai yang berdekatan ( <i>grey area</i> )	Nilai ini diberikan bila diperlukan kompromi

(Sumber: Saaty, 2008)

### **2.2.3. Konsistensi Logis**

Untuk mengetahui tingkat konsistensi para ahli ketika mengisi prioritas, dibutuhkan perhitungan *Consistency Ratio* (CR).

Hasil dianggap konsisten ketika  $CR < 0,1$  karena jika nilai CR lebih besar dari 1 maka pengisian kuisioner harus diulang.

$$A\omega = \lambda_{max}\omega \dots\dots\dots (2.1)$$

$$CI = (\lambda_{max} - n)(n - 1) \dots\dots\dots (2.2)$$

$$CR = CI/RI \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

A = matriks perbandingan

$\omega$  = bobot kriteria

n = ordo matriks

**Tabel 2.2. Random Consistency Index**

<b>ordo matriks</b>	<b>RI</b>
1	0
2	0
3	0.52
4	0.89
5	1.11
6	1.25
7	1.35
8	1.4
9	1.45
10	1.49

(sumber: Saaty, 1994)

**2.2.4. Formulasi Matematika**

Hasil dari para ahli kemudian disusun menjadi hasil perbandingan berpasangan dimana nilai-nilai perbandingan berpasangan diberikan dalam matriks n x n sebagai matriks A.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \dots & 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2.4)$$

Kemudian matriks tersebut dicari vektor prioritasnya dengan mencari bobot dari masing-masing kolom.

**2.3. Perencanaan Geometrik Jalan Bebas Hambatan**

**2.3.1. Kendaraan Rencana**

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang mewakili satu kelompok jenis kendaraan, yang dipergunakan untuk perencanaan jalan. Dimensi standar kendaraan rencana untuk desain jalan bebas hambatan untuk jalan tol dapat dilihat pada Tabel 2.3.

**Tabel 2.3. Dimensi Kendaraan Rencana**

Jenis Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan (m)			Dimensi Tonjolan (m)		Radius Putar Minimum (m)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	
Mobil Penumpang	1,3	2,2	5,8	0,9	1,5	7,3
Bus	3,2	2,4	10,9	0,8	3,7	11,86
Truk 2 as	4,1	2,4	9,2	1,2	1,8	12,80
Truk 3 as	4,1	2,4	12,0	1,2	1,8	
Truk 4 as	4,1	2,4	13,9	0,9	0,8	12,20
Truk 5 as	4,1	2,5	16,8	0,9	0,6	13,72

(Sumber: Bina Marga, 2009)

### 2.3.1.1. Nilai Ekuivalensi Mobil Penumpang (emp)

Nilai ekuivalensi mobil penumpang merupakan faktor yang menunjukkan pengaruh berbagai tipe kendaraan dibandingkan mobil penumpang terhadap kecepatan, kemudahan bermanuver, dimensi kendaraan ringan dalam arus lalu lintas (untuk kendaraan ringan yang sasisnya mirip; emp = 1,0). Nilai emp untuk jalan bebas hambatan dapat dilihat pada Tabel 2.4.

**Tabel 2.4. Ekuivalen Mobil Penumpang (emp)**

Tipe Alinyemen	Arus Lalu Lintas per arah (kend/jam)		emp		
	4/2 D	6/2 D	MHV	LB	LT
Datar	2.250	3.400	1,6	1,7	2,5
	≥ 2.800	≥ 4.150	1,3	1,5	2,0
Perbukitan	1.700	2.600	2,2	2,3	4,3
	≥ 2.250	≥ 3.300	1,8	1,9	3,5
Pegunungan	1.450	2.150	2,6	2,9	4,8
	≥ 2.000	≥ 3.000	2,0	2,4	3,8

(Sumber: Bina Marga, 2009)

Keterangan:

LV	Kendaraan Ringan		Kendaraan bermotor ber as dua dengan 4 (empat) roda dan dengan jarak as 2,0 m - 3,0 m (meliputi: mobil penumpang, oplet, mikrobis, pick-up dan truk kecil)
MHV	Kendaraan Menengah	Berat	Kendaraan bermotor dengan dua gandar, dengan jarak 3,5 m - 5,0 m (termasuk bis kecil, truk dua as dengan enam roda)
LT	Truk Besar		Truk tiga gandar dan truk kombinasi dengan jarak gandar < 3,5 m
LB	Bis Besar		Bis dengan dua atau tiga gandar dengan jarak as 5,0 m - 6,0 m

### 2.3.1.2. Volume Lalu Lintas Rencana

Volume Lalu Lintas Harian Rencana (VLHR) adalah prakiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas dinyatakan dalam smp/hari. Volume Jam Rencana (VJR) adalah perkiraan volume lalu lintas selama umur rencana jalan yang diperlukan, dinyatakan dalam smp/jam, VJR dapat dihitung dengan persamaan 2.6:

$$VJR = VLHR \times \frac{K}{100} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

K = disebut faktor K, adalah faktor volume lalu lintas jam sibuk Untuk jalan bebas hambatan k = 11% (MKJI, 1997)

### 2.3.2. Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana ( $V_R$ ) jalan tol adalah kecepatan maksimum yang aman di jalan tol dalam keadaan normal, yang akan menjadi dasar perencanaan geometri jalan tol.  $V_R$  jalan bebas hambatan untuk jalan tol harus memenuhi kriteria sebagaimana ditetapkan pada Tabel 2.5;

**Tabel 2.5. Kecepatan Rencana,  $V_R$**

Medan Jalan	Kecepatan Rencana, $V_R$ (km/jam)	
	Antarkota	Perkotaan
Datar	120	80 – 100
Perbukitan	100	80
Pegunungan	80	60

Catatan: Kecepatan rencana 140 km/jam (masuk di range) diijinkan untuk jalan tol antarkota setelah dilakukan analisis tertentu

(Sumber: Bina Marga, 2009)

### 2.3.3. Bagian-Bagian Jalan

Berdasarkan UU No. 38 tahun 2004, Bagian-bagian jalan dikelompokkan menjadi 3 bagian, yaitu:

### 1. Ruang Manfaat Jalan

Ruang manfaat jalan adalah suatu ruang yang dimanfaatkan untuk konstruksi jalan dan terdiri atas badan jalan, saluran tepi jalan, serta ambang pengamanannya. Badan jalan meliputi jalur lalu lintas, dengan atau tanpa jalur pemisah dan bahu jalan, termasuk jalur pejalan kaki. Ambang pengaman jalan terletak di bagian paling luar, dari ruang manfaat jalan, dan dimaksudkan untuk mengamankan bangunan jalan.

Berdasarkan Bina Marga, 2009, ruang manfaat jalan bebas hambatan untuk jalan tol harus mempunyai lebar dan tinggi ruang bebas serta kedalaman sebagai berikut:

- a) lebar ruang bebas diukur di antara 2 (dua) garis vertikal batas bahu jalan;
- b) tinggi ruang bebas minimal 5 (lima) meter di atas permukaan jalur lalu lintas tertinggi;
- c) kedalaman ruang bebas minimal 1,50 meter di bawah permukaan jalur lalu lintas terendah.

### 2. Ruang Milik Jalan

Ruang milik jalan (*right of way*) adalah sejalur tanah tertentu di luar ruang manfaat jalan yang masih menjadi bagian dari ruang milik jalan yang dibatasi oleh tanda batas ruang milik jalan yang dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan keluasan keamanan penggunaan jalan antara lain untuk keperluan pelebaran ruang manfaat jalan pada masa yang akan datang.

Berdasarkan Bina Marga, 2009, ruang milik jalan bebas hambatan untuk jalan tol harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a) lebar dan tinggi ruang bebas ruang milik jalan minimal sama dengan lebar dan tinggi ruang bebas ruang manfaat jalan;
- b) lahan ruang milik jalan harus dipersiapkan untuk dapat menampung minimal 2 x 3 lajur lalu lintas terpisah dengan lebar ruang milik jalan minimal 40 meter di daerah antarkota dan 30 meter di daerah perkotaan;

- c) lahan pada ruang milik jalan diberi patok tanda batas sekurang-kurangnya satu patok setiap jarak 100 meter dan satu patok pada setiap sudut serta diberi pagar pengaman untuk setiap sisi;
  - d) Pada kondisi jalan tol layang, perlu diperhatikan ruang milik jalan di bawah jalan tol
3. Ruang Pengawasan Jalan

Ruang pengawasan jalan adalah ruang tertentu yang terletak 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 peruntukannya.

Jalan ditetapkan keberadaannya dalam suatu ruang yang telah didefinisikan di atas. Ruang-ruang tersebut dipersiapkan untuk menjamin kelancaran dan keselamatan serta kenyamanan pengguna jalan disamping keutuhan konstruksi jalan. Dimensi ruang yang minimum untuk menjamin keselamatan pengguna jalan diatur sesuai dengan jenis prasarana dan fungsinya. standar ukuran dimensi minimum dari Rumaja, Rumija, dan Ruwasja jalan bebas hambatan untuk jalan tol dapat dilihat pada Tabel 2.6.

**Tabel 2.6. Dimensi Ruang Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol**

Bagian-bagian jalan	Komponen geometri	Dimensi minimum (m)				
RUMAJA			Jalan tol			
			Antarkota	Perkotaan		
			Lebar badan jalan	30,0	22,0	
			Tinggi	5,00	5,00	
	Kedalaman	1,50	1,50			
RUMIJA		JBH	Jalan Tol			
			Antarkota	Perkotaan	Layang/ Terowongan	
	Lebar	30	40	30	20	
RUWASJA		JBH	Jalan Tol			
			Antarkota	Perkotaan	Jembatan	
	Lebar <sup>1)</sup>	75	75	40	100 <sup>2)</sup>	

Catatan: <sup>1)</sup> Lebar diukur dari As Jalan

<sup>2)</sup> 100 m ke hilir dan 100 m ke hulu

(Sumber: Bina Marga, 2009)

### 2.3.4. Penampang Melintang

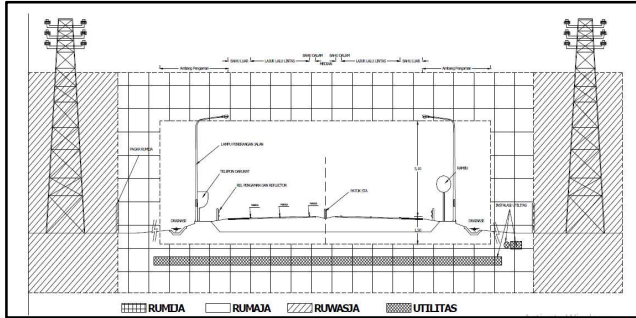
#### 2.3.4.1. Komposisi Penampang Melintang

Penampang melintang jalan bebas hambatan untuk jalan tol memiliki komposisi sebagai berikut:

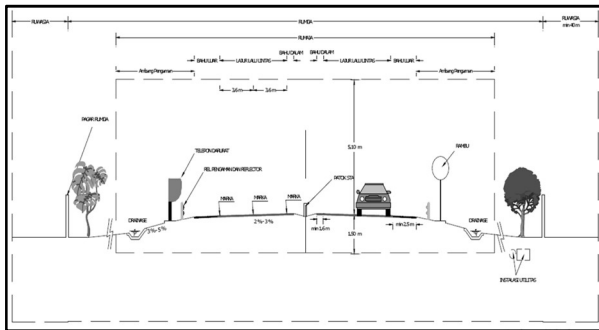
- jalur lalu lintas,
- median dan jalur tepian,
- bahu,
- rel pengaman,
- saluran samping,
- lereng/talud



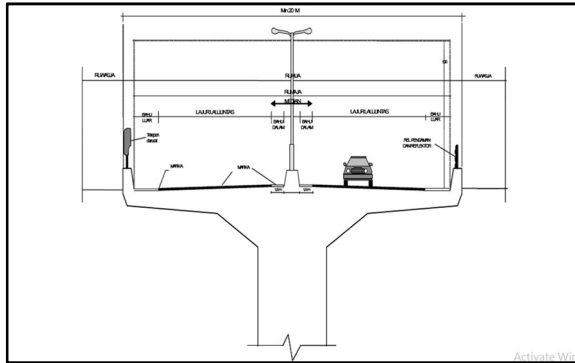
Standar tipikal penampang melintang untuk jalan tol di atas tanah (*at grade*), layang (*elevated*) dapat dilihat pada Gambar 2.1, 2.2 dan 2.3.



**Gambar 2.1. Tipikal Rumaja, Rumija, Ruwasja Jalan Bebas Hambatan untuk Jalan Tol**  
(Sumber: Bina Marga, 2009)



**Gambar 2.2. Tipikal Potongan Melintang Jalan Bebas Hambatan untuk Jalan Tol di Atas Tanah (*at grade*)**  
(Sumber: Bina Marga, 2009)



**Gambar 2.3. Tipikal Potongan Melintang Jalan Bebas Hambatan untuk Jalan Tol (elevated)**  
(Sumber: Bina Marga, 2009)

#### 2.3.4.2. Lebar Jalur dan Bahu Jalan

Lebar Jalur dan bahu jalan ditentukan oleh VLHR pada jalan tersebut. Lebar jalur jalan tidak boleh kurang dari 4.5 meter untukantisipasi kemungkinan 2 kendaraan kecil saling berpapasan. Jika papasan dua kendaraan terjadi secara tiba-tiba maka bahu jalan dapat digunakan. Penentuan lebar jalur dan bahu jalan terdapat pada Tabel 2.7.

**Tabel 2.7. Penentuan Lebar Lajur dan Bahu Jalan**

VLHR (smp/hari)	ARTERI				KOLEKTOR				LOKAL			
	Ideal		Minimum		Ideal		Minimum		Ideal		Minimum	
	Lebar Jalur	Lebar Bahu	Lebar Jalur	Lebar Bahu	Lebar Jalur	Lebar Bahu	Lebar Jalur	Lebar Bahu	Lebar Jalur	Lebar Bahu	Lebar Jalur	Lebar Bahu
< 3.000	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,0	4,5	1,0
3000– 10000	7,0	2,0	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,0
10.001- 25.000	7,0	2,0	7,0	2,0	7,0	2,0	**)	**)	-	-	-	-
>25.000	2nx3,5*)	2,5	2x7,0*)	2,0	2nx3,5*)	2,0	**)	**)	-	-	-	-

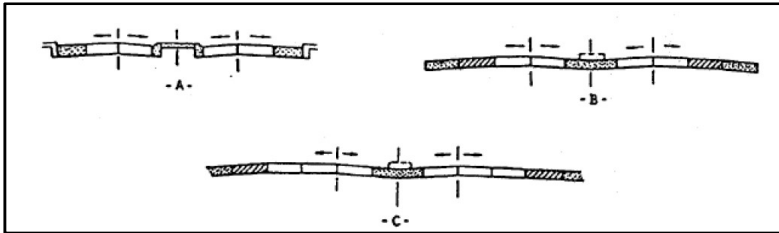
Keterangan: \*\*) = Mengacu pada persyaratan ideal

\*) = 2 jalur terbagi, masing-masing  $n \times 3,5$  m, dimana  $n$  = Jumlah lajur per jalur

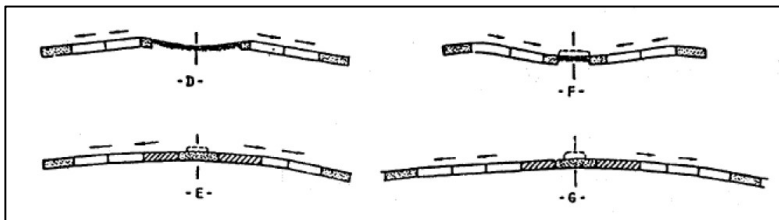
- = Tidak ditentukan

(Sumber: Bina Marga, 1997)

Kemiringan melintang jalur lalu lintas dapat dilakukan secara 1 (satu) arah atau 2 (dua) arah untuk masing-masing jalurnya, seperti diilustrasikan pada Gambar 2.4 dan 2.5 berikut. Kemiringan melintang normal pada lajur lalu lintas adalah 2-3% sedangkan untuk bahu jalan adalah sebesar 3-5%.



**Gambar 2.4. Kemiringan Melintang 2 Arah pada Tiap Jalur**  
(Sumber: Bina Marga, 2009)

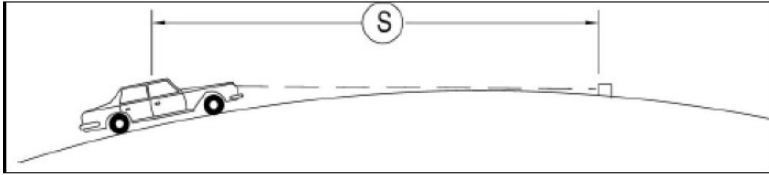


**Gambar 2.5. Kemiringan Melintang 1 Arah pada Tiap Jalur**  
(Sumber: Bina Marga, 2009)

### 2.3.5. Jarak Pandang dan Kebebasan Samping

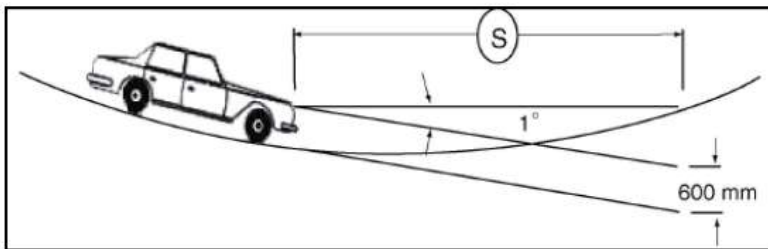
#### 2.3.5.1. Jarak Pandang

Jarak pandang ( $S$ ) ditentukan dengan menggunakan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 108 cm dan tinggi halangan 60 cm yang diukur dari permukaan jalan. Setiap bagian jalan harus memenuhi jarak pandang untuk kepentingan keselamatan pengemudi. Ilustrasi jarak pandang henti dapat dilihat pada Gambar 2.9 dan 2.10.



**Gambar 2.9. Jarak Pandang Henti pada Lengkung Vertikal Cembung**

(Sumber: Bina Marga, 2009)



**Gambar 2.10. Jarak Pandang Henti pada Lengkung Vertikal Cekung**

(Sumber: Bina Marga, 2009)

Jarak pandang henti ( $S_s$ ) terdiri dari 2 (dua) elemen jarak, yaitu:

- a) Jarak awal reaksi ( $S_r$ ) adalah jarak pergerakan kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem;
- b) Jarak awal pengereman ( $S_b$ ) adalah jarak pergerakan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

Jarak pandang henti dapat terjadi pada dua kondisi tertentu sebagai berikut:

- a) Jarak pandang henti ( $S_s$ ) pada bagian datar dihitung dengan rumus:

$$S_s = 0,278 \times V_R \times T + 0,039 \frac{V_R^2}{a} \dots\dots\dots (2.6)$$

- b) Jarak pandang henti ( $S_s$ ) akibat kelandaian dihitung dengan rumus:

$$S_s = 0,278 \times V_R \times T + \frac{V_R^2}{254 \left[ \left( \frac{a}{9,81} \right) \pm G \right]} \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan:

$V_R$  = kecepatan rencana (km/jam)

$T$  = waktu reaksi, ditetapkan 2,5 detik

$a$  = tingkat perlambatan (m/dtk<sup>2</sup>), ditetapkan 3,4 meter/dtk<sup>2</sup>

$G$  = kelandaian jalan (%)

Tabel 2.8 berikut berisi  $S_s$  minimum yang dihitung berdasarkan rumus di atas dengan pembulatan-pembulatan untuk berbagai  $V_R$ .

**Tabel 2.8. Jarak Pandang Henti ( $S_s$ ) Minimum**

$V_R$ (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 2.9 dibawah ini berisi  $S_s$  minimum dengan kelandaian yang dihitung berdasarkan rumus di atas untuk berbagai  $V_R$ .

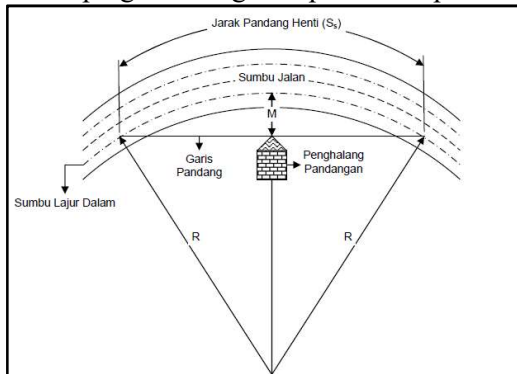
**Tabel 2.9. Jarak Pandang Henti ( $S_s$ ) Minimum dengan Kelandaian**

$V_R$ (km/j)	Jarak Pandang Henti (m)											
	Turunan						Tanjakan					
	1%	2%	3%	4%	5%	6%	1%	2%	3%	4%	5%	6%
120	252	257	263	269	275	281	243	238	234	230	227	223
100	187	190	194	198	203	207	180	177	174	172	169	167
80	131	133	136	138	141	144	127	125	123	121	120	118
60	84	86	87	88	90	92	82	81	80	79	78	77

(Sumber: Bina Marga, 2009)

**2.3.5.2. Daerah Bebas Samping di Tikungan**

Daerah bebas samping merupakan batas dari obyek-obyek penghalang yang mungkin ada disekitar tikungan sebesar  $M$  (meter) yang dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan pengemudi di tikungan. Daerah bebas samping diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan jarak pandang henti dipenuhi. Ilustrasi dari daerah bebas samping di tikungan dapat dilihat pada Gambar 2.11.



**Gambar 2.11. Diagram Ilustrasi Komponen untuk Menentukan Daerah Bebas**  
(sumber: Bina Marga, 2009)

Daerah bebas samping di tikungan pada kondisi tertentu dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

- a) Jika jarak pandang lebih kecil dari panjang tikungan ( $S_s < L_c$ ) seperti pada Gambar 2.12;

$$M = R \left[ 1 - \cos \left( \frac{90S_s}{\pi R} \right) \right] \dots\dots\dots (2.8)$$

- b) Jika jarak pandang lebih besar dari panjang tikungan ( $S_s > L_c$ ) seperti pada Gambar 2.13.

$$M = R \left[ 1 - \cos \left( \frac{90L_c}{\pi R} \right) \right] + 0,5(S_s - L_c) \sin \left( \frac{90L_c}{\pi R} \right) \dots\dots\dots (2.9)$$

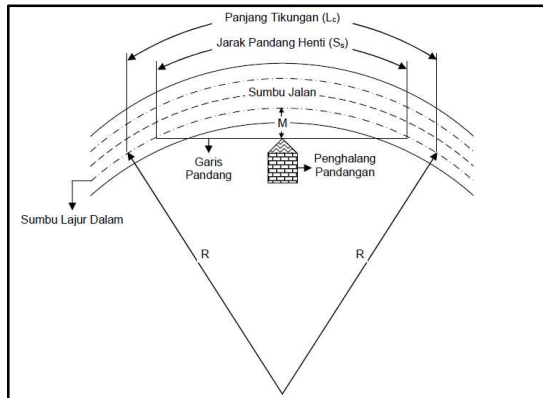
Keterangan:

M = jarak yang diukur dari sumbu lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan (m)

R = jari-jari sumbu lajur dalam (m)

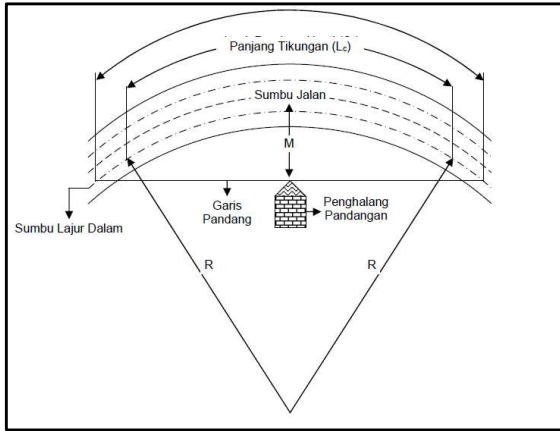
$S_s$  = jarak pandang henti (m)

$L_c$  = panjang tikungan (m)



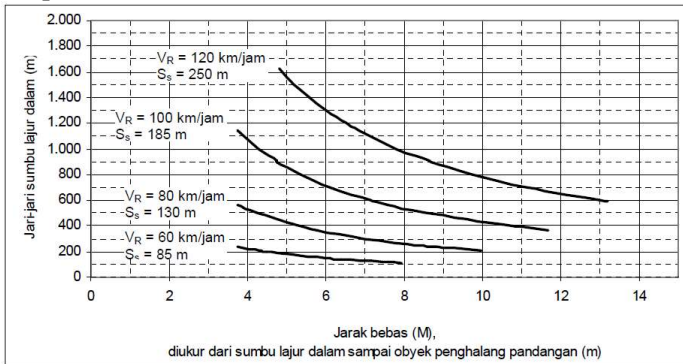
**Gambar 2.12. Diagram Ilustrasi Daerah Bebas Sampung di Tikungan untuk  $S_s < L_c$**   
(sumber: Bina Marga, 2009)





**Gambar 2.13. Diagram Ilustrasi Daerah Bebas Samping di Tikungan untuk  $S_s > L_c$**   
(Sumber: Bina Marga, 2009)

Gambar 2.14 berikut ini memberikan nilai M untuk kondisi  $S_s < L_c$  pada masing-masing kecepatan rencana. Sedangkan Tabel 2.10 sampai Tabel 2.11 menyajikan nilai M yang dihitung menggunakan rumus di atas. Tabel tersebut digunakan untuk menetapkan nilai M.



**Gambar 2.14. Jarak Bebas (M) Berdasarkan Jarak Pandang Henti pada Tikungan ( $S_s < L_c$ )**  
(Sumber: Bina Marga, 2009)

**Tabel 2.10. Daerah Bebas Samping di Tikungan dengan  $S_s < L_c$** 

R (m)	Daerah bebas samping di tikungan, M (m)			
	$V_R = 120$ km/jam	$V_R = 100$ km/jam	$V_R = 80$ km/jam	$V_R = 60$ km/jam
1.627	4,80			
1.500	5,21			
1.400	5,58			
1.300	6,00			
1.200	6,50			
1.140	6,84	3,75		
1.000	7,80	4,28		
900	8,67	4,75		
800	9,75	5,34		
700	11,13	6,10		
600	12,97	7,12		
563	$R_{\min} = 590$	7,59	3,75	
500		8,53	4,22	
400		10,65	5,27	
300		$R_{\min} = 365$	7,01	
250			8,40	
240			8,74	3,75
200			$R_{\min} = 210$	4,50
175				5,14
150				5,98
140				6,40
130				6,89
120				7,45
				$R_{\min} = 110$

(Sumber: Bina Marga, 2009)

**Tabel 2.11. Daerah Bebas Samping di Tikungan dengan  $S_s > L_c$ , dimana  $S_s - L_c = 25$  m**

R (m)	Daerah bebas samping di tikungan, M (m)			
	$V_R = 120$ km/jam	$V_R = 100$ km/jam	$V_R = 80$ km/jam	$V_R = 60$ km/jam
1.611	4,80			
1.500	5,15			
1.400	5,52			
1.300	5,95			
1.200	6,44			
1.119	6,90	3,75		
1.000	7,72	4,20		
900	8,58	4,66		
800	9,65	5,24		
700	11,02	5,99		
600	12,85	6,99		
542	$R_{\min} = 590$	7,73	3,75	
500		8,38	4,06	
400		10,46	5,08	
300		$R_{\min} = 365$	6,76	
250			8,10	
220			9,21	3,75
200			$R_{\min} = 210$	4,11
175				4,70
150				5,47
140				5,86
130				6,31
120				6,82
				$R_{\min} = 110$

Catatan:

Jalan antar kota rumija, 40 m, jarak antara sumbu lajur dalam ke rumija adalah 6,75 m.

Jalan perkotaan, rumija 30 m, jarak antara sumbu lajur dalam ke rumija adalah 4,25 m.

(Sumber: Bina Marga, 2009)

### 2.3.6. Alinemen Horizontal

Menurut Standar Geometri untuk Jalan Bebas Hambatan no. 007 tahun 2009, alinemen horizontal adalah proyeksi garis sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinemen horizontal terdiri atas bagian lurus dan bagian lengkung (tikungan).

#### 2.3.6.1. Panjang Bagian Lurus

Panjang bagian lurus maksimum ditentukan dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, panjang bagian jalan lurus maksimum harus ditempuh adalah tidak lebih dari 2,5 menit (sesuai  $V_R$ ).

Panjang bagian lurus ditetapkan menurut Tabel 2.12.

**Tabel 2.12. Panjang Bagian Lurus Maksimum**

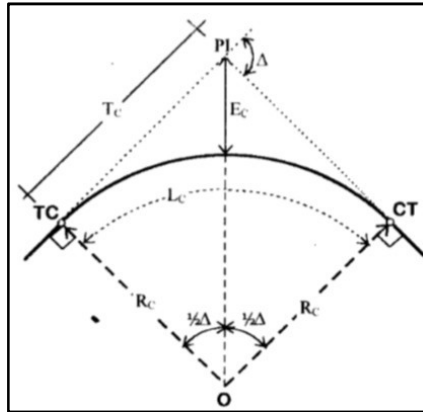
$V_R$ (km/jam)	Panjang Bagian Lurus Maksimum (m)	
	Perhitungan	Pembulatan
140	5833,3	5850
120	5000,0	5000
100	4166,7	4200
80	3333,3	3350
60	2500,0	2500

(Sumber: Bina Marga, 2009)

#### 2.3.6.2. Standar Bentuk Tikungan

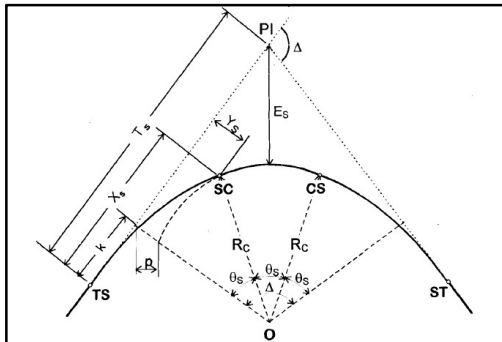
Menurut Shirley, 1999, tikungan terdiri dari tiga jenis tikungan yang digunakan, yaitu:

- Busur Lingkaran (*Full Circle = FC*)  
Tikungan *full circle* hanya digunakan untuk R (jari-jari tikungan) yang besar dan memiliki nilai superelevasi  $\leq 3\%$ , karena dengan R kecil maka diperlukan superelevasi yang besar. Bentuk lengkung dapat dilihat pada Gambar 2.15.



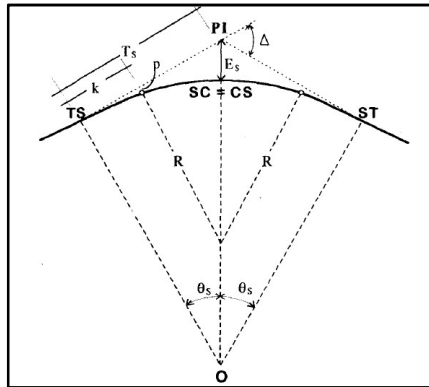
**Gambar 2.15. Bentuk Lengkung *Full Circle***  
(Sumber: Shirley, 1999)

- Lengkung Peralihan (*Spiral-Circle-Spiral = S-C-S*)  
Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinemen yang tiba-tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran, jadi bentuk lengkung terdiri dari 1 (satu) lengkung lingkaran dan 2 (dua) lengkung spiral. Ilustrasi bentuk lengkung peralihan dapat dilihat pada Gambar 2.16.



**Gambar 2.16. Bentuk Lengkung *Spiral-Circle-Spiral***  
(Sumber: Shirley, 1999)

- *Spiral-Spiral = SS*  
Menurut Standar Geometri untuk Jalan Bebas Hambatan no. 007 tahun 2009, *Spiral-Spiral* merupakan tikungan yang terdiri atas 2 (dua) lengkung spiral tanpa lengkung lingkaran seperti pada gambar 2.17.



**Gambar 2.17. Bentuk Lengkung *Spiral-Spiral***  
(Sumber: Shirley, 1999)

- **Lengkung Khusus**  
Berdasarkan Standar Geometri untuk Jalan Bebas Hambatan no. 007 tahun 2009, Lengkung Khusus merupakan tikungan majemuk yang memiliki beberapa radius tikungan, yang dapat terdiri dari 3 (tiga) lengkung spiral atau lebih.

### 2.3.6.3. Panjang Tikungan

Panjang tikungan ( $L_t$ ) merupakan panjang lengkung yang dapat terdiri dari panjang busur lingkaran ( $L_c$ ) dan panjang 2 (dua) lengkung spiral ( $L_s$ ) atau beberapa lengkung spiral yang diukur sepanjang sumbu jalan. Untuk menjamin kelancaran dan kemudahan mengemudikan kendaraan pada saat menikung, maka panjang suatu tikungan dengan maksimal 6 detik perjalanan dengan pertimbangan  $V_R$ . Panjang ini dapat diperhitungkan berdasarkan  $V_R$  atau ditetapkan berdasarkan Tabel 2.13.

**Tabel 2.13. Panjang Tikungan Minimum**

$V_R$ (km/jam)	Panjang Tikungan Minimum (m)
120	200
100	170
80	140
60	100

Catatan :

- a. Pada tikungan *full circle*, nilai  $L_s = 0$ , sehingga  $L_t = L_c$
  - b. Pada tikungan *spiral-spiral*, nilai  $L_c = 0$ , sehingga  $L_t = 2L_s$
- (Sumber: Bina Marga, 2009)

**2.3.6.4. Superelevasi**

Superelevasi terdapat pada semua tikungan kecuali tikungan yang memiliki radius yang lebih besar dari  $R_{min}$  tanpa superelevasi. Superelevasi berlaku pada jalur lalu lintas dan bahu jalan. Nilai superelevasi maksimum ditetapkan antara 4%-10%. Dalam merencanakan superelevasi, masalah drainase harus diperhatikan.

**2.3.6.5. Jari-jari Tikungan**

Jari - jari tikungan minimum ( $R_{min}$ ) ditetapkan sebagai berikut:

$$R_{min} = \frac{V_R^2}{127(e_{max}+f_{max})} \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan:

- $R_{min}$  = Jari jari tikungan minimum (m),
- $V_R$  = Kecepatan rencana (km/jam),
- $e_{max}$  = Superelevasi maksimum (%),
- $f_{max}$  = Koefisien gesek maksimum,

Besaran nilai superelevasi maksimum, ditentukan menggunakan Tabel 2.14:

**Tabel 2.14. Superelevasi Maksimum Berdasarkan Tata Guna Lahan dan Iklim**

Superelevasi Maksimum	Kondisi yang Digunakan
10%	Maksimum 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, ditentukan menggunakan tabel 2.15:

**Tabel 2.15. Koefisien Gesek Maksimum Berdasarkan  $V_R$**

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

(Sumber: Bina Marga, 2009)

### 2.3.6.6. Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan ( $L_s$ ) merupakan lengkung yang bertujuan untuk memberikan kesempatan kepada pengemudi untuk mengantisipasi perubahan alinemen jalan dari bentuk lurus sampai bagian lengkung jalan dengan jari jari  $R$  tetap, dengan demikian, gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan saat melintasi tikungan berubah secara berangsur-angsur, baik ketika kendaraan mendekati tikungan maupun meninggalkan tikungan.

Ketentuan lengkung peralihan adalah sebagai berikut:

- b) Bentuk lengkung peralihan yang digunakan adalah bentuk spiral (*clothoide*)
- c) Panjang lengkung peralihan ditetapkan atas pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut:



- 1) waktu perjalanan melintasi lengkung peralihan
  - 2) tingkat perubahan kelandaian melintang jalan
  - 3) gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan
  - 4) tingkat perubahan kelandaian relatif
- d)  $L_s$  ditentukan yang memenuhi ke empat kriteria tersebut di atas, sehingga dipilih nilai  $L_s$  yang terpanjang.

#### 1) Waktu Perjalanan Melintasi Lengkung Peralihan

Waktu perjalanan melintasi lengkung peralihan harus dibatasi untuk menghindarkan kesan perubahan alinemen yang mendadak. Kriteria ini dihitung dengan rumus:

$$L_s = \frac{V_R}{3,6} T \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan:

$V_R$  = Kecepatan rencana (km/jam)

$T$  = waktu tempuh pada lengkung peralihan (detik), ditetapkan 2 detik

#### 2) Tingkat Perubahan Kelandaian Melintang Jalan

Tingkat perubahan kelandaian melintang jalan ( $r_e$ ) dari bentuk kelandaian normal ke kelandaian superelevasi penuh tidak boleh melampaui  $r_{e-max}$  yang ditetapkan sebagai berikut:

a) untuk  $V_R \leq 70$  km/jam,  $r_{e-max} = 0,035$  m/m/detik,

b) untuk  $V_R \geq 80$  km/jam,  $r_{e-max} = 0,025$  m/m/detik.

Kriteria ini dihitung dengan rumus:

$$L_s = \frac{\left(\frac{e_m - e_n}{100}\right) V_R}{3,6 r_e} \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan:

$e_m$  = superelevasi maksimum (%)

$e_n$  = superelevasi normal (%)

$V_R$  = kecepatan rencana (km/jam)

$r_e$  = tingkat perubahan kelandaian melintang jalan (m/m/det)

### 3) Gaya Sentrifugal yang Bekerja pada Kendaraan

Gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan dapat diantisipasi berangsur-angsur pada lengkung peralihan dengan aman. Kriteria ini dihitung dengan rumus:

$$L_s = \frac{0,0214 V_R^3}{RC} \dots\dots\dots (2.13)$$

Keterangan :

$V_R$  = Kecepatan rencana (km/jam)

$R$  = Radius tikungan (m)

$C$  = Perubahan maksimum percepatan arah radial (m/det<sup>3</sup>), digunakan 1,2 m/det<sup>3</sup>

### 4) Tingkat Perubahan Kelandaian Relatif

Tingkat perubahan kelandaian relatif ( $\Delta$ ) dari bentuk kemiringan normal ke bentuk kemiringan superelevasi penuh tidak boleh melampaui  $\Delta$  maksimum yang ditetapkan seperti pada Tabel 2.16.

**Tabel 2.16. Tingkat Perubahan Kelandaian Melintang Maksimum**

$V_R$ (km/jam)	$\Delta$ (m/m)
120	1/263
100	1/227
80	1/200
60	1/167

(Sumber: Bina Marga, 2009)

Panjang pencapaian perubahan kelandaian dari kemiringan normal sampai ke kemiringan superelevasi penuh ( $L_s$ ) dihitung dengan menggunakan rumus:

$$L_s = \frac{(wn_1)e_d}{\Delta} (b_w) \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan:

$w$  = lebar satu lajur lalu lintas (m)

$e_d$  = superelevasi rencana (%)

$n_1$  = jumlah lajur yang diputar

$b_w$  = faktor penyesuaian untuk jumlah lajur yang diputar

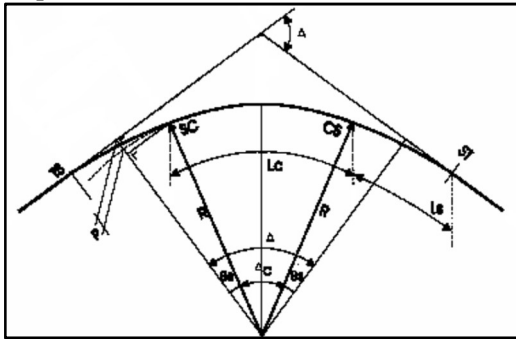
$n_1$	1	1,5	2
$b_2$	1,00	0,83	0,75

$\Delta$  = tingkat perubahan kelandaian relatif (m/m)

Tikungan yang memiliki R dengan nilai  $e = LN$  tidak memerlukan lengkung peralihan dan tikungan yang memiliki R dengan nilai  $e = RC$  tidak memerlukan superelevasi.

5) Persyaratan  $L_{smin}$  dan  $L_{smax}$

Jika lengkung peralihan digunakan, maka posisi lintasan tikungan bergeser dari bagian jalan yang lurus ke arah sebelah dalam sejauh  $p$ .



**Gambar 2.18. Pergeseran Lintasan pada Tikungan Menggunakan Lengkung Peralihan**  
(Sumber: Bina Marga, 2009)

Apabila nilai  $p$  kurang dari 0,20 m, maka lengkung peralihan tidak diperlukan. Sehingga tipe tikungan menjadi *full circle*.

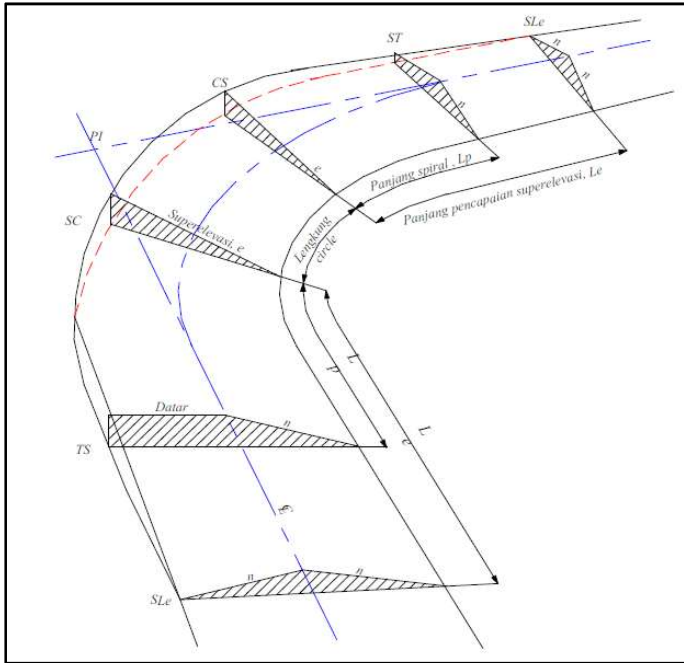
$$L_{smin} = \sqrt{24(p_{min})R} \dots\dots\dots (2.15)$$

Lengkung peralihan juga dibatasi oleh besarnya nilai  $p$  yang dibolehkan jika menggunakan lengkung peralihan yaitu 1,0 m. Sehingga persamaan untuk panjang lengkung peralihan maksimumnya dibolehkan adalah sebagai berikut:

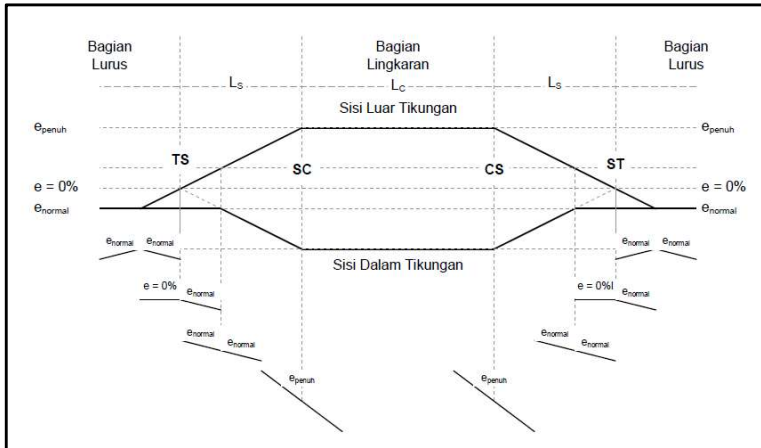
$$L_{smax} = \sqrt{24(p_{max})R} \dots\dots\dots (2.16)$$

### 2.3.6.7. Diagram Superelevasi

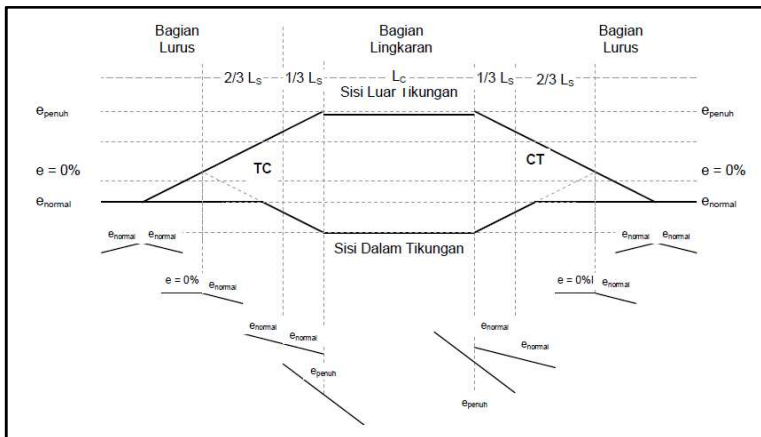
- 1) Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai ke superelevasi penuh pada bagian lengkung, seperti pada Gambar 2.19.
- 2) Pada tikungan tipe *S-C-S*, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bentuk normal sampai awal lengkung peralihan pada titik TS, kemudian meningkat secara bertahap sampai mencapai superelevasi penuh pada titik SC, seperti pada Gambar 2.20.
- 3) Pada tikungan tipe *FC*, bila diperlukan pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bagian lurus sepanjang  $2/3$  LS dan dilanjutkan pada bagian lingkaran penuh sepanjang  $1/3$  bagian panjang Ls, seperti pada Gambar 2.21.
- 4) Pada tikungan tipe *S-S*, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral, seperti pada Gambar 2.22.



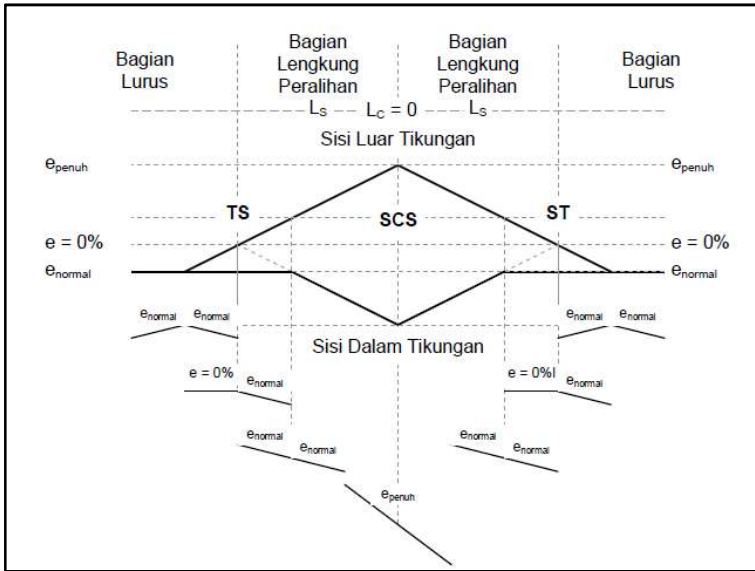
**Gambar 2.19. Metoda Pencapaian Superelevasi pada Tikungan**  
(Sumber: Bina Marga, 2009)



**Gambar 2.20. Pencapaian Superelevasi pada Tikungan Tipe S-C-S**  
(Sumber: Bina Marga, 2009)



**Gambar 2.21. Pencapaian Superelevasi pada Tikungan Tipe FC**  
(Sumber: Bina Marga, 2009)



**Gambar 2.22. Pencapaian Superelevasi pada Tikungan Tipe S-S**  
(Sumber: Bina Marga, 2009)

**2.3.6.8. Pelebaran Jalur Lalu Lintas di Tikungan**

Pelebaran jalur lalu lintas pada tikungan bertujuan untuk mempertahankan kondisi pelayanan operasional lalu lintas ketika melewati tikungan, sehingga sama dengan pelayanan operasional di bagian jalan yang lurus. Perhitungan pelebaran pada tikungan dapat menggunakan rumus:

$$W = W_c - W_n \dots\dots\dots (2.17)$$

Keterangan:

- W = Pelebaran jalan pada tikungan (m)
- W<sub>c</sub> = Lebar jalan pada tikungan (m)
- W<sub>n</sub> = Lebar jalan pada jalan lurus (m)

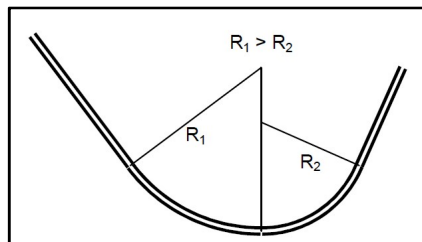
### 2.3.6.9. Standar Bentuk Tikungan Berurutan

Ada dua macam standar bentuk tikungan berurutan:

- a) tikungan berurutan searah, yaitu dua atau lebih tikungan dengan arah belokan yang sama tetapi dengan jari jari yang berbeda
- b) tikungan berurutan balik arah, yaitu dua atau lebih tikungan dengan arah belokan yang berbeda.

Penggunaan tikungan berurutan harus dipertimbangkan berdasarkan perbandingan  $R_1$  dan  $R_2$ , dimana dapat ditetapkan bahwa  $R_1$  adalah jari-jari tikungan yang lebih besar. Ketentuan untuk tikungan berurutan adalah sebagai berikut:

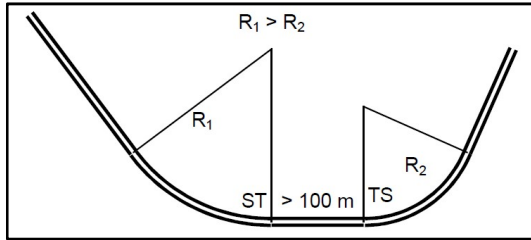
- a) Setiap tikungan berurutan harus disisipi bagian lurus yang memiliki kemiringan normal dengan ketentuan sebagai berikut:
  - 1) Pada tikungan berurutan searah, panjang bagian lurus paling tidak 20 m
  - 2) Pada tikungan berurutan balik arah panjang bagian lurus paling tidak 30 m
- b) Jika  $R_2/R_1 > 2/3$ , maka tikungan berurutan searah harus dihindarkan (Gambar 2.23 dan 2.25)
- c) Jika  $R_2/R_1 < 2/3$ , maka tikungan berurutan balik arah harus disisipi bagian lurus atau bagian spiral/*clothoide* (Gambar 2.24).



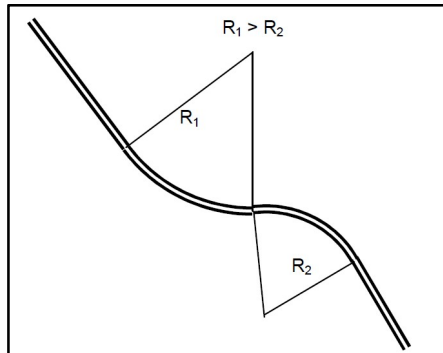
**Gambar 2.23. Tikungan Berurutan Searah yang Harus Dihindarkan**

(Sumber: Bina Marga, 2009)





**Gambar 2.24. Tikungan Berurutan Searah dengan Sisipan Bagian Lurus Minimum**  
(Sumber: Bina Marga, 2009)



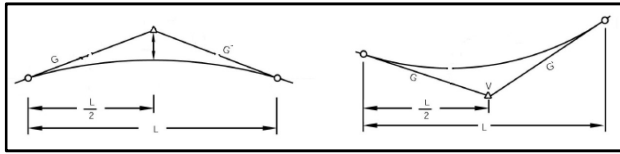
**Gambar 2.25. Tikungan Berurutan Balik Arah yang Harus Dihindarkan**  
(Sumber: Bina Marga, 2009)

### 2.3.7. Alinemen Vertikal

#### 2.4.8.1. Bagian-Bagian Alinemen Vertikal

Alinemen vertikal terdiri atas bagian lurus dan bagian lengkung.

- 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 seperti pada Gambar 2.27.



**Gambar 2.27. Lengkung Vertikal Cembung dan Lengkung Vertikal Cekung**

(Sumber: Bina Marga, 2009)

#### 2.4.8.2. Kelandaian Minimum

Kelandaian minimum harus diberikan apabila kondisi jalan tidak memungkinkan melakukan drainase ke sisi jalan. Besarnya kelandaian minimum ditetapkan 0,50% memanjang jalan untuk kepentingan pematusan aliran air.

#### 2.4.8.3. Kelandaian Maksimum

Pembatasan kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum jalan untuk alinyemen vertikal harus memenuhi Tabel 2.17.

**Tabel 2.17. Kelandaian Maksimum**

$V_R$ (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)

#### 2.4.8.4. Panjang Landai Kritis

Panjang landai kritis yaitu panjang landai maksimum dimana kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian rupa, yang ditetapkan atas dasar besarnya landai (tanjakan) dan penurunan kecepatan kendaraan berat sebesar 15 km/jam. Panjang kritis ditetapkan dari Tabel 2.18.

**Tabel 2.18. Panjang Landai Kritis**

$V_R$ (km/jam)	Landai (%)	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)

**2.4.8.5. Panjang Lengkung Vertikal**

Lengkung vertikal harus disediakan pada setiap lokasi yang mengalami perubahan kelandaian dengan tujuan:

- a) mengurangi guncangan akibat perubahan kelandaian; dan
- b) menyediakan jarak pandang henti.

**2.4.8.6. Lengkung Vertikal Cembung**

Panjang lengkung vertikal cembung, berdasarkan jarak pandangan henti ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

- a) jika jarak pandang henti lebih kecil dari panjang lengkung vertikal cembung ( $S < L$ ), seperti pada Gambar 2.28;

$$L = \frac{AS^2}{658} \dots\dots\dots (2.18)$$

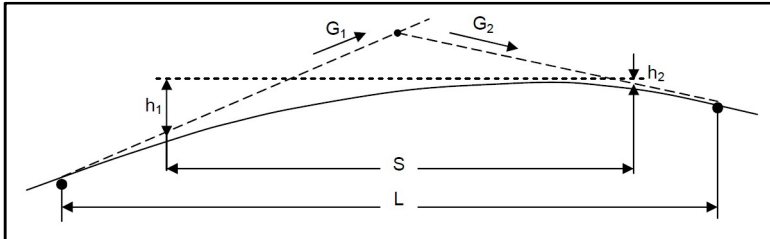
- b) jika jarak pandang henti lebih besar dari panjang lengkung vertikal cembung ( $S > L$ ), seperti pada Gambar 2.29.

$$L = 2s - \frac{658}{A} \dots\dots\dots (2.19)$$

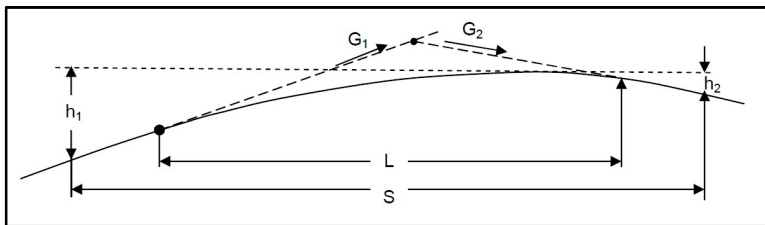
Keterangan:

- L = panjang lengkung vertikal (m)
- A = perbedaan aljabar landai (%)
- S = jarak pandang henti (m)

Nilai minimum untuk panjang lengkung vertikal pada kondisi jarak pandang lebih besar dari panjang lengkung vertikal, yaitu  $L_{\min} = 0,6 V_R$ , dimana  $V_R$  dalam km/jam dan  $L_{\min}$  dalam meter.



**Gambar 2.28. Jarak Pandang Henti Lebih Kecil dari Panjang Lengkung Vertikal Cembung**  
(Sumber: Bina Marga, 2009)



**Gambar 2.29. Jarak Pandang Henti Lebih Besar dari Panjang Lengkung Vertikal Cembung**  
(Sumber: Bina Marga, 2009)

**2.4.8.7. Lengkung Vertikal Cekung**

Panjang lengkung vertikal cekung, berdasarkan jarak pandangan henti ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

- a) jika jarak pandang henti lebih kecil dari panjang lengkung vertikal cekung ( $S < L$ )

$$L = \frac{AS^2}{120+3.5S} \dots\dots\dots (2.20)$$

- b) jika jarak pandang henti lebih besar dari panjang lengkung vertikal cekung ( $S > L$ ),

$$L = 2S - \left( \frac{120+3.5S}{A} \right) \dots\dots\dots (2.21)$$

Keterangan:

$L$  = panjang lengkung vertikal (m)

$A$  = perbedaan aljabar landai (%)

$S$  = jarak pandang henti (m)

Nilai minimum untuk panjang lengkung vertikal pada kondisi jarak pandang lebih besar panjang lengkung vertikal, yaitu  $L_{\min} = 0,6 V_R$ , dimana  $V_R$  dalam km/jam dan  $L_{\min}$  dalam meter.

## 2.4. Perencanaan *Interchange*

### 2.5.1. Persyaratan Teknis Simpangsusun

Persyaratan teknis simpangsusun yang harus diperhatikan dalam perencanaan simpangsusun:

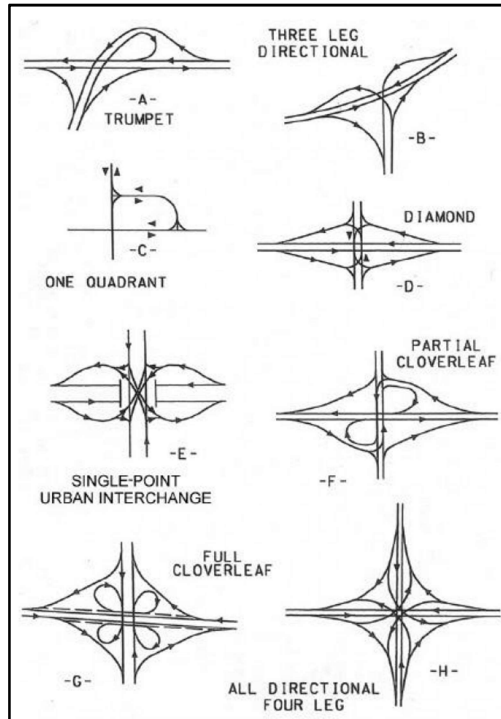
- a) Jenis - jenis ramp (*Direct, Indirect, Loop*);
- b) Jalur-jalur tambahan yang terdiri dari lajur percepatan dan perlambatan;
- c) Tempat keluar masuk simpangsusun;
- d) Penggunaan sumbu acuan perancangan antara sumbu jalan di jalan utama dengan sumbu jalan di ramp;
- e) Standar geometri yang digunakan;
- f) Landai ramp untuk lajur percepatan dan perlambatan;
- g) Ruang bebas berkaitan dengan tinggi minimum jembatan;
- h) Konsistensi bentuk simpangsusun dan/atau jarak antara simpangsusun berurutan.

### 2.5.2. Standar Tipe dan Bentuk Simpangsusun

Standar spesifikasi jalan bebas hambatan untuk jalan tol adalah tidak adanya persimpangan yang 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 dan arus major dan minor;
- *Cloverleaf* terdiri dari *partial cloverleaf* dan *full cloverleaf*;
- *Directional* atau langsung;
- Kombinasi, merupakan penggabungan dari bentuk-bentuk dasar diatas.

Standar bentuk simpang tak sebidang dapat dilihat pada Gambar 2.30.



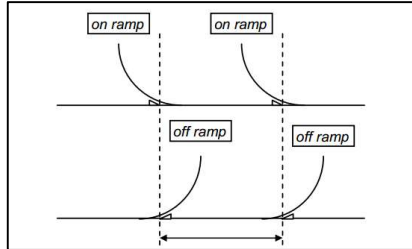
**Gambar 2.30. Standar Tipe Persimpangan/Simpangsusun**  
(Sumber: Bina Marga, 2009)

### 2.5.3. Jarak Simpangsusun

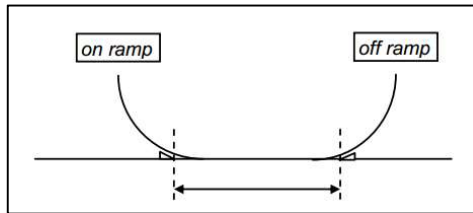
Ketentuan jarak simpangsusun seperti dilustrasikan pada Gambar 2.31., 3.32., dan 2.33., adalah sebagai berikut:

- a) Jarak antar simpangsusun untuk jalan tol antarkota minimal adalah 5 (lima) km as ke as atau dengan jarak *nose ramp* jalan masuk dan *nose ramp* jalan keluar untuk jurusan yang sama pada dua simpangsusun minimal adalah 5 (lima) km.

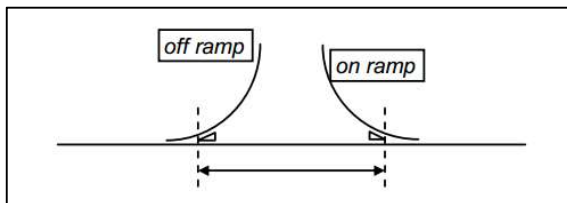
- b) Jarak antar simpangansusun untuk jalan tol perkotaan minimal adalah 2 (dua) km as ke as atau dengan jarak *nose ramp* jalan masuk dan *nose ramp* jalan keluar untuk jurusan yang sama pada dua simpangansusun minimal adalah 2 (dua) km.



**Gambar 2.31. Ilustrasi jarak nose ramp pada on ramp – on ramp dan off ramp – off ramp**  
(Sumber: Bina Marga, 2009)



**Gambar 2.32. Ilustrasi jarak nose ramp pada on ramp – off ramp**  
(Sumber: Bina Marga, 2009)



**Gambar 2.33. Ilustrasi jarak nose ramp pada off ramp – on ramp**  
(Sumber: Bina Marga, 2009)

- c) Simpangsusun pelayanan harus direncanakan menghubungkan jalan tol dan jalan bukan tol yang berfungsi sebagai jalan arteri atau minimal kolektor dalam sistem jaringan jalan primer.
- c) Jarak *nose ramp* jalan masuk simpangsusun dengan *nose ramp* jalan keluar tempat istirahat atau jarak *nose ramp* jalan keluar simpangsusun dengan *nose ramp* jalan masuk tempat istirahat pada arah yang sama minimal 5 (lima) km.
- d) Jarak terowongan/pintu gerbang bandar udara internasional/pintu gerbang pelabuhan laut internasional yang dihubungkan dengan jalan tol harus berjarak dengan jarak *nose ramp* jalan keluar/masuk simpangsusun minimal 2 (dua) km.

Penyediaan simpangsusun pada jalan tol mempertimbangkan jumlah penduduk pada wilayah yang bersangkutan untuk dilayani, dengan ketentuan sebanyak-banyaknya 1 (satu) simpangsusun untuk 1 (satu) wilayah dengan penduduk minimal 100.000 jiwa.

#### 2.5.4. Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana ramp simpangsusun yang menghubungkan jalan tol dengan jalan tol (Simpangsusun Sistem) harus memenuhi ketentuan sebagaimana Tabel 2.19:

**Tabel 2.19. Kecepatan rencana ramp pada simpangsusun sistem**

$V_R$ Jalan Tol I (km/jam)	$V_R$ Jalan Tol II (km/jam)			
	120	100	80	60
120	60-80			
100	60-80	60-80		
80	40-80	40-60	40-60	
60	40-60	40-60	40-60	40-60

(Sumber: Bina Marga, 2009)

Kecepatan rencana ramp simpangsusun yang menghubungkan jalan tol dengan jalan bukan tol (Simpangsusun Pelayanan) harus memenuhi ketentuan sebagaimana Tabel 2.20:



**Tabel 2.20. Kecepatan rencana ramp pada simpangsusun pelayanan**

$V_R$ Jalan Tol (km/jam)	$V_R$ Jalan Bukan Tol (km/jam)		
	100	80	60
120	60-80		
100	60-80		
80	40-60	40-60	
60	40-60	40-60	40-60

(Sumber: Bina Marga, 2009)

### 2.5.5. Penampang Melintang

Berikut adalah persyaratan penampang melintang untuk simpangsusun atau secara mudah dapat dilihat pada Gambar 2.34:

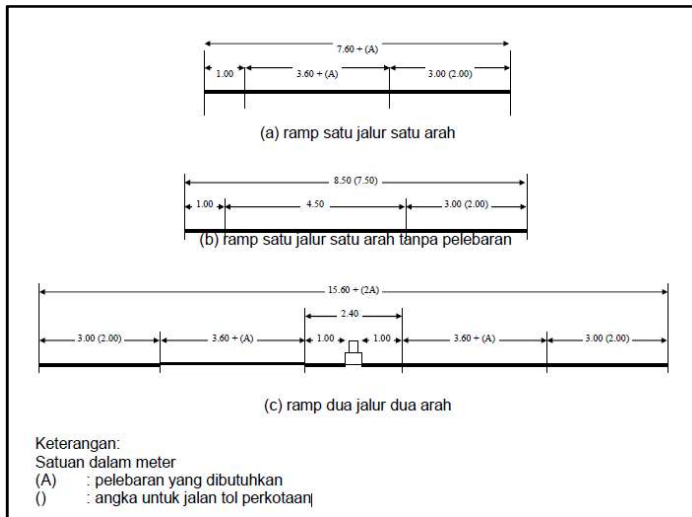
- Ramp* simpangsusun untuk 2 (dua) arah lalu lintas harus dilengkapi dengan median.
- Lebar jalur lalu lintas *ramp* simpangsusun dengan 1 lajur lalu lintas dengan 1 arah minimal 4,5 meter dengan tanpa mempertimbangkan kebutuhan pelebaran lajur lalu lintas pada tikungan.
- Lebar lajur lalu lintas ramp simpangsusun dengan 1 lajur lalu lintas untuk 1 arah atau dengan 2 lajur lalu lintas untuk 1 arah, dibuat sama dengan lebar lajur lalu lintas pada jalur utamanya dengan mempertimbangkan kebutuhan pelebaran pada tikungan.
- Besarnya kebutuhan pelebaran pada ramp mengikuti perhitungan pelebaran pada tikungan.
- Lebar bahu luar dan bahu dalam ramp simpangsusun harus memenuhi ketentuan Tabel 2.21.
- Pada ramp Simpangsusun Pelayanan dengan 2 lajur lalu lintas untuk 1 arah, lebar bahu luar dapat dibuat sama dengan lebar bahu dalam.

Lebar median pada ramp simpangsusun dengan 2 (dua) lajur lalu lintas untuk 2 (dua) arah menggunakan median datar atau median ditinggikan (*median concrete barrier*) seperti pada ketentuan teknik jalan utama tersebut diatas.

**Tabel 2.21. Lebar Bahu Luar dan Bahu Dalam *Ramp* Antarkota**

Kecepatan Rencana Jalan Utama (km/jam)	Lebar Bahu Luar (m)	Lebar Bahu Dalam (m)
120	3,00	1,00
100	3,00	1,00
80	3,00	1,00
60	-	-

(Sumber: Bina Marga, 2009)



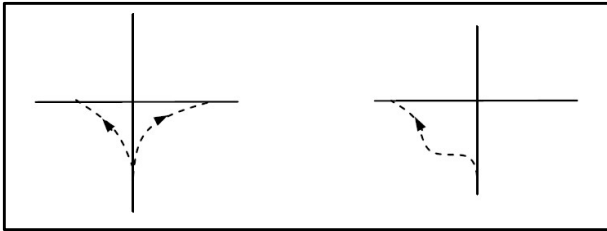
**Gambar 2.34. Tipikal Potongan Melintang pada *Ramp***  
 (Sumber: Bina Marga, 2009)

## 2.5. Perencanaan *Ramp*

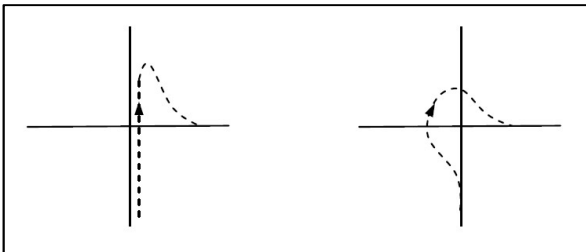
### 2.6.1. Tipe *Ramp*

Berdasarkan pergerakannya, terdapat 3 (tiga) tipe *ramp*, yaitu *Direct*, *Semi Direct*, dan *Indirect*.

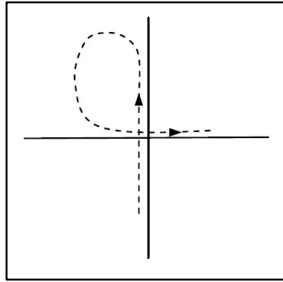
- Direct* (hubungan langsung)  
Sebelum titik pusat, ramp langsung berbentuk kearah tujuan, seperti Gambar 2.35.
- Semi direct* (hubungan setengah langsung)  
Dalam menuju arah tujuan, ramp melalui/mengelilingi titik pusat dahulu dan memotong salah satu arus lain secara tegak lurus, seperti Gambar 2.36.
- Indirect* (hubungan tak langsung)  
Dalam menuju arah tujuan, ramp berbelok kearah berlawanan dahulu dan kemudian memutar sekitar 270°, seperti Gambar 2.37.



**Gambar 2.35. Jalur Penghubung Langsung**  
(Sumber: Bina Marga, 2009)



**Gambar 2.36. Jalur Penghubung Setengah Langsung**  
(Sumber: Bina Marga, 2009)



**Gambar 2.37. Jalur Penghubung Tidak Langsung**  
(Sumber: Bina Marga, 2009)

### 2.6.2. Radius Tikungan pada *Ramp/Loop*

Radius tikungan pada *ramp/loop* harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- Sesuai dengan kecepatan rencana masuk ramp, sebagaimana Tabel 2.22.
- Jika digunakan tikungan majemuk seperti pada Gambar 2.38, 2.39 dan 2.40, perbandingan antara radius tikungan pertama dengan tikungan ke dua adalah 2:1, atau minimal 1,5 : 1, dengan panjang masing-masing lengkung ditentukan sebagaimana Tabel 2.23.

**Tabel 2.22. Radius Tikungan Minimum untuk *Ramp***

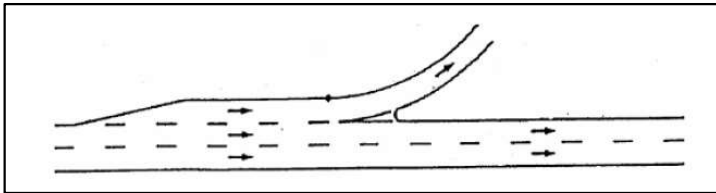
$V_R$ (km/jam)	Radius Tikungan Minimum (m)		
	$e_{\max} = 6\%$	$e_{\max} = 8\%$	$e_{\max} = 10\%$
80	250	230	210
60	135	125	115
40	55	50	45

(Sumber: Bina Marga, 2009)

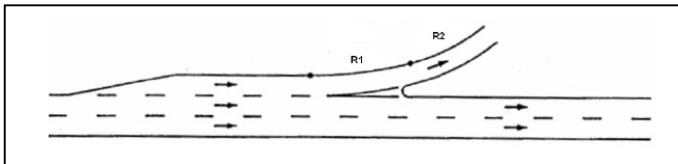
**Tabel 2.23. Panjang Minimum Lengkung Lingkaran di Ramp**

R (m)	Panjang Minimum Lengkung Lingkaran (m)	
	Minimal	Ideal
150 atau lebih besar	45	60
125	35	55
100	30	45
75	25	35
60	20	30
50	15	20

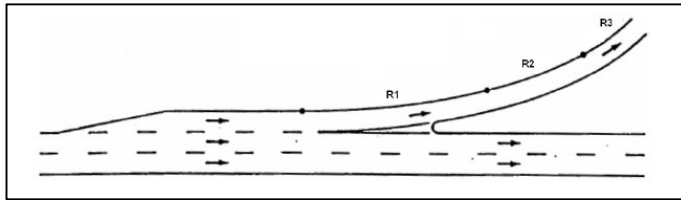
(Sumber: Bina Marga, 2009)

**Gambar 2.38. Ramp dengan Menggunakan 1 (Satu) Radius Tikungan**

(Sumber: Bina Marga, 2009)

**Gambar 2.39. Ramp dengan Menggunakan 2 (Dua) Radius Tikungan**

(Sumber: Bina Marga, 2009)



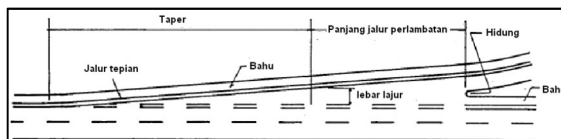
**Gambar 2.40. Ramp dengan Menggunakan 3 (Tiga) Radius Tikungan**

(Sumber: Bina Marga, 2009)

## 2.6. Lajur Percepatan dan Lajur Perlambatan

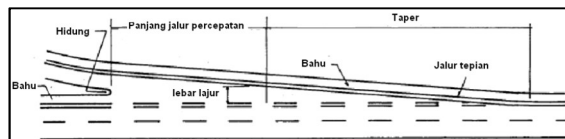
Berikut adalah beberapa ketentuan untuk perencanaan lajur percepatan dan perlambatan:

- Jalan keluar pada simpangsusun dengan 1 (satu) lajur lalu lintas menggunakan lajur perlambatan tipe taper, seperti Gambar 2.41 dan 2.42.
- Jalan Masuk pada simpangsusun dengan 1 (satu) lajur lalu lintas menggunakan lajur percepatan tipe paralel, seperti Gambar 2.43 dan 2.44.
- Lajur perlambatan dan lajur percepatan harus memenuhi ketentuan sebagaimana Tabel 2.24 dan 2.25.



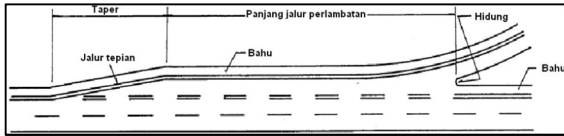
**Gambar 2.41. Lajur Perlambatan Tipe Taper**

(Sumber: Bina Marga, 2009)

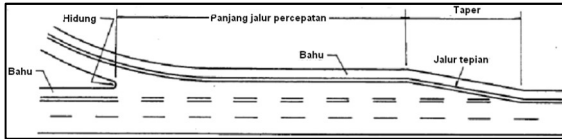


**Gambar 2.42. Lajur Percepatan Tipe Taper**

(Sumber: Bina Marga, 2009)



**Gambar 2.43. Lajur Perlambatan Tipe *Parallel***  
(Sumber: Bina Marga, 2009)



**Gambar 2.44. Lajur Percepatan Tipe *Parallel***  
(Sumber: Bina Marga, 2009)

**Tabel 2.24. Panjang Lajur Percepatan Minimum**

$V_R$ (km/jam)	Panjang Lajur Percepatan Minimum (m)		
	$V_R$ ramp (km/jam)		
	80	60	45
120	245	410	490
100	40	205	285
80	-	65	145
60	-	-	45

(Sumber: Bina Marga, 2009)

**Tabel 2.25. Panjang Lajur Perlambatan Minimum**

$V_R$ (km/jam)	Panjang Lajur Perlambatan Minimum (m)		
	$V_R$ ramp (km/jam)		
	80	60	45
120	120	155	175
100	85	120	145
80	-	80	100
60	-	-	65

(Sumber: Bina Marga, 2009)

## 2.7. Taper

*Taper* digunakan untuk awal lajur percepatan/perlambatan yang disediakan untuk pergerakan belok kanan dan belok kiri secara serong, untuk mengarahkan penggabungan maupun pemisahan terhadap lalu lintas di jalur utama.

Panjang *taper* minimum untuk pergerakan memisah dan menggabung ditampilkan pada Tabel 2.26:

**Tabel 2.26. Panjang *Taper* Lajur Tunggal**

Kecepatan Rencana (km/jam)	Panjang <i>Taper</i> Minimum (m)	
	Memisah	Menggabung
120	135	270
100	113	225
80	90	180
60	42	84

(Sumber: Bina Marga, 2009)

## 2.8. Fasilitas Perlengkapan Jalan

Fasilitas perlengkapan jalan dibutuhkan untuk mengoptimalkan keamanan, keselamatan, ketertiban, dan kelancaran lalu lintas dan angkutan jalan karena memberikan informasi kepada pengguna jalan mengenai peraturan dan petunjuk yang diperlukan untuk mencapai arus lalu lintas yang selamat, seragam, dan beroperasi dengan efisien.

### 2.8.1. Marka Jalan

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan No. 34 Tahun 2014, marka jalan merupakan suatu tanda yang berada di permukaan jalan atau di atas permukaan jalan yang meliputi peralatan atau tanda yang membentuk garis membujur, garis melintang, garis serong, serta lambang yang berfungsi untuk mengarahkan arus lalu lintas dan membatasi daerah kepentingan lalu lintas.

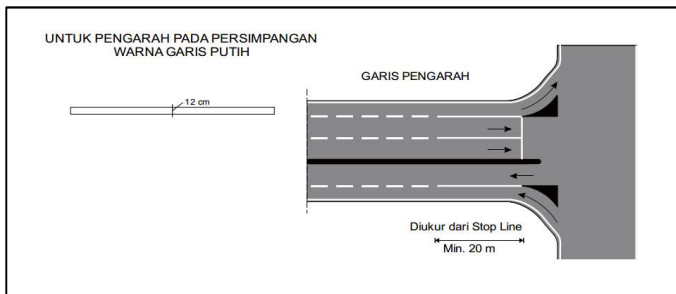
#### 1. Marka Membujur

Marka membujur berupa garis berwarna putih yang terdiri atas:



a. Garis utuh

Marka membujur berupa garis utuh dengan lebar pada jalan tol paling sedikit 15 (lima belas) sentimeter yang berfungsi sebagai larangan bagi kendaraan melintasi garis tersebut. Marka membujur berupa satu garis utuh juga dipergunakan untuk menandakan tepi lajur lalu lintas seperti pada Gambar 2.45.



**Gambar 2.45 Marka Membujur Garis Utuh**

(Sumber: Menteri Perhubungan, 2014)

b. Garis putus-putus

Marka membujur berupa garis putus-putus berfungsi untuk:

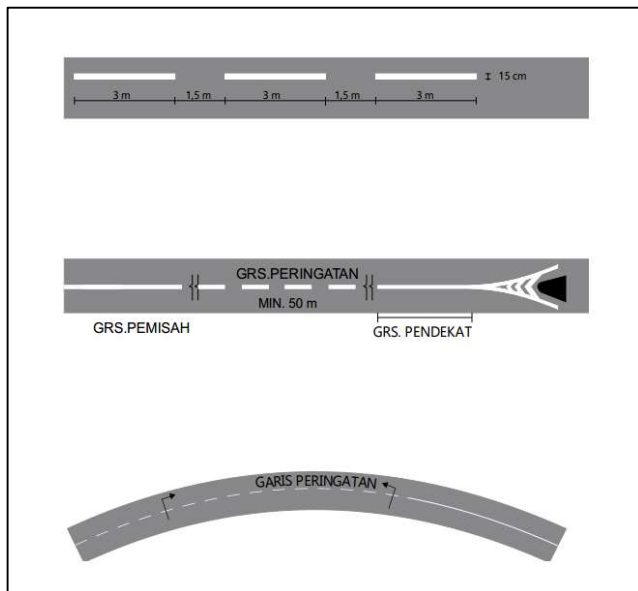
- Mengarahkan lalu lintas
- Memperingatkan akan ada marka membujur berupa garis utuh di depan dan pembatas jalur pada jalan dua arah
- Peringatan pada jalur percepatan/perlambatan sebelum mendekati penghalang (*approach line*) atau pada garis dilarang menyalip di tikungan.

Marka membujur memiliki syarat panjang, lebar, dan jarak antar marka seperti pada Tabel 2.27 dan ilustrasi pada Gambar 2.46.

**Tabel 2.27 Marka Membujur Garis Putus-Putus**

Kecepatan rencana (km/jam)	Panjang Marka (meter)	Lebar minimum (sentimeter)	Jarak antar marka (meter)
< 60	3	10	5
≥ 60	5	10	8

(sumber: Menteri Perhubungan, 2014)



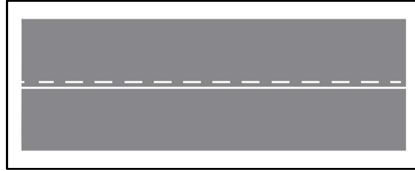
**Gambar 2.46 Marka Membujur Garis Putus-Putus**  
(sumber: Menteri Perhubungan, 2014)

c. 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

Jarak antara 2 (dua) garis ganda adalah paling sedikit 10 (sepuluh) sentimeter dan tidak lebih dari 18 (delapan belas) sentimeter. Untuk lebih jelasnya ilustrasi marka membujur garis ganda dapat dilihat pada Gambar 2.47.



**Gambar 2.47 Marka Membujur Garis Ganda Utuh dan Putus-Putus**

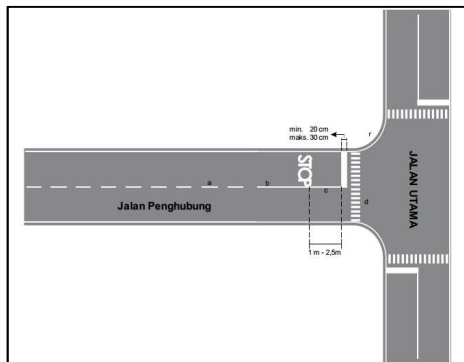
(sumber: Menteri Perhubungan, 2014)

## 2. Marka Melintang

Marka melintang berwarna putih dan terdiri atas:

### a. Garis utuh

Marka melintang berupa garis utuh merupakan tanda batas berhenti kendaraan yang diwajibkan berhenti oleh alat pemberi isyarat lalu lintas, rambu berhenti, tempat penyebrangan, atau *zebra cross*. Marka melintang memiliki lebar minimum sebesar 20 (dua puluh) sentimeter dan maksimum 30 (tiga puluh) sentimeter seperti pada Gambar 2.48..

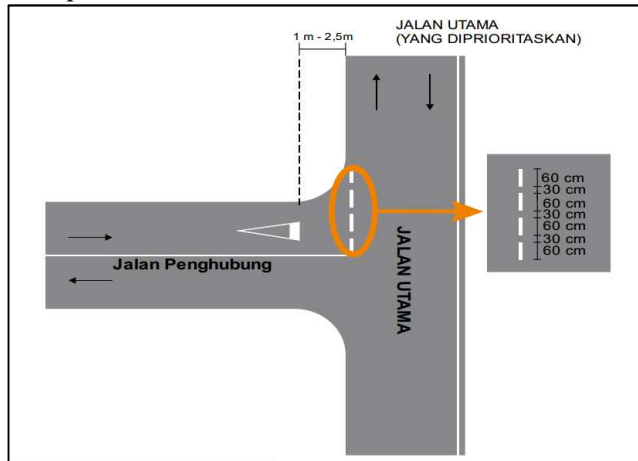


**Gambar 2.48 Marka Melintang Garis Utuh**

(sumber: Menteri Perhubungan, 2014)

b. Garis putus-putus

Marka melintang berupa garis putus-putus digunakan untuk menyatakan batas yang tidak dapat dilampaui kendaraan sewaktu memberi kesempatan kepada kendaraan yang mendapat hak utama pada persimpangan. Ilustrasi marka melintang berupa garis putus-putus dapat dilihat pada Gambar 2.49.



**Gambar 2.49 Marka Melintang Garis Putus-Putus**  
(sumber: Menteri Perhubungan, 2014)

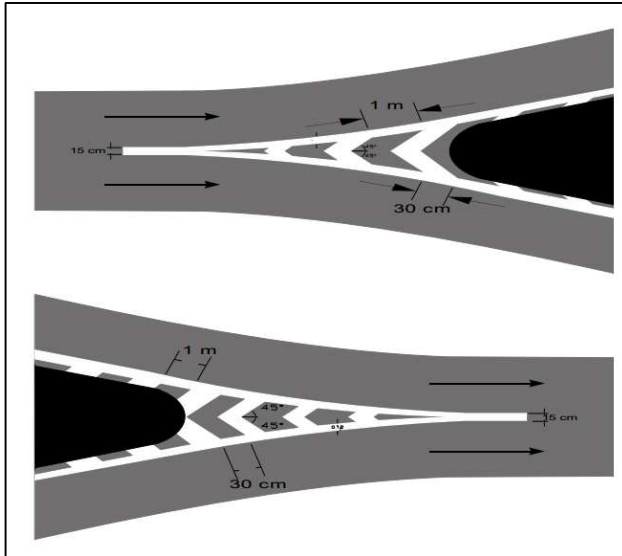
3. Marka Serong

Marka serong berupa garis tух dilarang dilintasi kendaraan. Marka serong yang dibatasi dengan rangka garis tух berpola *chevron* menghadap arah lalu lintas digunakan untuk menyatakan:

- Daerah yang tidak boleh dimasuki kendaraan pada lalu lintas satu arah
- Pemberitahuan awal sudah mendekati pulau lalu lintas atau median jalan pada lalu lintas satu arah
- Pemberitahuan awal akan ada pemisahan atau percabangan jalan pada lalu lintas satu arah, atau

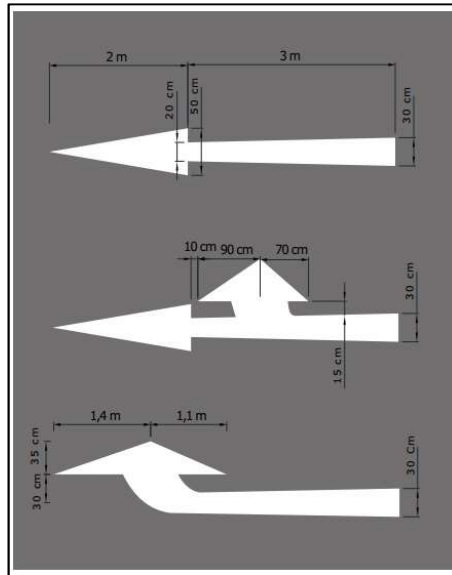
- Larangan bagi kendaraan untuk melintasi pada lalu lintas satu arah.

Marka serong pada jalan tol memiliki lebar minimum 15 (lima belas) sentimeter. Ilustrasi marka serong dapat dilihat pada Gambar 2.50.

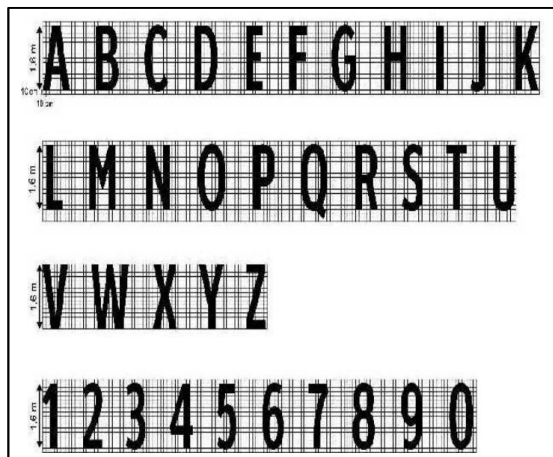


**Gambar 2.50 Marka Serong**  
(sumber: Menteri Perhubungan, 2014)

4. Marka Lambang  
Marka lambing berupa panah, segitiga, atau tulisan, berfungsi untuk mengulangi rambu-rambu lalu lintas atau untuk memberitahukan pengguna jalan yang tidak dinyatakan dengan rambu-rambu lalu lintas. Ilustrasi dan ukuran marka lambing dapat dilihat pada Gambar 2.51 dan 2.52.



**Gambar 2.51 Marka Lambang Arah Panah**  
(sumber: Menteri Perhubungan, 2014)



**Gambar 2.52 Ukuran Huruf dan Angka Marka Lambang**  
(sumber: Menteri Perhubungan, 2014)

## 2.8.2. Rambu Lalu Lintas

Rambu lalu lintas menurut Peraturan Menteri Perhubungan No. 13 Tahun 2014 adalah alat pelengkap pada jalan yang biasanya berupa lambang, huruf, angka, kalimat, dan/atau perpaduan yang digunakan untuk tanda peringatan, larangan, perintah, atau petunjuk bagi pengguna jalan.

### 2.8.2.1. Jenis Rambu Lalu Lintas

Rambu lalu lintas berdasarkan jenisnya dapat dikelompokkan sebagai berikut:

#### 1. Rambu Peringatan

Rambu peringatan digunakan untuk memberi peringatan kemungkinan adanya bahaya atau tempat berbahaya di depan pengguna jalan. Salah satu contoh rambu peringatan dapat dilihat pada Gambar 2.53.



**Gambar 2.53 Contoh Rambu Peringatan**

(sumber: Menteri Perhubungan, 2014)

#### 2. Rambu Larangan

Rambu larangan digunakan untuk memberi pernyataan larangan bagi pengguna jalan. Salah satu contoh rambu larangan dapat dilihat pada Gambar 2.54.



**Gambar 2.54 Contoh Rambu Larangan**

(sumber: Menteri Perhubungan, 2014)

### 3. Rambu Perintah

Rambu perintah digunakan untuk memberikan panduan atau informasi kepada pengguna jalan saat melakukan perjalanan. Salah satu contoh rambu perintah dapat dilihat pada Gambar 2.55.



**Gambar 2.55 Contoh Rambu Perintah**

(sumber: Menteri Perhubungan, 2014)

### 4. Rambu Petunjuk

Rambu petunjuk digunakan untuk memberikan panduan atau informasi kepada pengguna jalan. Contoh rambu petunjuk dapat dilihat pada Gambar 2.56.



**Gambar 2.56 Contoh Rambu Petunjuk**

(sumber: Menteri Perhubungan, 2014)

#### 2.8.2.2. Penempatan Rambu Lalu Lintas

Rambu lalu lintas untuk jalan tol ditempatkan dengan memperhatikan desain geometrik jalan, karakteristik lalu lintas, kelengkapan bagian konstruksi jalan, kondisi struktur tanah, perlengkapan jalan yang sudah terpasang, konstruksi yang tidak berkaitan dengan pengguna jalan, dan fungsi dari perlengkapan



jalan lainnya. Penempatan rambu lalu lintas harus tetap berada pada rumaja atau ruang manfaat jalan.

Daun rambu memiliki ukuran berbeda berdasarkan kecepatan rencana dari jalan yang dilalui, dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Ukuran kecil  $\rightarrow V_R \leq 30$  km/jam
- Ukuran sedang  $\rightarrow V_R \leq 60$  km/jam
- Ukuran besar  $\rightarrow V_R < 80$  km/jam
- Ukuran sangat besar  $\rightarrow V_R \geq 80$  km/jam

Sedangkan untuk penempatan rambu peringatan pada sisi jalan dapat menggunakan spesifikasi:

- Paling sedikit 180 meter  $\rightarrow V_R > 100$  km/jam
- Paling sedikit 100 meter  $\rightarrow 80 < V_R \leq 100$  km/jam
- Paling sedikit 80 meter  $\rightarrow 60 < V_R \leq 80$  km/jam
- Paling sedikit 50 meter  $\rightarrow V_R \leq 60$  km/jam

## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1 Umum**

Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai uraian kegiatan yang akan dilakukan selama penulisan dan penyusunan tugas akhir ini berlangsung, serta diagram alir penyusunan tugas akhir.

### **3.2 Uraian Kegiatan**

Langkah-langkah dalam penulisan dan penyusunan tugas akhir perencanaan ulang geometrik *interchange* Waru *Ramp* Mojokerto-Sidoarjo adalah sebagai berikut:

1. Tahap persiapan
2. Tahap identifikasi masalah
3. Tahap pengumpulan data
4. Tahap pemilihan alternatif baru
5. Tahap perencanaan ulang geometrik *interchange*
6. Tahap hasil dan kesimpulan

Untuk lebih jelasnya, setiap tahapan pengerjaan akan dijelaskan dibawah ini dan lebih singkatnya dapat dilihat pada diagram alir di Gambar 3.2.

#### **3.2.1. Tahap Persiapan**

Tahap persiapan merupakan rangkaian kegiatan sebelum memulai pengumpulan data dan pemilihan alternatif. Dalam tahap awal ini disusun hal-hal penting yang harus dilakukan dengan tujuan mengefektifkan waktu dan pekerjaan. Adapun dalam tahap persiapan ini meliputi:

1. Studi Pustaka terhadap tugas akhir untuk menentukan garis besar permasalahan. Literatur yang menjadi pegangan utama dalam Tugas Akhir ini adalah Standar Konstruksi dan Bangunan Nomor 007/BM/2009 Tentang Geometri Jalan Bebas Hambatan untuk Jalan Tol. Pada literatur tersebut diatur mengenai ketentuan-ketentuan mengenai perencanaan geometrik jalan bebas hambatan. Selain literatur tersebut, digunakan pula literatur lain seperti Pedoman Perencanaan

Persimpangan Jalan Tak Sebidang, undang-undang, buku, dll (dapat dilihat di daftar pustaka).

2. Menentukan kebutuhan data yang akan digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir yang selanjutnya akan dijelaskan pada Subbab 3.2.3.

Persiapan diatas harus dilaksanakan dengan cermat untuk menghindari adanya bagian-bagian yang terlupakan ataupun pekerjaan berulang.

### **3.2.2. Tahap Identifikasi Masalah**

Dalam tahap ini penulis mengamati kondisi lapangan dan permasalahan yang terjadi sampai penulis mengangkat topik perencanaan ulang geometrik *interchange* pada tugas akhir ini. Perencanaan ulang *interchange* ini dilakukan dengan pertimbangan bahwa kapasitas *interchange* jalan tol tersebut akan disesuaikan dengan berkembangnya volume lalu lintas pada jalan yang berpengaruh dan jumlah penduduk di sekitar lokasi *interchange*. Sehingga yang perlu diidentifikasi antara lain:

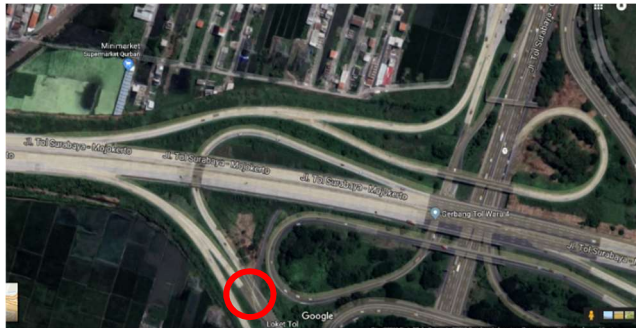
1. Evaluasi perencanaan *interchange* sebelumnya;
2. Titik keluar dan bentuk *interchange* yang paling memenuhi kebutuhan sesuai dengan aturan yang berlaku dan volume lalu lintas yang akan masuk dan keluar tol serta pertumbuhan jumlah penduduk pada lokasi *interchange*.

### **3.2.3. Tahap Pengumpulan Data**

Berdasarkan metode dalam pengumpulannya, data yang dibutuhkan adalah data sekunder. Data sekunder merupakan data yang didapat dari instansi yang bersangkutan, mengingat bahwa beberapa data yang diperlukan tidak dapat diperoleh secara langsung karena membutuhkan riset yang dalam dan waktu yang lama. Data sekunder yang dibutuhkan antara lain:

- a. Data lalu lintas harian rata-rata (LHR)

Untuk memprediksi volume kendaraan yang melalui *interchange* Waru *ramp* Mojokerto-Sidoarjo. Titik pengambilan data LHR dapat dilihat pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1. Titik Pengambilan Data LHR**

(Sumber: *Google Earth*, 29 Agustus 2018)

- b. Peta jaringan jalan Tol Surabaya-Mojokerto dan Jalan Tol Surabaya-Porong  
 Untuk memberikan gambaran kondisi eksisting *interchange* dan menentukan kapasitas jalan dan faktor-faktor penyesuaian lainnya.

### 3.2.4. Tahap Pemilihan Alternatif Baru

Metode yang digunakan untuk menentukan alternatif *interchange* baru adalah analisis hirarki proses (*Analytic Hierarchy Process*). Tahap pertama dalam *analytic hierarchy process* adalah menentukan alternatif-alternatif yang harus dipilih. Dalam Tugas Akhir ini alternatif yang dipilih dibatasi menjadi 3 alternatif, yaitu:

1. *Direct*
2. *Semi-Direct*
3. *Direct* (Alternatif lain menuju Bungurasih)

Tiap-tiap alternatif tersebut dapat terdiri dari beberapa kriteria, sehingga tahap selanjutnya adalah melakukan pembobotan pada tiap-tiap kriteria tersebut atau memberikan pengukuran berdasarkan kepentingan. Tahap terakhir adalah memproses nilai numerik untuk menentukan ranking tiap alternatif sehingga dapat ditentukan alternatif terbaik dalam perencanaan ini.

### 3.2.5. Tahap Perencanaan Ulang Geometrik *Interchange*

Tahap perencanaan adalah tahapan dimana sudah ditetapkan alternatif geometrik yang akan digunakan dalam Tugas

Akhir ini. Tahapan yang akan dilakukan untuk merencanakan ulang *interchange* adalah sebagai berikut:

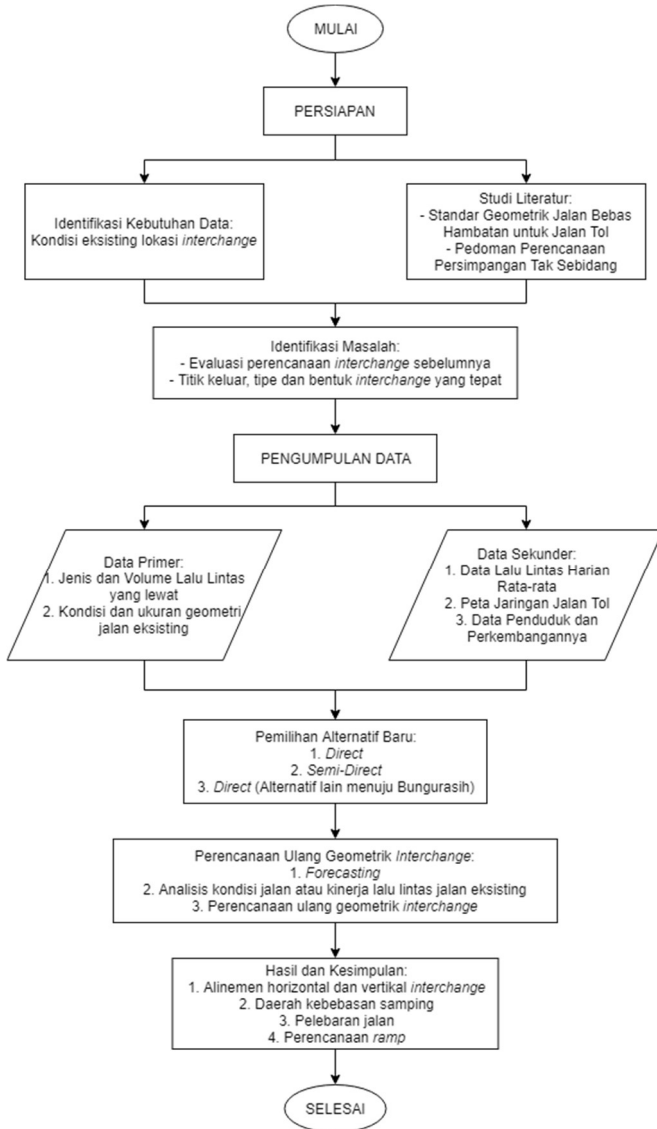
1. Analisis kondisi jalan atau kinerja lalu lintas jalan eksisting, yang meliputi volume lalu lintas harian rata-rata di tahun rencana.
2. Tahap Perencanaan Ulang Geometrik *Interchange*
  - a. Perencanaan Alinemen Horizontal
  - b. Perencanaan Alinemen Vertikal
  - c. Perhitungan Daerah Kebebasan Samping
  - d. Perhitungan Pelebaran Jalan
  - e. Perhitungan Perencanaan *Ramp*

### 3.2.6. Hasil dan Kesimpulan

Hasil yang akan didapat setelah pengolahan data adalah sebagai berikut:

- a. Alinemen Horizontal
- b. Alinemen Vertikal
- c. Daerah Kebebasan Samping
- d. Pelebaran Jalan
- e. Perencanaan *Ramp*

Diagram alir dari rencana pekerjaan tugas akhir perencanaan ulang geometrik *interchange* Waru *Ramp* Mojokerto-Sidoarjo dapat dilihat pada Gambar 3.2.



**Gambar 3.2. Diagram Alir**

*"Halaman ini sengaja dikosongkan"*

## BAB IV DATA DAN ANALISIS DATA

### 4.1. Umum

Pada bab data dan analisis data ini akan dijelaskan data-data terkumpul yang digunakan dalam tugas akhir ini. Data-data tersebut diantaranya adalah data peningkatan jumlah kendaraan, data lalu lintas harian rata-rata, dan gambar DED *interchange* eksisting. Selanjutnya data-data tersebut diolah sehingga dapat digunakan pada perhitungan geometrik *interchange* yang baru.

### 4.2. Data Peningkatan Jumlah Kendaraan

Data peningkatan jumlah kendaraan dari 2009 hingga 2015 didapatkan dari Polantas Kota Surabaya. Data peningkatan jumlah kendaraan digunakan untuk menghitung *forecast* volume lalu lintas yang akan melewati jalan eksisting dan ditinjau dalam 10 tahun kedepan.

Peningkatan jumlah kendaraan yang didapatkan dari Polantas Kota Surabaya pada Tabel 4.1 masih tergolong dalam 7 tipe kendaraan yaitu sedan, jeep, stwagon, bus, truk, sepeda motor, dan alat berat. Kemudian data-data tersebut digabungkan tanpa memperhitungkan jumlah sepeda motor dan alat berat dengan mempertimbangkan kendaraan yang akan melewati jalan tol. Berdasarkan analisis pada Tabel 4.2 didapatkan presentase pertumbuhan sebesar 4,622%.

**Tabel 4.1. Pertumbuhan Kendaraan Berdasarkan Tipenya Tahun 2009-2015**

Jenis Kendaraan	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Sedan Dan Sejenisnya	51,610	50,555	48,258	47,459	50,164	53,024	56,046
Jeep Dan Sejenisnya	29,022	29,601	28,312	29,635	31,324	33,110	34,997
STWAGON Dan Sejenisnya	183,645	198,960	199,360	217,686	230,094	243,209	257,072
Bus Dan sejenisnya	2,064	2,279	2,304	2,486	2,628	2,777	2,936
Truk Dan Sejenis nya	86,987	89,530	92,238	100,809	106,555	112,629	119,049
Jumlah	353,328	370,925	370,472	398,075	420,765	444,749	470,100

(sumber: Polantas Kota Surabaya)



**Tabel 4.2. Presentase Pertumbuhan Kendaraan Berdasarkan Tipenya Tahun 2009-2015**

Jenis Kendaraan	%						Rata-rata %
	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	
TOTAL	4.744	-0.122	6.934	5.393	5.393	5.393	4.622

(sumber: Hasil Perhitungan dan Analisis)

### 4.3. Data Lalu Lintas

Data lalu lintas harian (LHR) diperoleh dari PT. Jasamarga Surabaya Mojokerto (JSM). Data LHR yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah data LHR yang melewati gerbang tol Waru 5 dan menuju arah Mojokerto. Dari data yang didapat, volume LHR pada titik tersebut adalah sebesar 2377 smp/hari.

Analisis volume lalu lintas eksisting adalah hasil perhitungan *forecasting* volume lalu lintas setiap tahunnya pada eksisting selama 10 tahun dimana volume kendaraan ini akan memengaruhi lebar jalan *interchange* Waru *ramp* Mojokerto-Sidoarjo. Volume lalu lintas didapatkan dari volume lalu lintas tahunan dikalikan dengan presentase pertumbuhan kendaraan seperti persamaan berikut:

**Volume Kendaraan Tahun ke-n** = Volume kendaraan tahun ke (n-1) + (Volume kendaraan tahun ke (n-1) \* Presentase peningkatan kendaraan)

Volume Kendaraan Tahun ke-2019 =  $2.377 + (2.377 * 4,62\%) = 2.487$  smp/hari

Rekapitulasi perhitungan volume kendaraan sampai tahun ke-10 dapat dilihat pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.3. Volume Lalu Lintas selama 10 Tahun**

<b>Waru 5</b>	
Tahun	smp/jam
2018	2377
2019	2487
2020	2602
2021	2723
2022	2849
2023	2981
2024	3119
2025	3264
2026	3415
2027	3573
2028	3739

(sumber: Hasil Perhitungan dan Analisis)

Untuk mendapatkan data lebar jalur, dibutuhkan data volume lalu lintas harian rata-rata pada proyeksi tahun ke-10. Maka data VLHR pada tahun ke-10 sebesar 3739 smp/hari. Lebar jalur yang dapat digunakan berdasarkan peraturan Bina Marga adalah sebesar 7 m.

#### **4.4. DED *interchange* eksisting**

DED (*Detailed Engineering Design*) adalah desain rencana yang diperoleh dari PT. Jasamarga Surabaya Mojokerto (JSM). Dalam gambar DED dapat dilihat pula ketinggian elevasi dari *interchange* eksisting yang dapat digunakan untuk patokan dalam membuat simpang-susun. Untuk lebih jelasnya, gambar DED dapat dilihat pada Lampiran 1.

*"Halaman ini sengaja dikosongkan"*

## BAB V ALTERNATIF DAN PEMILIHAN TRASE

### 5.1. Alternatif Trase

Tahap pertama perencanaan geometrik jalan adalah pembuatan trase. Dalam perencanaannya ada beberapa alternatif trase yang nantinya akan dipilih salah satu berdasarkan kriteria yang ditetapkan pembobotannya dalam perhitungan AHP (*Analytic Hierarchy Process*).

Terdapat 3 pilihan alternatif trase yang memungkinkan untuk menjadi pengganti dari trase eksisting, yaitu tipe *direct*, tipe *semi-direct*, dan pengganti *ramp* waru 6 atau dapat dilihat pada Gambar 5.1.



**Gambar 5.1. Alternatif Pemilihan Trase**  
(sumber: Analisa perencanaan)

Kriteria yang dijadikan sebagai bahan pertimbangan adalah sebagai berikut:

- Panjang jalan trase rencana
- Elevasi interchange
- Kemungkinan integrasi jalan tol antarkota

## 5.2. Pemilihan Trase

Dalam tahap pemilihan trase berdasarkan metode AHP, terdapat beberapa tahapan yang harus dilakukan, yaitu:

- Pembobotan Kriteria

Pembobotan ditentukan berdasarkan peringkat diberikan dengan rentang nilai 1 s.d. 9 dengan kriteria yang diutamakan diberi nilai lebih tinggi dan diurutkan ke nilai paling rendah. Peringkat akan dipaparkan dalam bentuk matriks di Tabel 5.1.

**Tabel 5.1. Pembobotan Kriteria**

Kriteria pemilihan	Panjang Trase	Elevasi <i>Interchange</i>	Integrasi Tol Antarkota
Panjang Trase	1	1/3	1/5
Elevasi <i>Interchange</i>	3	1	1/3
Integrasi Tol Antar Kota	5	3	1

(sumber: Analisis perencanaan)

Masing-masing angka diberi bobot dengan membagi masing-masing angka tersebut dengan jumlah setiap baris. Perhitungan peringkat prioritas disajikan dalam matriks pada Tabel 5.2.

**Tabel 5.2. Peringkat Prioritas**

Kriteria pemilihan	Panjang Trase	Elevasi <i>Interchange</i>	Integrasi Tol Antarkota
Panjang Trase	0.11	0.08	0.13
Elevasi <i>Interchange</i>	0.33	0.23	0.22
Integrasi Tol Antar Kota	0.56	0.69	0.65

(sumber: Analisis perencanaan)

Jumlah angka perkolom adalah peringkat prioritas dari setiap kriteria. Pembobotan prioritas dari setiap kriteria dapat dilihat pada Tabel 5.3.

**Tabel 5.3. Pembobotan Kriteria**

Panjang Trase	0.11
Elevasi <i>Interchange</i>	0.26
Integrasi Tol Antarkota	0.63

(sumber: Analisis perhitungan)

- Menentukan Konsistensi Rasio

Menentukan nilai  $\lambda_{max}$ :

$$A \cdot x = Ax = \lambda_{max} \cdot x$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 1/3 & 1/5 \\ 3 & 1 & 1/3 \\ 5 & 3 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0.11 \\ 0.26 \\ 0.63 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.320 \\ 0.790 \\ 1.946 \end{pmatrix} = \lambda_{max} \cdot \begin{pmatrix} 0.11 \\ 0.26 \\ 0.63 \end{pmatrix}$$

$$\lambda_{max} = average(0.32/0.11, 0.79/0.26, 1.95/0.63)$$

$$\lambda_{max} = 3.04$$

- Menentukan nilai konsistensi index (CI):

$$n = 3$$

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

$$CI = \frac{3.04 - 3}{3 - 1} = 0.019$$

- Menentukan Konsistensi Rasio (CR):

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

$$CR = \frac{0.019}{3} = 0.037$$

Nilai CR = 0.037 ≤ 0.1, maka OK.

- Peringkat Kriteria

Pembobotan alternatif terlebih dahulu dilakukan pada pembobotan masing-masing kriteria.

- Panjang Trase

	Meter	Normalisasi
Direct	1470	0.2885
Semi-direct	1706	0.2480
<i>Ramp</i> pengganti	914.73	0.4636
		1.000

- Elevasi Interchange

	Tingkat	Normalisasi
Direct	2	0.2728
Semi-direct	3	0.1817
<i>Ramp</i> pengganti	1	0.5456
		1.000

- Integrasi Jalan Tol Antarkota

		Normalisasi
Direct	Ya	0.400
Semi-direct	Ya	0.400
<i>Ramp</i> pengganti	Tidak	0.200
		1.000

- Penentuan Alternatif Terpilih

Alternatif terpilih didapatkan berdasarkan nilai terbesar dari hasil perkalian matriks prioritas dengan pembobotan kriteria.

$$\begin{array}{l}
 \textit{direct} \\
 \textit{semi - direct} \\
 \textit{ramp}
 \end{array}
 \begin{pmatrix}
 0.2885 & 0.2728 & 0.400 \\
 0.2480 & 0.1817 & 0.400 \\
 0.4636 & 0.5456 & 0.200
 \end{pmatrix}
 \cdot
 \begin{pmatrix}
 0.11 \\
 0.26 \\
 0.63
 \end{pmatrix}
 =
 \begin{pmatrix}
 0.3550 \\
 0.3270 \\
 0.3180
 \end{pmatrix}$$

Dari perhitungan diatas, maka trase yang dipilih adalah trase tipe *direct*.



*"Halaman ini sengaja dikosongkan"*

## BAB VI PERENCANAAN GEOMETRIK

### 6.1. Dasar Perencanaan Geometrik

Perencanaan *ramp* atau jalur penghubung antara simpangsusun Jalan Tol Surabaya-Mojokerto dan Jalan Tol Surabaya-Porong dalam Tugas Akhir ini direncanakan dengan tipe 2/1UD atau 2 lajur 1 arah tidak terbagi, dengan lebar jalur yang direncanakan 7 meter dengan lebar tiap lajur 3.5 meter dan kecepatan rencana sebesar 40 km/jam.

### 6.2. Kriteria Desain Perencanaan Jalan Tol

Dalam subbab ini, akan ditentukan besaran sebagai dasar perencanaan untuk *ramp* Mojokerto-Sidoarjo. Data yang ditentukan dapat dilihat pada Tabel 6.1.

**Tabel 6.1 Kriteria Desain Perencanaan**

No.	Parameter	Desain	Satuan
1.	Kecepatan Rencana	40	km/jam
2.	Potongan Melintang		
	Lebar Lajur	3.5	m
	Tipe	2/1UD	
	Kemiringan Melintang Normal	2	%
	Tinggi Ruang Bebas Vertikal Minimum	5	m
	Superelevasi Maksimum	10	%
3.	Jarak Pandang		
	Jarak Pandang Henti Minimum	28,92	m
4.	Parameter Alinemen Horizontal		
	Jari-Jari Tikungan Minimum	50	m
	Jari-Jari Tikungan Pakai	200	m
	Panjang Lengkung Peralihan Minimum	25,397	m
5.	Parameter Alinemen Vertikal		

Landai Maksimum	4	%
Panjang Lengkung Minimum	24	m

(Sumber: Analisis dan Perhitungan)

### 6.3. Perencanaan *Interchange*

#### 6.3.1. Perencanaan Alinemen Horizontal

Berikut ini urutan perhitungan alinemen horizontal beserta contoh perhitungan pada titik **PI-1**:

1) Perhitungan Sudut Tikungan ( $\Delta$ )

Berikut ini contoh perhitungan sudut tikungan pada titik PI-1

Titik Awal : (688131,195; 9187962,573)

PI 1 : (688470,333; 9187986,773)

PI 2 : (688678,611; 9187587,874)

Menentukan  $\Delta X$  dan  $\Delta Y$ :

$$\begin{aligned}\Delta X_1 &= X_{PI-1} - X_{awal} \\ &= 688470,333 - 688131,195 \\ &= 339,138\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta Y_1 &= Y_{PI-1} - Y_{awal} \\ &= 9187965,773 - 9187962,573 \\ &= 24,2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta X_2 &= X_{PI-2} - X_{PI-1} \\ &= 688678,611 - 688470,333 \\ &= 208,278\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta Y_2 &= Y_{PI-2} - Y_{PI-1} \\ &= 9187587,874 - 9187986,773 \\ &= -398,9\end{aligned}$$

Menentukan panjang jalan:

$$\begin{aligned}L_{start-PI\ 1} &= \sqrt{(\Delta x_1)^2 + (\Delta y_1)^2} \\ &= \sqrt{(339,138)^2 + (24,2)^2} \\ &= 340\ m\end{aligned}$$

$$L_{PI\ 1-PI\ 2} = \sqrt{(\Delta x_2)^2 + (\Delta y_2)^2}$$

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{(208,278)^2 + (-398,9)^2} \\
 &= 450 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Menentukan kuadran:

Karena nilai dari  $\Delta X_1$  positif dan nilai  $\Delta Y_1$  positif, maka garis Start – PI 1 terletak pada Kuadran I. sedangkan PI 1 – PI 2 terletak pada Kuadran II karena nilai dari  $\Delta X_1$  positif dan nilai  $\Delta Y_1$  negatif.

Menentukan sudut tikungan ( $\Delta$ ):

Karena garis terletak pada Kuadran I, maka:

$$\begin{aligned}
 \text{Azimuth PI 1} &= \alpha_{\text{PI-1}} = \text{arc tan } \frac{\Delta X_1}{\Delta Y_1} \\
 &= \text{arc tan } \frac{339,138}{24,2} \\
 &= 85,92^\circ
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Azimuth PI 2} &= \alpha_{\text{PI-2}} = \text{arc tan } \frac{\Delta X_2}{\Delta Y_2} \\
 &= 180^\circ + \text{arc tan } \frac{208,278}{-398,9} \\
 &= 152,43^\circ
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sudut PI 1} &= \Delta_{\text{PI-1}} = \alpha_{\text{PI-2}} - \alpha_{\text{PI-1}} \\
 &= 152,43^\circ - 85,92^\circ \\
 &= 66,511^\circ
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan sudut tikungan untuk semua tikungan dapat dilihat pada Tabel 6.2.

**Tabel 6.2. Perhitungan Sudut Tikungan**

Titik	Koordinat (m)		Dx	Dy	L (m)	Azimuth ( $\alpha$ )	Sudut Tikungan ( $\Delta$ )
	x	y					
Start	688131.195	9187962.573					
PI-1	688470.333	9187986.773	339.138	24.2	340.0003	85.92	66.511
PI-2	688678.611	9187587.874	208.278	-398.899	450.0002	152.43	51.888
PI-3	689007.191	9187526.727	328.58	-61.147	334.2211	100.54	106.502
PI-4	688902.958	9187322.545	-104.233	-204.182	229.2484	207.04	25.049
PI-5	688803.096	9187244.786	-99.862	-77.759	126.5657	232.09	30.329
End	688755.796	9187126.312	-47.300	-118.474	127.5672	201.76	

(sumber: Hasil Analisis dan Perhitungan)

## 2) Perhitungan Nilai Superelevasi

Perhitungan superelevasi ( $e$ ) pada perencanaan ini menggunakan cara AASTHO. Berikut ini adalah contoh perhitungan superelevasi pada titik PI-1.

Menentukan kecepatan aktual:

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

$$V_R = 80\% \times V_D = 80\% \times 40 \text{ km/jam} = 32 \text{ km/jam}$$

Menentukan jari-jari tikungan ( $R$ ):

Untuk menentukan jari-jari tikungan, diperlukan perhitungan koefisien gesek maksimum:

$$\begin{aligned} f_{maks} &= -0.00065 \times V_D + 0.192 \\ &= -0.00065 \times 40 + 0.192 \\ &= 0.166 \end{aligned}$$

Menentukan jari-jari tikungan minimum:

$$\begin{aligned} R_{min} &= \frac{V_R^2}{127(e_{max} + f_{max})} \\ &= \frac{32^2}{127(0.1 + 0.166)} \\ &= 47.362 \text{ m} \approx 50 \text{ m} \end{aligned}$$

Dengan  $R_{min} = 50 \text{ m}$ , dipilih  $R = 200 \text{ m}$ , hasil perhitungan jari-jari semua tikungan dapat dilihat pada Tabel 6.3.

Menentukan derajat lengkung ( $D$ ):

$$\begin{aligned} D &= \frac{1432.39}{R} \\ &= \frac{1432.39}{200} = 7.162 \end{aligned}$$

Menentukan derajat lengkung maksimum ( $D_{maks}$ ):

$$\begin{aligned} D_{maks} &= \frac{181913.53 (e_{maks} + f_{maks})}{V_D^2} \\ &= \frac{181913.53 (0.10 + .166)}{40^2} = 30.243 \end{aligned}$$

Menentukan nilai ( $e + f$ ):

$$\begin{aligned} (e + f) &= (e_{maks} + f_{maks}) \times \frac{D}{D_{maks}} \\ &= (0.10 + 0.166) \times \frac{7.162}{30.243} = 0.063 \end{aligned}$$

Menentukan nilai  $D_p$ :

$$\begin{aligned} D_p &= \frac{181913.53 \times e_{maks}}{V_R^2} \\ &= \frac{181913.53 \times 0.10}{32^2} = 17.765 \end{aligned}$$

Menentukan nilai  $h$ :

$$\begin{aligned} h &= e_{maks} \times \frac{V_D^2}{V_R^2} - e_{maks} \\ &= 0.10 \times \frac{40^2}{32^2} - 0.10 \\ &= 0.05625 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} tg \alpha_1 &= \frac{h}{D_p} \\ &= \frac{0.05625}{17.765} = 0.00317 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} tg \alpha_2 &= \frac{f_{maks} - h}{D_{maks} - D_p} \\ &= \frac{0.166 - 0.05625}{20.243 - 17.765} = 0.0088 \end{aligned}$$

Menentukan nilai  $M_o$ :

$$\begin{aligned} M_o &= D_p * (D_{maks} - D_p) * \frac{tg \alpha_2 - tg \alpha_1}{2D_{maks}} \\ &= 17.765 * (20.243 - 17.765) * \frac{0.0088 - 0.00317}{2 * 20.243} \\ &= 0.02063 \end{aligned}$$

Menentukan nilai  $f(D)$ :

Karena nilai  $D < D_p$  ( $7.162 < 17.765$ ), maka

$$\begin{aligned} f(D) &= f_1 = M_o * \left(\frac{D}{D_p}\right)^2 + D * tg \alpha_1 \\ &= 0.02063 * \left(\frac{7.162}{17.765}\right)^2 + 7.162 * 0.00317 \\ &= 0.02268 \end{aligned}$$

Menentukan superelevasi ( $e$ ):

$$\begin{aligned} e &= (e + f) - f(D) \\ &= 0.063 - 0.02268 = 0.04031 \approx 4.031\% \end{aligned}$$

Jadi, besar superelevasi pada titik PI-1 adalah  $4.031\% < 10\%$  (**OK**)

Hasil perhitungan superelevasi untuk semua tikungan dapat dilihat pada Tabel 6.4.



**Tabel 6.3. Perhitungan Jari-Jari Tikungan**

Titik	e max	Vd	Vr	f max	R <sub>min</sub>	R
PI-1	10%	40	32	0.166	30.312	<b>200</b>
PI-2	10%	40	32	0.166	30.312	<b>200</b>
PI-3	10%	40	32	0.166	30.312	<b>100</b>
PI-4	10%	40	32	0.166	30.312	<b>100</b>
PI-5	10%	40	32	0.166	30.312	<b>100</b>

(sumber: Hasil Analisis dan Perhitungan)

**Tabel 6.4. Perhitungan Nilai Superelevasi**

Titik	D	D max	(e+f)	Dp	h	tan $\alpha_1$	tan $\alpha_2$	Mo	f(D)	e
PI-1	7.162	30.243	0.063	17.765	0.056	0.003	0.009	0.021	0.023	4.031%
PI-2	7.162	30.243	0.063	17.765	0.056	0.003	0.009	0.021	0.023	4.031%
PI-3	14.324	30.243	0.126	17.765	0.056	0.003	0.009	0.021	0.045	8.062%
PI-4	14.324	30.243	0.126	17.765	0.056	0.003	0.009	0.021	0.045	8.062%
PI-5	14.324	30.243	0.126	17.765	0.056	0.003	0.009	0.021	0.045	8.062%

(sumber: Hasil Analisis dan Perhitungan)

### 3) Perhitungan Panjang Lengkung Peralihan ( $L_s$ )

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

- a. Panjang lengkung peralihan minimum berdasarkan waktu melintasi lengkung peralihan

Data yang dibutuhkan:

$$V_D = 40 \text{ km/jam}$$

$$T = 2 \text{ detik} \quad (\text{No. 007/BM/2009})$$

$$\begin{aligned} L_S &= \frac{V_D}{3.6} * T \\ &= \frac{40}{3.6} * 2 = 22.222 \text{ m} \end{aligned}$$

- b. Panjang lengkung peralihan minimum berdasarkan tingkat perubahan kelandaian melintang jalan

Data yang dibutuhkan:

$$e_m = 10\%$$

$$e_n = 2\%$$

$$V_D = 40 \text{ km/jam}$$

$$r_e = 0.035 \text{ m/m/detik} \quad (\text{untuk } V_D \leq 70 \text{ km/jam})$$

$$\begin{aligned} L_S &= \frac{\left(\frac{e_m - e_n}{100}\right) V_D}{3.6 r_e} \\ &= \frac{\left(\frac{0.10 - 0.02}{100}\right) 40}{3.6 * 0.035} = 25.397 \text{ m} \end{aligned}$$

- c. Panjang lengkung peralihan minimum untuk mengatasi gaya sentrifugal

Data yang dibutuhkan:

$$V_D = 40 \text{ km/jam}$$

$$R_{\text{pakai}} = 200 \text{ m}$$

$$C = 1.2 \text{ m/det}^3 \quad (\text{No. 007/BM/2009})$$

$$L_S = \frac{0.0214V_D^3}{RC}$$

$$= \frac{0.0214(40)^3}{200 \cdot 1.2} = 5.707 \text{ m}$$

Berdasarkan dari penentuan nilai panjang lengkung peralihan diatas, maka dipilih panjang lengkung peralihan minimum yang terbesar sebagai acuan yaitu 25.397 m.

#### 4) Perhitungan Parameter Lengkung

Tipe lengkung alinemen horizontal dapat ditentukan berdasarkan nilai superelevasi dan nilai panjang lengkung peralihan yang telah dihitung pada subbab sebelumnya. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai superelevasi  $4.031\% > 3\%$  dan nilai panjang lengkung peralihan  $25.397 \text{ m} > 25 \text{ m}$ , maka direncanakan bentuk lengkung pada titik PI-1 adalah *Spiral-Circle-Spiral* (S-C-S). Untuk tipe lengkung semua tikungan dapat dilihat pada Tabel 6.5. Berikut ini adalah contoh perhitungan parameter tipe lengkung *Spiral-Circle-Spiral* (S-C-S) pada titik PI-1.

menentukan nilai  $\theta_s$ :

$$\theta_s = \frac{90L_S}{\pi R} = \frac{90 \cdot 25.397}{\pi \cdot 200} = 3.6378$$

menentukan nilai  $L_c$ :

$$L_c = \frac{(\Delta - 2\theta_s)\pi R}{180} = \frac{(66,511 - 2 \cdot 3.6378) \cdot \pi \cdot 200}{180} = 206,771 \text{ m}$$

menentukan nilai p:

$$p = \frac{L_S^2}{6R} - R(1 - \cos \theta_s)$$

$$p = \frac{25.397^2}{6 \cdot 200} - 200(1 - \cos 3.6378) = 0.1345 \text{ m}$$

menentukan nilai k:

$$k = L_S - \frac{L_S^3}{40} - R \sin \theta_s$$

$$k = 25.397 - \frac{25.397^3}{40(200)^2} - 200 \cdot \sin 3.6378 = 12.697 \text{ m}$$

menentukan nilai Ts:

$$Ts = (R + p)\tan\frac{1}{2}\Delta + k$$

$$Ts = (200 + 0.1345)\tan\frac{1}{2}66,511 + 12.697$$

$$Ts = 143,938 \text{ m}$$

menentukan nilai E:

$$E = \frac{(R+p)}{\cos\frac{1}{2}\Delta} - R$$

$$E = \frac{(200+0.1345)}{\cos\frac{1}{2}66,511} - 200 = 39,328 \text{ m}$$

menentukan titik koordinat circle (Xs; Ys):

$$Xs = Ls \left(1 - \frac{Ls^2}{40R^2}\right)$$

$$Xs = 25.397 \left(1 - \frac{25.397^2}{40(200)^2}\right) = 25,387 \text{ m}$$

$$Ys = \frac{Ls^2}{6R}$$

$$= \frac{25.397^2}{6(200)} = 0.5375 \text{ m}$$

Hasil perhitungan parameter lengkung semua tikungan dapat dilihat pada Tabel 6.6.

**Tabel 6.5. Perhitungan Tipe Lengkung**

Titik	Ls (m) berdasarkan			Ls pakai	$\theta_s$	Lc (m)	Tipe Lengkung
	Waktu Tempuh	Tingkat Perubahan Kelandaian	Gaya Sentrifugal				
PI-1	22.222	25.397	5.707	25.397	3.637827	206.7705	S-C-S
PI-2	22.222	25.397	5.707	25.397	3.637827	155.7252	S-C-S
PI-3	22.222	25.397	11.413	25.397	7.275655	160.4843	S-C-S
PI-4	22.222	25.397	11.413	25.397	7.275655	18.32278	S-S
PI-5	22.222	25.397	11.413	25.397	7.275655	27.53784	S-C-S

(sumber: Hasil Analisis dan Perhitungan)

**Tabel 6.6. Perhitungan Parameter Lengkung**

Titik	p (m)	k (m)	Ts (m)	E	Xs	Ys
PI-1	0.1345	12.6967	143.9382	39.32856	25.38659	0.537499
PI-2	0.1345	12.6967	110.066	22.56371	25.38659	0.537499
PI-3	0.2698	12.69156	146.9741	67.58832	25.35587	1.074998
PI-4	0.2698	12.69156	34.96628	2.714178	25.35587	1.074998
PI-5	0.2698	12.69156	39.86788	3.887398	25.35587	1.074998

(sumber: Hasil Analisis dan Perhitungan)

## 5) Perhitungan Stationing

Setelah menghitung parameter lengkung horizontal, maka selanjutnya adalah menentukan stationing titik parameter lengkung horizontal. Berikut ini adalah contoh perhitungan penentuan titik stationing pada titik PI-1.

Titik stationing dari *tangen-spiral*:

$$\begin{aligned} STA_{TS} &= (0 + 000) + L - Ts \\ &= (0 + 000) + 340 - 143,938 \\ &= 0 + 196,062 \end{aligned}$$

Titik stationing dari *spiral-circle*:

$$\begin{aligned} STA_{SC} &= STA_{TS} + L_s \\ &= (0 + 196,062) + 25,397 \\ &= 0 + 221,459 \end{aligned}$$

Titik stationing dari *Mid*:

$$\begin{aligned} STA_{Mid} &= STA_{SC} + 0.5L_c \\ &= (0 + 221,459) + (0.5 * 206,771) \\ &= 0 + 324,8445 \end{aligned}$$

Titik stationing dari *circle-spiral*:

$$\begin{aligned} STA_{CS} &= STA_{SC} + L_c \\ &= (0 + 221,459) + 206,771 \\ &= 0 + 428,23 \end{aligned}$$

Titik stationing dari *spiral-tangen*:

$$\begin{aligned} STA_{ST} &= STA_{CS} + L_s \\ &= (0 + 428,23) + 25,397 \\ &= 0 + 453,627 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan program bantu *AutoCAD Civil 3D*, perhitungan stationing dilakukan secara otomatis dan untuk hasil stationing dapat dilihat pada Tabel 6.7.

**Tabel 6.7. Perhitungan Stationing**

Titik	STA TS	STA SC	STA MID	STA CS	STA ST
PI-1	0 + 196,06	0 + 221,46	0 + 324,84	0 + 428,23	0 + 453,63
PI-2	0 + 649,62	0 + 675,02	0 + 752,88	0 + 830,74	0 + 856,14
PI-3	0 + 933,32	0 + 958,72	1 + 038,96	1 + 119,20	1 + 144,60
PI-4	1 + 201,19	-	1 + 226,59	-	1 + 251,99
PI-5	1 + 313,99	1 + 339,39	1 + 352,23	1 + 365,08	1 + 390,48

(sumber: Hasil Analisis dan Perhitungan)



### 6.3.2. Perencanaan Alinemen Vertikal

Perencanaan alinemen vertikal meliputi alinemen vertikal cekung dan alinemen vertikal cembung. Berdasarkan kriteria desain yang telah ditetapkan, direncanakan jalan dengan tipe 2/1UD, maka digunakan perencanaan berdasarkan jarak pandang henti ( $S_s$ ). Berikut ini adalah contoh perhitungan lengkung vertikal untuk PVI No. 1.

#### 1) Kelandaian Rencana dan Tipe Lengkung

Berikut ini adalah contoh menghitung kelandaian rencana dari PVI No. 1.

Diketahui dari program bantu *AutoCAD Civil 3D*:

$$g_1 = 2,25\% \text{ (Tanjakan)}$$

$$g_2 = -3,04\% \text{ (Turunan)}$$

Menentukan nilai perbedaan kelandaian (A):

$$A = |g_1 - g_2| = |2,25\% - (-3,04\%)| = 5,29\%$$

Karena nilai  $g_1$  positif dan  $g_2$  negatif, maka lengkung yang digunakan adalah **Lengkung Cembung**.

#### 2) Perencanaan Jarak Pandang Kendaraan

Dalam perencanaan jalan ini, akan ditentukan jarak pandang kendaraan agar pengendara aman dan nyaman dalam berkendara. Pada perencanaan jalan tol ini yang ditinjau hanya jarak pandang henti ( $S_s$ ). Perhitungan jarak pandang henti minimum:

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

dengan:

$$T = 2,5 \text{ detik} \quad (\text{Bina Marga, 2009})$$

$$a = 3,4 \text{ m/dtk}^2 \quad (\text{Bina Marga, 2009})$$

$$S_s = 0,278 \times 40 \times 2,5 + \frac{40^2}{254 \left[ \left( \frac{3,4}{9,81} \right) \pm 5,29\% \right]} = 28,92 \text{ m}$$

3) Menentukan Panjang Lengkung Vertikal Cembung  
Berikut ini adalah contoh perhitungan panjang lengkung pada PVI No. 1.

Menentukan nilai  $L_{min}$

$$\begin{aligned} L_{min} &= 0,6V_R \\ &= 0,6 \times 40 = 24 \text{ m} \end{aligned}$$

Karena tipe lengkung adalah Lengkung Cembung, maka:

Menentukan panjang lengkung untuk  $S_s < L$

$$\begin{aligned} L &= \frac{AS^2}{658} \\ &= \frac{5,29 \cdot 28,92^2}{658} = 6,72 \text{ m (NOT OK)} \end{aligned}$$

Menentukan panjang lengkung untuk  $S_s > L$

$$\begin{aligned} L &= 2S - \frac{658}{A} \\ &= 2 \cdot 28,92 - \frac{658}{5,29} = -66,55 \text{ m (OK)} \end{aligned}$$

Dari kriteria diatas, panjang lengkung minimum adalah 24 m, maka panjang lengkung yang dipilih adalah **150 m**.

$$Ev = \frac{A \times L}{800} = \frac{5,29 \times 150}{800} = 0,992 \text{ m}$$

4) Stasioning Titik Parameter Lengkung Vertikal Cembung  
Berikut ini adalah perhitungan stasioning titik parameter lengkung vertikal cembung.

STA. PVI = 0 + 380,000 (pusat perpotongan)

STA. PLV = STA. PVI - 0,5L  
= 0 + 380,000 - (0,5 x 150) = 0 + 305,000

STA. PTV = STA. PVI + 0,5L  
= 0 + 380,000 + (0,5 x 150) = 0 + 455,000

5) Elevasi Titik Parameter Lengkung Vertikal Cembung  
Berikut ini adalah contoh perhitungan elevasi titik parameter  
lengkung vertikal cembung .

$$\begin{aligned} \text{Elevasi PVI} &= +(\text{pusat perpotongan vertikal}) \\ &= +22,50 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elevasi PLV} &= \text{Elevasi PVI} - \left[ \left( \frac{g_1}{100} \right) x (0,5L) \right] \\ &= +22,50 - \left[ \left( \frac{2,25}{100} \right) x (0,5 x 150) \right] \\ &= +20,81 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elevasi PTV} &= \text{Elevasi PVI} - \left[ \left( \frac{g_2}{100} \right) x (0,5L) \right] \\ &= +22,50 - \left[ \left( \frac{3,04}{100} \right) x (0,5 x 150) \right] \\ &= +20,22 \text{ m} \end{aligned}$$

Berikut ini adalah contoh perhitungan lengkung vertikal cekung  
pada PVI No. 2.

1) Kelandaian Rencana dan Tipe Lengkung

Berikut ini adalah contoh menghitung kelandaian rencana dari PVI  
No. 2.

Diketahui dari program bantu *AutoCAD Civil 3D*:

$$g_1 = -3,04\% \text{ (Turunan)}$$

$$g_2 = 0,00\% \text{ (Datar)}$$

Menentukan nilai perbedaan kelandaian (A):

$$A = |g_1 - g_2| = |-3,04\% - 0,00\%| = 3,04\%$$

Karena nilai  $g_1$  negatif dan  $g_2$  datar, maka lengkung yang  
digunakan adalah **Lengkung Cekung**.

## 2) Perencanaan Jarak Pandang Kendaraan

Dalam perencanaan jalan ini, akan ditentukan jarak pandang kendaraan agar pengendara aman dan nyaman dalam berkendara. Pada perencanaan jalan tol ini yang ditinjau hanya jarak pandang henti ( $S_s$ ). Perhitungan jarak pandang henti minimum:

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

dengan:

$$T = 2,5 \text{ detik} \quad (\text{Bina Marga, 2009})$$

$$a = 3,4 \text{ m/dtk}^2 \quad (\text{Bina Marga, 2009})$$

$$S_s = 0,278 \times 40 \times 2,5 + \frac{40^2}{254 \left[ \left( \frac{3,4}{9,81} \right) \pm 3,04\% \right]} = 29,66 \text{ m}$$

## 3) Menentukan Panjang Lengkung Vertikal Cekung

Berikut ini adalah contoh perhitungan panjang lengkung pada PVI No. 2.

Menentukan nilai  $L_{min}$

$$L_{min} = 0,6V_R$$

$$L_{min} = 0,6 \times 40 = 24 \text{ m}$$

Karena tipe lengkung adalah Lengkung Cekung, maka:

Menentukan panjang lengkung untuk  $S_s < L$

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

$$L = \frac{3,04 \cdot 29,66^2}{120+(3,5 \times 29,66)} = 11,95 \text{ m (NOT OK)}$$

Menentukan panjang lengkung untuk  $S_s > L$

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

$$L = 2 \cdot 29,66 - \frac{120+(3,5 \times 29,66)}{3,04} = -14,30 \text{ m (OK)}$$

Dari kriteria diatas, maka panjang lengkung yang dipilih adalah **24 m**.

$$Ev = \frac{A \times L}{800} = \frac{3,04 \times 24}{800} = 0,091 \text{ m}$$

4) Stasioning Titik Parameter Lengkung Vertikal Cembung  
Berikut ini adalah perhitungan stasioning titik parameter lengkung vertikal cembung.

$$\text{STA. PVI} = 0 + 660,000 \text{ (pusat perpotongan)}$$

$$\begin{aligned} \text{STA. PLV} &= \text{STA. PVI} - 0,5L \\ &= 0 + 660,000 - (0,5 \times 24) = 0 + 648,000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{STA. PTV} &= \text{STA. PVI} + 0,5L \\ &= 0 + 660,000 + (0,5 \times 24) = 0 + 672,000 \end{aligned}$$

5) Elevasi Titik Parameter Lengkung Vertikal Cembung  
Berikut ini adalah contoh perhitungan elevasi titik parameter lengkung vertikal cembung .

$$\begin{aligned} \text{Elevasi PVI} &= +(\text{pusat perpotongan vertikal}) \\ &= +14,00 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elevasi PLV} &= \text{Elevasi PVI} - \left[ \left( \frac{g_1}{100} \right) \times (0,5L) \right] \\ &= +14,00 - \left[ \left( \frac{-3,04}{100} \right) \times (0,5 \times 24) \right] \\ &= +14,365 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elevasi PTV} &= \text{Elevasi PVI} - \left[ \left( \frac{g_2}{100} \right) \times (0,5L) \right] \\ &= +14,00 - \left[ \left( \frac{0,00}{100} \right) \times (0,5 \times 24) \right] \\ &= +14,00 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan perencanaan lengkung vertikal lainnya dapat dilihat pada Tabel 6.8, 6.9, dan 6.10.

**Tabel 6.8. Perhitungan Jarak Pandang Kendaraan**

	PVI Station	PVI Elevation	Kelandaian Rencana				Ss
			g <sub>1</sub> (%)	g <sub>2</sub> (%)	A (%)	Tipe Lengkung	
Start	0+000.000	13.963		2.25			
PVI 1	0+380.000	22.500	2.25	-3.04	5.29	Cembung	28.92
PVI 2	0+660.000	14.000	-3.04	0.00	3.04	Cekung	29.66
PVI 3	1+040.000	14.000	0.00	-0.01	0.01	Cekung	45.47
End	1+479.03	13.963	-0.01				

(sumber: Hasil Analisis dan Perhitungan)

**Tabel 6.9. Perhitungan Panjang Lengkung Vertikal**

	$L_{min}$	Cembung			Cekung			L syarat	L pakai	Ev
		L (Ss < L)	L (Ss > L)	Kontrol	L (Ss < L)	L (Ss > L)	Kontrol			
Start										
PVI 1	24	6.723	-66.551	Ss>L	-	-	-	24	150	0.992
PVI 2	24	-	-	-	11.949	-14.302	Ss>L	24	24	0.091
PVI 3	24	-	-	-	0.074	-27821.953	Ss>L	24	24	0.000
End										

(sumber: Hasil Analisis dan Perhitungan)

**Tabel 6.10. Perhitungan Stationing dan Elevasi Alinemen Vertikal**

	Stasioning			Elevation		
	PLV	PVI	PTV	PLV	PVI	PTV
Start		0+000.000			13.963	
PVI 1	0+305.000	0+380.000	0+455.000	20.81	22.500	20.22
PVI 2	0+550.000	0+660.000	0+610.000	14.36	14.000	14.00
PVI 3	0+880.000	1+040.000	0+940.000	14.00	14.000	14.00
End						

(sumber: Hasil Analisis dan Perhitungan)



### 6.3.3. Perhitungan Daerah Kebebasan Samping

Daerah kebebasan samping dihitung untuk menjamin daerah samping jalan tidak akan mengalangi pandangan pengemudi di setiap tikungan sehingga jarak pandang henti ( $S_s$ ) dapat terpenuhi.

Dasar perencanaan untuk hitungan ini adalah jari-jari lengkung dan panjang lengkung total yang didapatkan dari hasil perhitungan alinemen horizontal sebelumnya. Berikut ini adalah contoh perhitungan daerah kebebasan samping untuk PI 1.

Data yang dibutuhkan:

$V_R$	= 40 km/jam
$R$	= 200 m
$S_s$	= 28,92 m
$L_c$	= 204,771 m
$L_s$	= 25,397 m
$L_t$	= $L_c + 2L_s = 257,564$ m
$B_{\text{jalan}}$	= 3,5 m

Jari-jari sumbu lajur dalam ( $R'$ ):

$$R' = R - \frac{1}{2}B_{\text{jalan}}$$

$$= 200 - \frac{1}{2} \cdot 3,5 = 198,25 \text{ m}$$

Karena nilai  $S_s < L_c$ , maka rumus bebas samping di tikungan yang digunakan persamaan 2.xx.

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

$$= 200 \left[ 1 - \cos \left( \frac{90 \times 28,92}{\pi \times 198,25} \right) \right] = 0,5318 \text{ m}$$

Pada perhitungan jarak bebas samping ini, pengemudi tidak akan dapat menyiap karena jarak pandang yang digunakan berdasarkan jarak pandang henti ( $S_s$ ).

Hasil perhitungan daerah kebebasan samping yang lain dapat dilihat pada Tabel 6.11.

**Tabel 6.11. Perhitungan Daerah Kebebasan Samping**

	R	Ss	Lc	Ls	Lt	keterangan	R'	M	
								Ss<Lc	Ss>Lc
PI-1	200	28.92	206.7705	25.397	257.5642	Ss<Lc	198.25	0.527	-
PI-2	200	29.66	155.7252	25.397	206.5188	Ss<Lc	198.25	0.554	-
PI-3	100	45.47	160.4843	25.397	211.2779	Ss<Lc	98.25	2.618	-
PI-4	100	45.47	18.32278	25.397	50.79365	Ss<Lc	98.25	2.618	-
PI-5	100	45.47	27.53784	25.397	78.33149	Ss<Lc	98.25	2.618	-

(sumber: Hasil Analisis dan Perhitungan)

### 6.3.5. Perhitungan Pelebaran Jalan

Pelebaran pada tikungan dimaksudkan untuk mempertahankan kondisi kendaraan pada saat melewati tikungan agar tetap pada lintasan sebagaimana pada bagian jalan yang lurus.

Berikut ini adalah contoh perhitungan pelebaran jalur lalu lintas pada PI-1.

Data yang dibutuhkan:

Dimensi kendaraan terbesar yang akan lewat: Truk 5 as

Tinggi	= 4,1 m
Lebar ( $\mu$ )	= 2,5 m
Panjang	= 16,8 m
Tonjolan Depan	= 0,9 m
Tonjolan Belakang	= 0,6 m
Radius Putar Minimum	= 13,72 m
Jarak Gandar (L)	= 15,24 m
<i>Front Overhang</i> (A)	= 0,91 m
Lebar Perkerasan Per Lajur	= 3,5 m
Lebar Perkerasan Jalur	= 7 m
Jumlah Lajur	= 2 lajur
Kecepatan Rencana (Vd)	= 40 km/jam
Jari-jari Tikungan (R)	= 200 m

$$Z = 0,105 \times \frac{V_d}{\sqrt{R}}$$

$$= 0,105 \times \frac{40}{\sqrt{200}} = 0,297 \text{ m}$$

$$U = \mu + R - \sqrt{R^2 - L^2}$$

$$= 2,5 + 200 - \sqrt{200^2 - 15,24^2} = 3,081 \text{ m}$$

$$Fa = \sqrt{R^2 + A(2L + A)} - R$$

$$= \sqrt{200^2 + 0,91(2 \cdot 15,24 + 0,91)} - 200$$

$$= 0,0714 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} Wc &= N x (U + C) + (N - 1) \times Fa + Z \\ &= 2 x (3,081 + 1) + (2 - 1) \times 0,0714 + 0,297 \\ &= 8,5314 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \omega &= Wc - Wn \\ &= 8,5314 - 7 = 1,5314 \approx 2 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka pada tikungan PI-1, pelebaran tikungan yang dibutuhkan adalah sebesar 2 meter. Hasil perhitungan pelebaran tikungan untuk tikungan yang lain dapat dilihat pada Tabel 6.12.

**Tabel 6.12. Perhitungan Pelebaran pada Tikungan**

	R	Vd	Z	U	Fa	Wc	$\omega$	$\omega$ pakai (meter)
PI-1	200	40	0.297	3.081	0.0714	8.5314	1.5314	2
PI-2	200	40	0.297	3.081	0.0714	8.5314	1.5314	2
PI-3	100	40	0.420	3.668	0.1427	9.8989	2.8989	3
PI-4	100	40	0.420	3.668	0.1427	9.8989	2.8989	3
PI-5	100	40	0.420	3.668	0.1427	9.8989	2.8989	3

(sumber: Hasil Analisis dan Perhitungan)

### 6.3.7. Perhitungan Perencanaan *Ramp*

Pada perencanaan *ramp* terdapat dua perhitungan, yaitu *ramp on* dan *ramp off*. Simpangsusun yang direncanakan adalah simpangsusun yang menghubungkan jalan tol dengan jalan tol, maka digunakan Simpangsusun Sistem. Berikut ini adalah perhitungan perencanaan *ramp* pada *ramp* Mojokerto-Sidoarjo.

#### 1) *Ramp On*

$$V_R = 40 \text{ km/jam}$$

$$e_{\max} = 10\%$$

$$R_{\min} = 45 \text{ m} \quad (\text{Tabel 2.27})$$

Digunakan  $R = 400 \text{ m}$ , maka panjang lengkung minimum = 45 m

$$L_c = \frac{\Delta}{360^\circ} 2\pi R = \frac{7,022^\circ}{360^\circ} 2\pi \cdot 400 = 49,02 \text{ m} > 45 \text{ m} \text{ (OK)}$$

$$\text{Tipe perlambatan} = \text{Paralel}$$

$$\text{Panjang lajur perlambatan minimum} = 145 \text{ m}$$

$$\text{Panjang taper minimum menggabung} = 225 \text{ m}$$

#### 2) *Ramp Off*

$$V_R = 40 \text{ km/jam}$$

$$e_{\max} = 10\%$$

$$R_{\min} = 45 \text{ m} \quad (\text{Tabel 2.27})$$

Digunakan  $R = 250 \text{ m}$ , maka panjang lengkung minimum = 45 m

$$L_c = \frac{\Delta}{360^\circ} 2\pi R = \frac{11,161^\circ}{360^\circ} 2\pi \cdot 250 = 48,164 \text{ m} > 45 \text{ m} \text{ (OK)}$$

$$\text{Tipe percepatan} = \text{Paralel}$$

$$\text{Panjang lajur percepatan minimum} = 285 \text{ m}$$

$$\text{Panjang taper minimum memisah} = 113 \text{ m}$$

## **BAB VII**

### **PERENCANAAN FASILITAS JALAN**

#### **7.1. Perencanaan Rambu Jalan**

Rambu-rambu lalu lintas pada *interchange* Waru *ramp* Mojokerto-Sidoarjo direncanakan dengan menggunakan Peraturan Menteri (PM) No. 13 Tahun 2014

- a. *Rambu Peringatan*, ditempatkan pada sisi jalan yang paling berbahaya dengan jarak minimum 50 m sebelum melewati bagian yang berbahaya (untuk kecepatan rencana kurang dari 60 km/jam). Direncanakan untuk jalan tol ini rambu dipasang setiap 50 m dari bagian 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 berbahaya.

Jenis-jenis rambu yang digunakan pada *ramp* Mojokerto-Sidoarjo dapat dilihat pada Tabel 7.1.

#### **7.2. Perencanaan Marka Jalan**

Pada perencanaan jalan tol ini, marka jalan yang digunakan ada 3 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.

- c. Marka Serong berupa garis utuh yang dibatasi dengan rangka garis utuh berpola *chevron* menghadap arah lalu lintas.

**Tabel 7.1 Rencana Rambu Lalu Lintas**

No.	STA	Lokasi Jalan	Rambu	Keterangan
1	12+229 (Tol Sumo)	Kiri Jalan		Rambu Petunjuk Pendahulu Jurusan
2	11+733 (Tol Sumo)	Kiri Jalan		Rambu Petunjuk Pendahulu Jurusan
3	0+000	Kanan Jalan		Rambu Petunjuk Pendahulu Jurusan
4	0+000	Kanan Jalan		Rambu Petunjuk Pendahulu Jurusan
5	0+000	Kanan Jalan		Rambu Perintah Pilihan Memasuki Salah Satu Jalur atau Lajur yang Ditunjuk
6	0+000	Kanan Jalan		Rambu Peringatan pada Pemisal Lajur (Dapat melakukan gerakan lalu lintas pada kedua sisi)

(sumber: Hasil Analisis)



**Tabel 7.1 Rencana Rambu Lalu Lintas (Lanjutan)**

No.	STA	Lokasi Jalan	Rambu	Keterangan
7	0+050	Kiri Jalan		Rambu Larangan Menjalankan Kendaraan dengan Kecepatan Lebih dari 40 km/jam
8	0+050	Kiri Jalan		Peringatan Tanjakan Curam
9	0+200 0+250 0+300 0+350 0+400	Kiri Jalan		Rambu Pengarah Tikungan ke Kanan
10	0+380	Kiri Jalan		Peringatan Turunan Curam
11	0+650 0+700 0+750 0+800 0+850	Kanan Jalan		Rambu Pengarah Tikungan ke Kiri
12	0+950 1+000 1+050 1+100 1+150	Kiri Jalan		Rambu Pengarah Tikungan ke Kanan

(sumber: Hasil Analisis)

**Tabel 7.1 Rencana Rambu Lalu Lintas (Lanjutan)**

13	1+300 1+350 1+400	Kanan Jalan		Rambu Pengaruh Tikungan ke Kiri
14	1+450	Kanan Jalan		Rambu Peringatan Tiga Serong Kiri (pada Lengan minor)
15		Kanan Jalan		Rambu Peringatan Tiga Serong Kiri (pada Lengan Mayor)

(sumber: Hasil Analisis)

## **BAB VIII**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **8.1. Kesimpulan**

Berdasarkan perencanaan yang telah dilakukan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada tahap pemilihan alternatif trase alternatif yang memiliki nilai pembobotan paling tinggi yaitu alternatif *direct*.
2. Perencanaan alinemen horizontal direncanakan terdapat 5 buah *Point of Interest* dengan jari-jari 200 meter dan panjang lengkung peralihan 25,397 meter.
3. Perencanaan alinemen vertikal direncanakan memiliki 3 buah *Point Vertical of Interest* dengan kelandaian maksimum 2.25 pada tanjakan dan 3.04% pada turunan serta panjang lengkung minimal sebesar 24 meter.
4. Rambu yang digunakan pada perencanaan ini adalah sebanyak 15 buah dan marka jalan yang digunakan ada 3 macam, yaitu marka memanjang garis putus-putus, marka memanjang garis menerus dan marka serong.

#### **8.2. Saran**

Dalam perencanaan geometrik *interchange* ini sebaiknya perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Dalam memilih kriteria untuk pemilihan alternatif, akan lebih memudahkan jika menggunakan data-data kuantitatif.
2. Dalam merencanakan trase dengan ketinggian, perlu diperhatikan elevasi dari jalan eksisting dan tinggi konstruksi rencana.

*"Halaman ini sengaja dikosongkan"*

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2004. **Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan**. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. 2005. **Pedoman Nomor 03/BM/2005 Tentang Perencanaan Persimpangan Jalan Tak Sebidang**. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014. **Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI)**. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. 2009. **Standar Konstruksi dan Bangunan Nomor 007/BM/2009 Tentang Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol**. Jakarta.
- Hendarsin, Shirley L. 2000. **Perencanaan Teknik Jalan Raya**. Jurusan Teknik Sipil – Politeknik Negeri Bandung, Bandung.
- 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.

Saaty, Thomas L. 1994. *How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process*. Katz Graduate School of Business – University of Pittsburgh, Pennsylvania.

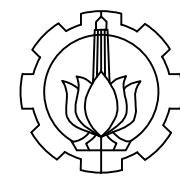
Saaty, Thomas L. 2008. *Decision Making with The Analytic Hierarchy Process*. Katz Graduate School of Business – University of Pittsburgh, Pittsburgh.

## BIODATA PENULIS



Alyssa Dewiputri Herdiana dilahirkan di Cirebon 17 November 1996, merupakan anak kedua dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Permata Bunda (Cirebon), SDI Al-Ashar (Tangerang), SMPN 2 Madiun (Madiun), dan SMAN 2 Cirebon (Cirebon). Setelah lulus dari SMAN 2 Cirebon tahun 2014, penulis mengikuti ujian SBMPTN pada tahun berikutnya dan diterima di Jurusan S1 Teknik Sipil FTSP-ITS dan terdaftar dengan NRP 3115 100 091. DiJurusan Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang studi Transportasi dan Perhubungan.

Selain itu penulis juga aktif dalam berbagai kepanitiaan beberapa kegiatan yang ada selama menjadi mahasiswa dan menjadi anggota aktif di Himpunan Mahasiswa Sipil ITS sebagai Sekretaris dalam departemen dalam negeri himpunan mahasiswa sipil ITS.



S1 TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA, 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG  
 GEOMETRIK INTERCHANGE WARU  
 RAMP MOJOKERTO-SIDOARJO

NAMA GAMBAR

LAYOUT TRASE  
 JALAN RENCANA  
 skala 1:5000

NOMOR

JUMLAH

1

28

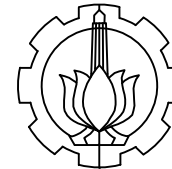
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Wahyu Herijanto, MT.

NAMA MAHASISWA

Alyssa Dewiputri H  
 0311154000091





S1 TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA, 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG  
 GEOMETRIK INTERCHANGE WARU  
 RAMP MOJOKERTO-SIDOARJO

NAMA GAMBAR

PLAN PROFILE  
 STA 0+000 - 0+160

NOMOR

JUMLAH

2

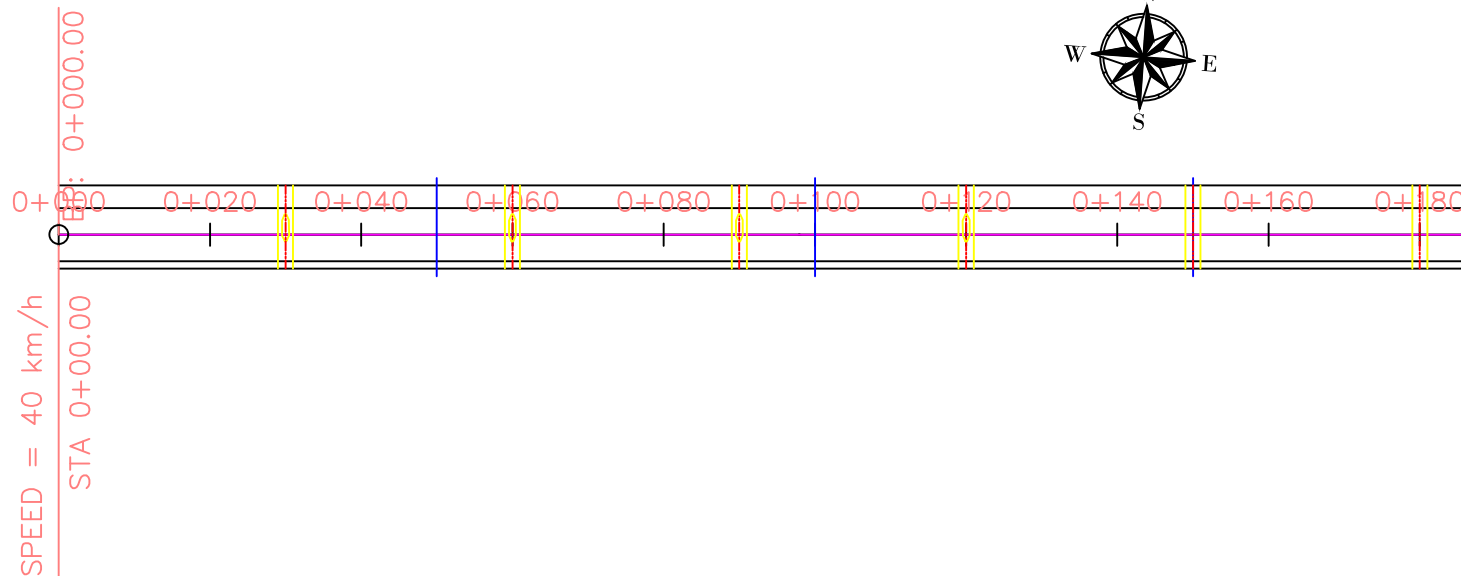
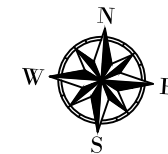
28

DOSEN PEMBIMBING

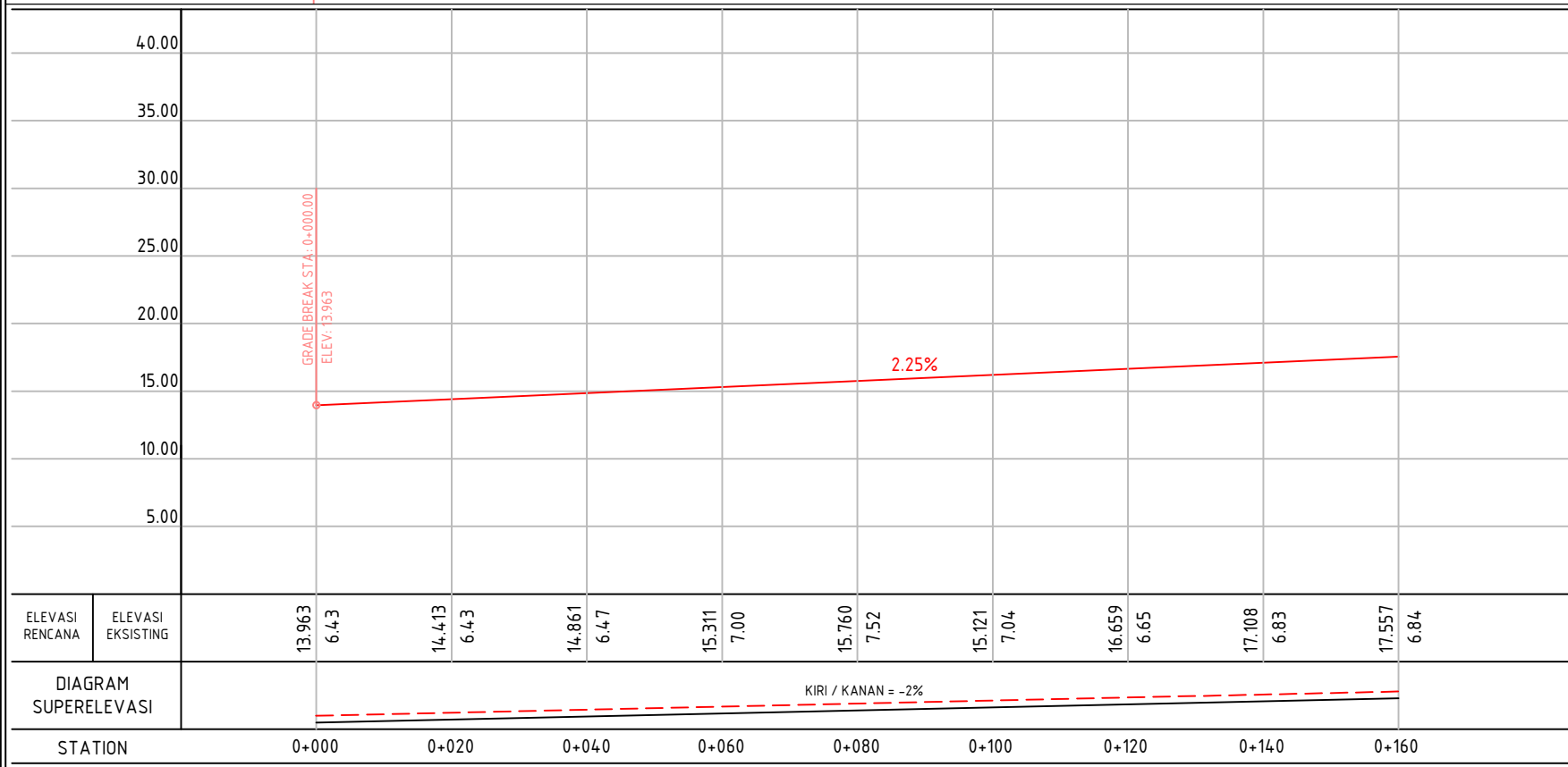
Ir. Wahyu Herijanto, MT.

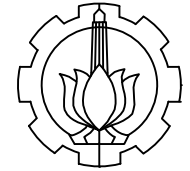
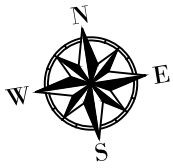
NAMA MAHASISWA

Alyssa Dewiputri H  
 03111540000091



SPEED = 40 km/h  
 STA 0+00.00





S1 TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA, 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG  
 GEOMETRIK INTERCHANGE WARU  
 RAMP MOJOKERTO-SIDOARJO

NAMA GAMBAR

PLAN PROFILE  
 STA 0+160 - 0+320

NOMOR

JUMLAH

3

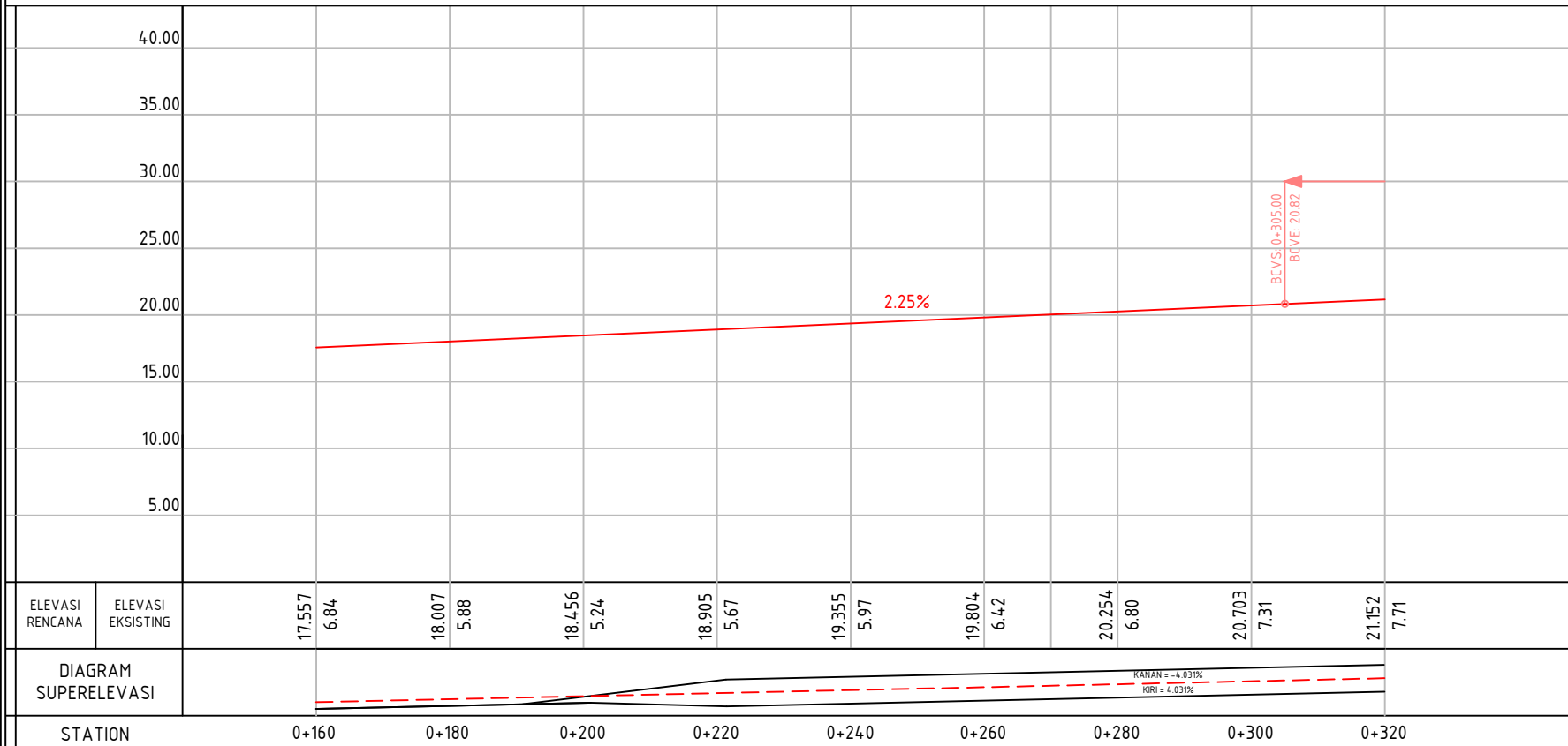
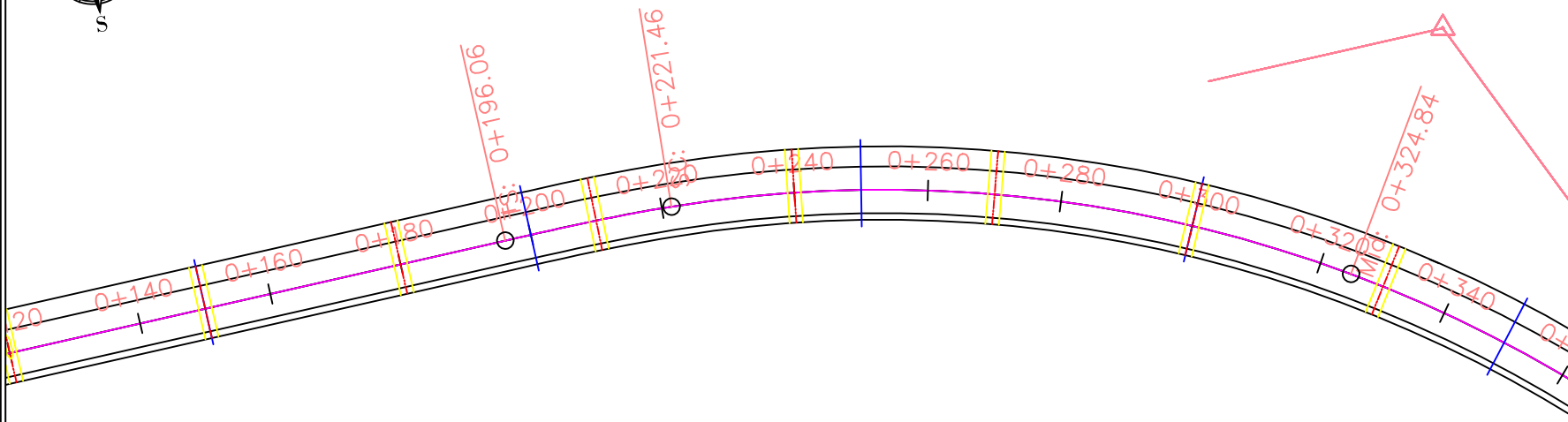
28

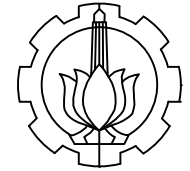
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Wahyu Herijanto, MT.

NAMA MAHASISWA

Alyssa Dewiputri H  
 03111540000091





S1 TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA, 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG  
 GEOMETRIK INTERCHANGE WARU  
 RAMP MOJOKERTO-SIDOARJO

NAMA GAMBAR

PLAN PROFILE  
 STA 0+320 - 0+460

NOMOR

JUMLAH

4

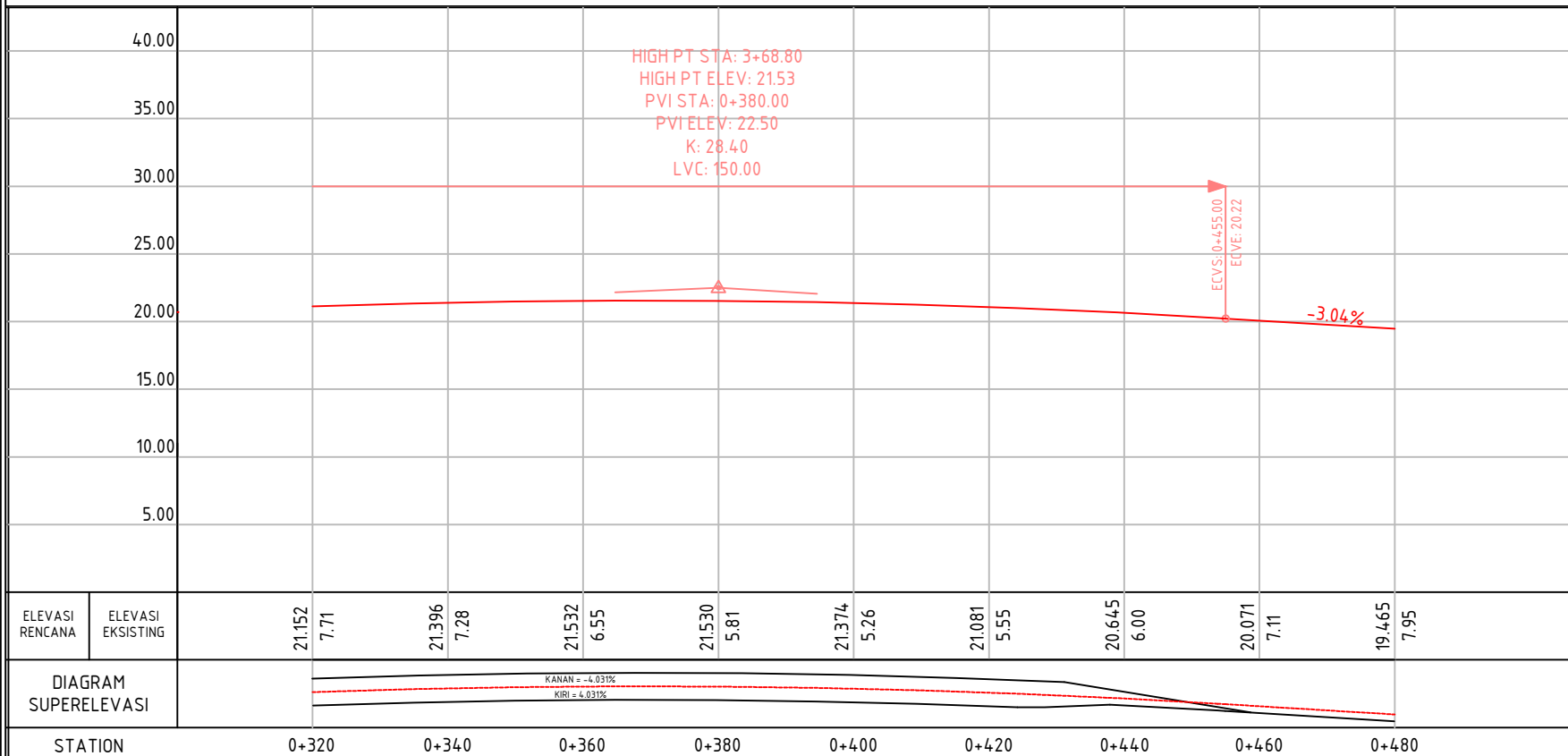
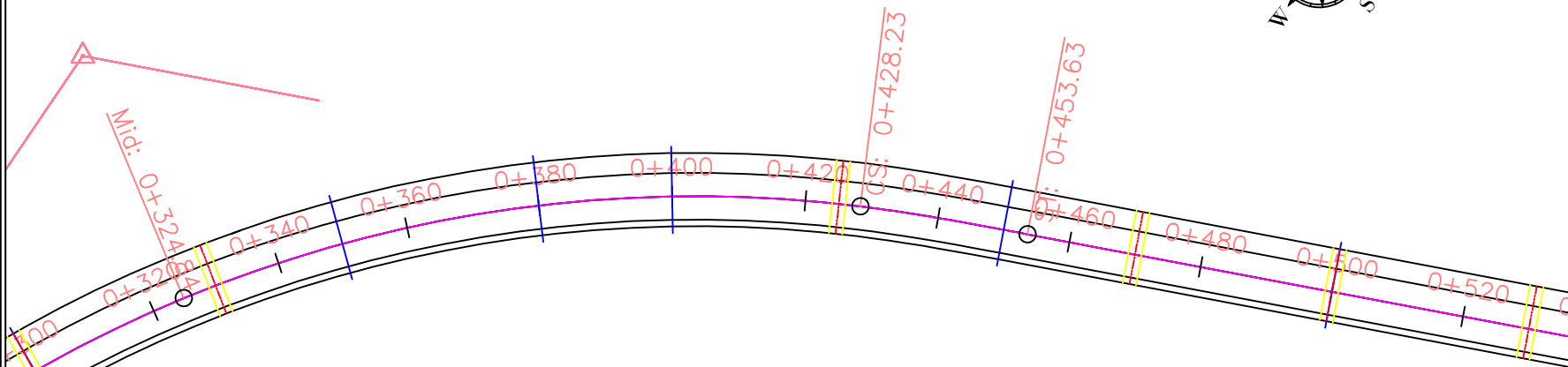
28

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Wahyu Herijanto, MT.

NAMA MAHASISWA

Alyssa Dewiputri H  
 03111540000091



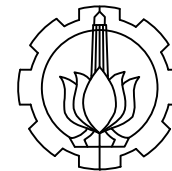
HIGH PT STA: 3+68.80  
 HIGH PT ELEV: 21.53  
 PVI STA: 0+380.00  
 PVI ELEV: 22.50  
 K: 28.40  
 LVC: 150.00

-3.04%

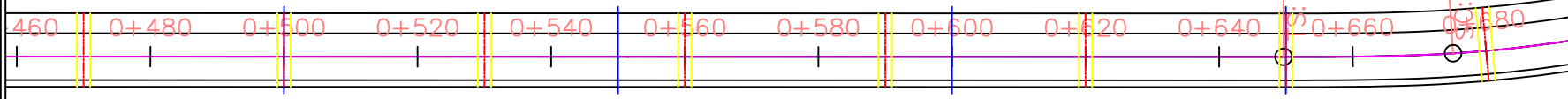
ECVS: 0+455.00  
 EQVE: 20.22

KANAN = -4.031%  
 KIRI = 4.031%

STATION 0+320 0+340 0+360 0+380 0+400 0+420 0+440 0+460 0+480



S1 TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA, 2019



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG  
 GEOMETRIK INTERCHANGE WARU  
 RAMP MOJOKERTO-SIDOARJO

NAMA GAMBAR

PLAN PROFILE  
 STA 0+480 - 0+640

NOMOR	JUMLAH
-------	--------

5

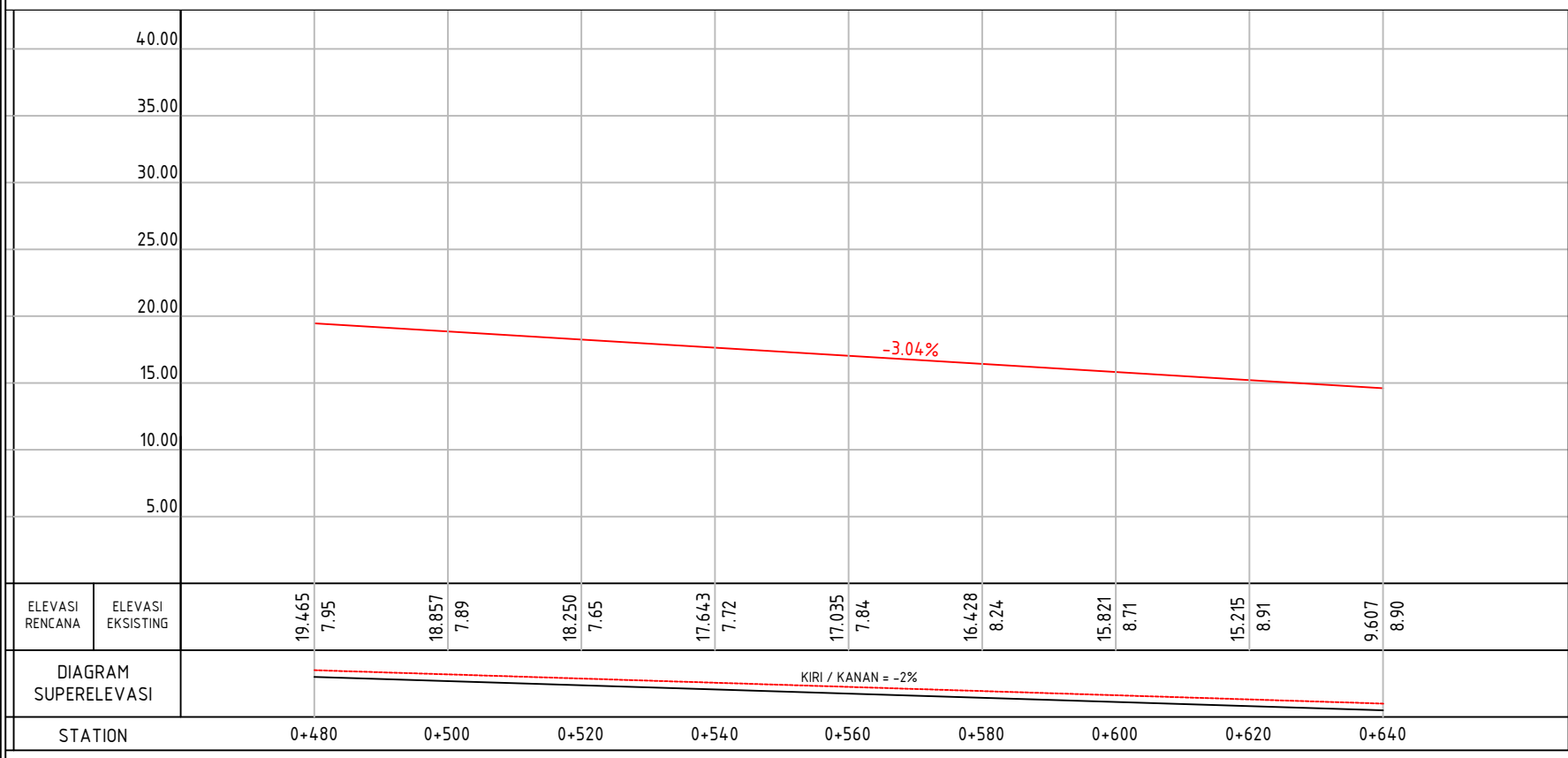
28

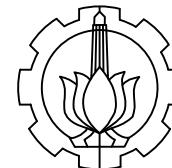
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Wahyu Herijanto, MT.

NAMA MAHASISWA

Alyssa Dewiputri H  
 03111540000091





S1 TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA, 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG  
 GEOMETRIK INTERCHANGE WARU  
 RAMP MOJOKERTO-SIDOARJO

NAMA GAMBAR

PLAN PROFILE  
 STA 0+640 - 0+800

NOMOR

JUMLAH

6

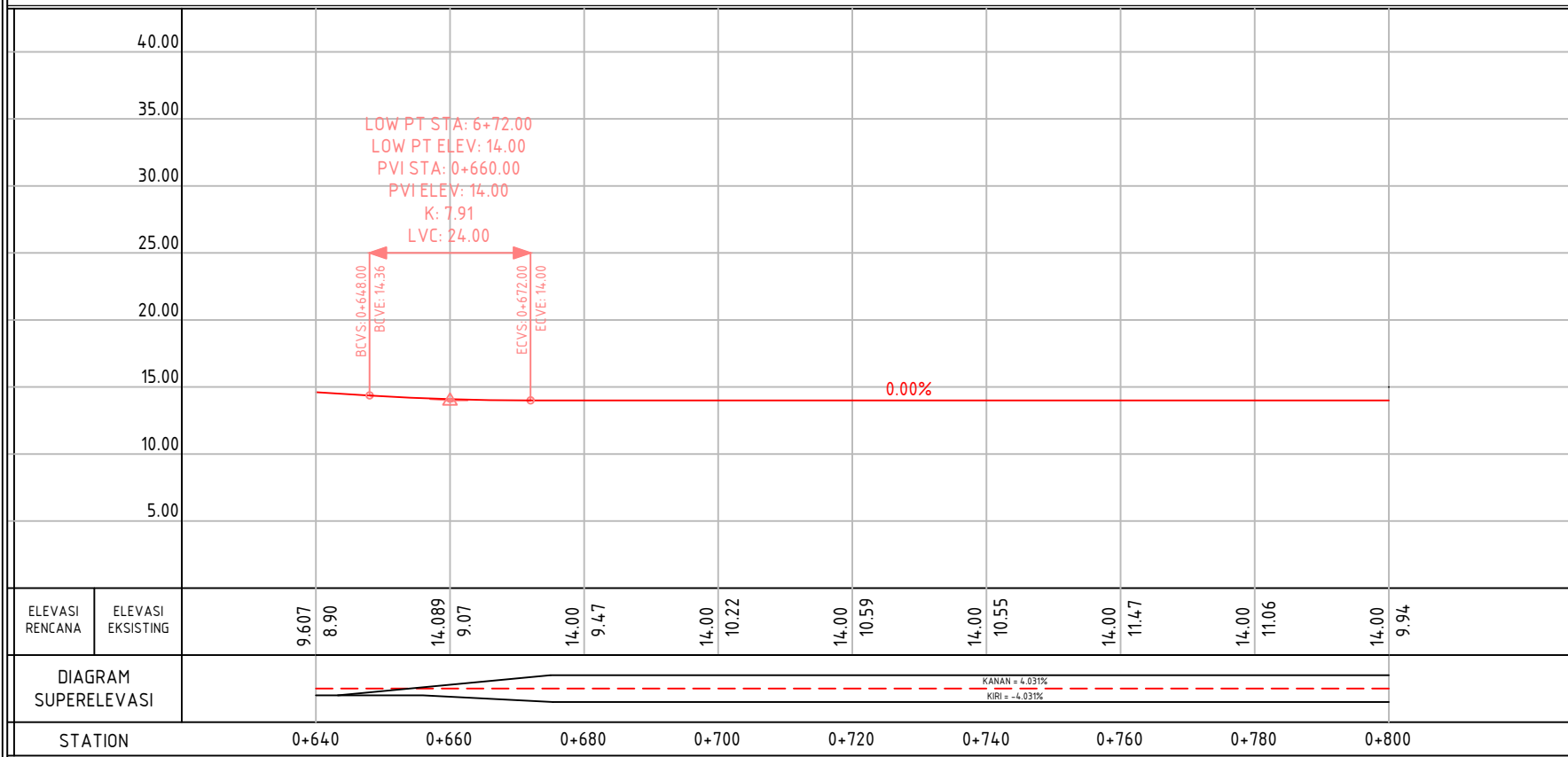
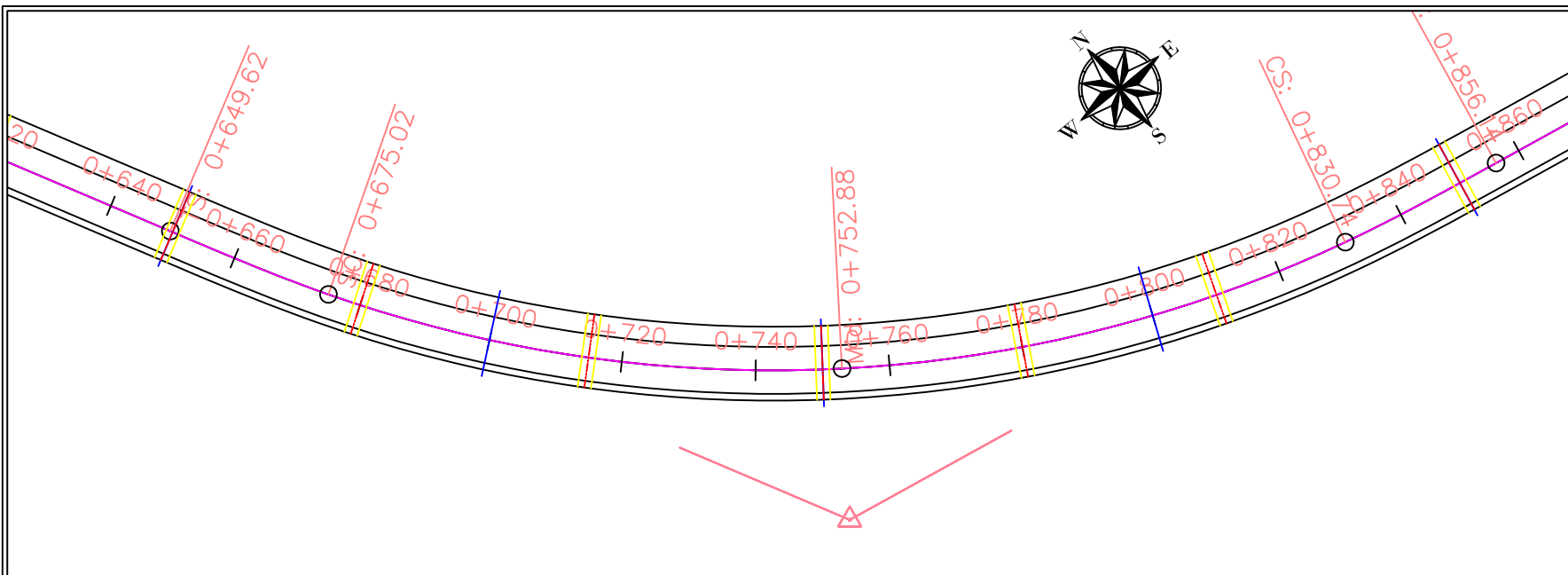
28

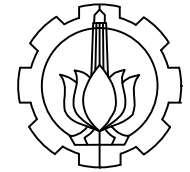
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Wahyu Herijanto, MT.

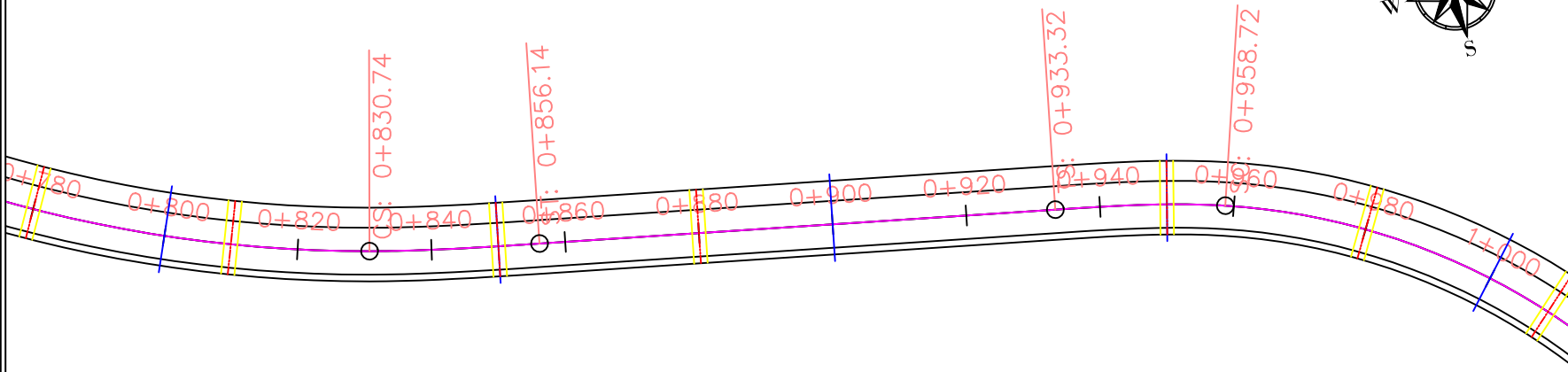
NAMA MAHASISWA

Alyssa Dewiputri H  
 03111540000091





S1 TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA, 2019



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG  
 GEOMETRIK INTERCHANGE WARU  
 RAMP MOJOKERTO-SIDOARJO

NAMA GAMBAR

PLAN PROFILE  
 STA 0+820 - 0+980

NOMOR

JUMLAH

7

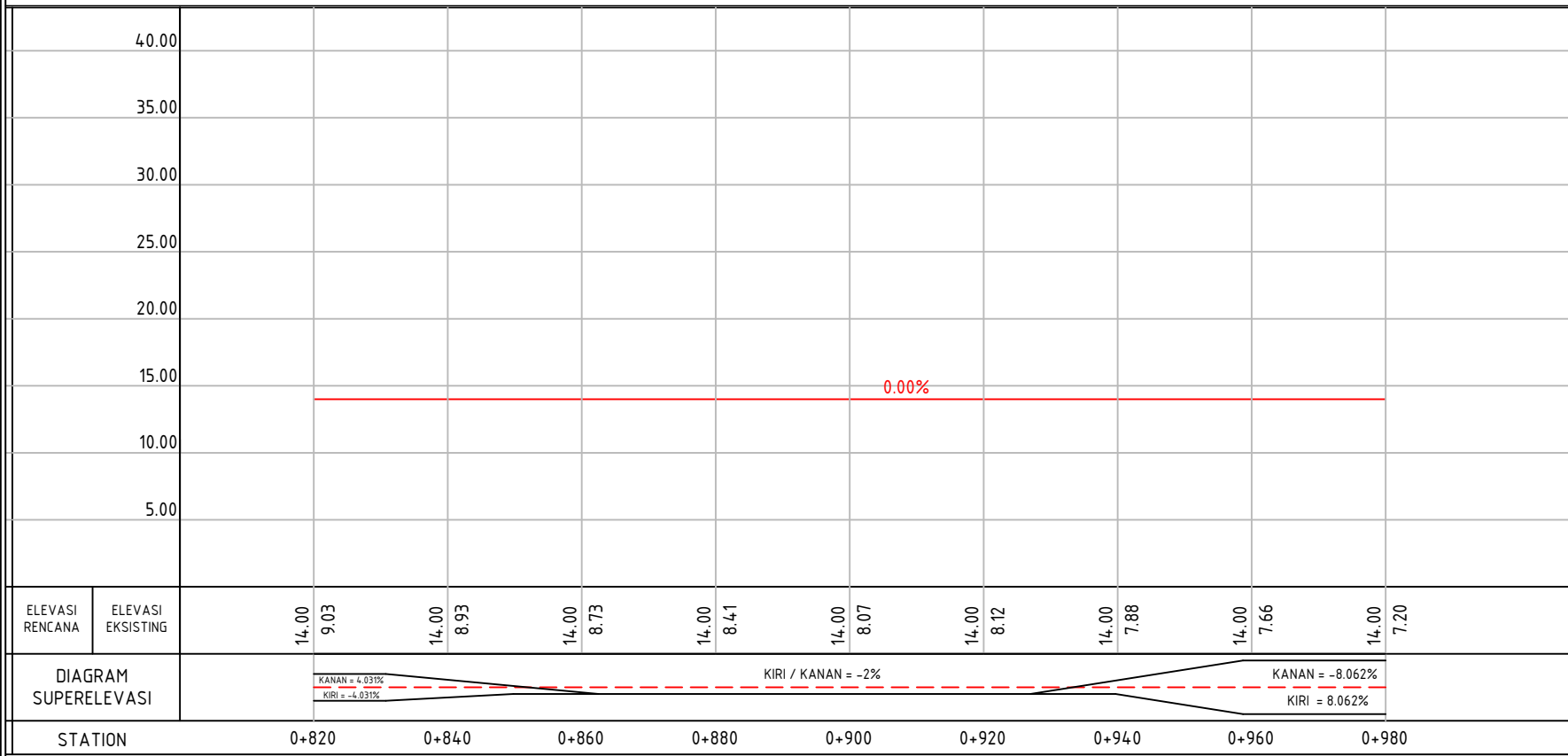
28

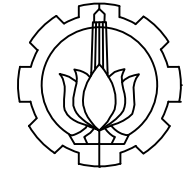
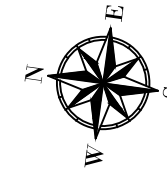
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Wahyu Herijanto, MT.

NAMA MAHASISWA

Alyssa Dewiputri H  
 03111540000091





S1 TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA, 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG  
 GEOMETRIK INTERCHANGE WARU  
 RAMP MOJOKERTO-SIDOARJO

NAMA GAMBAR

PLAN PROFILE  
 STA 0+980 - 1+140

NOMOR

JUMLAH

8

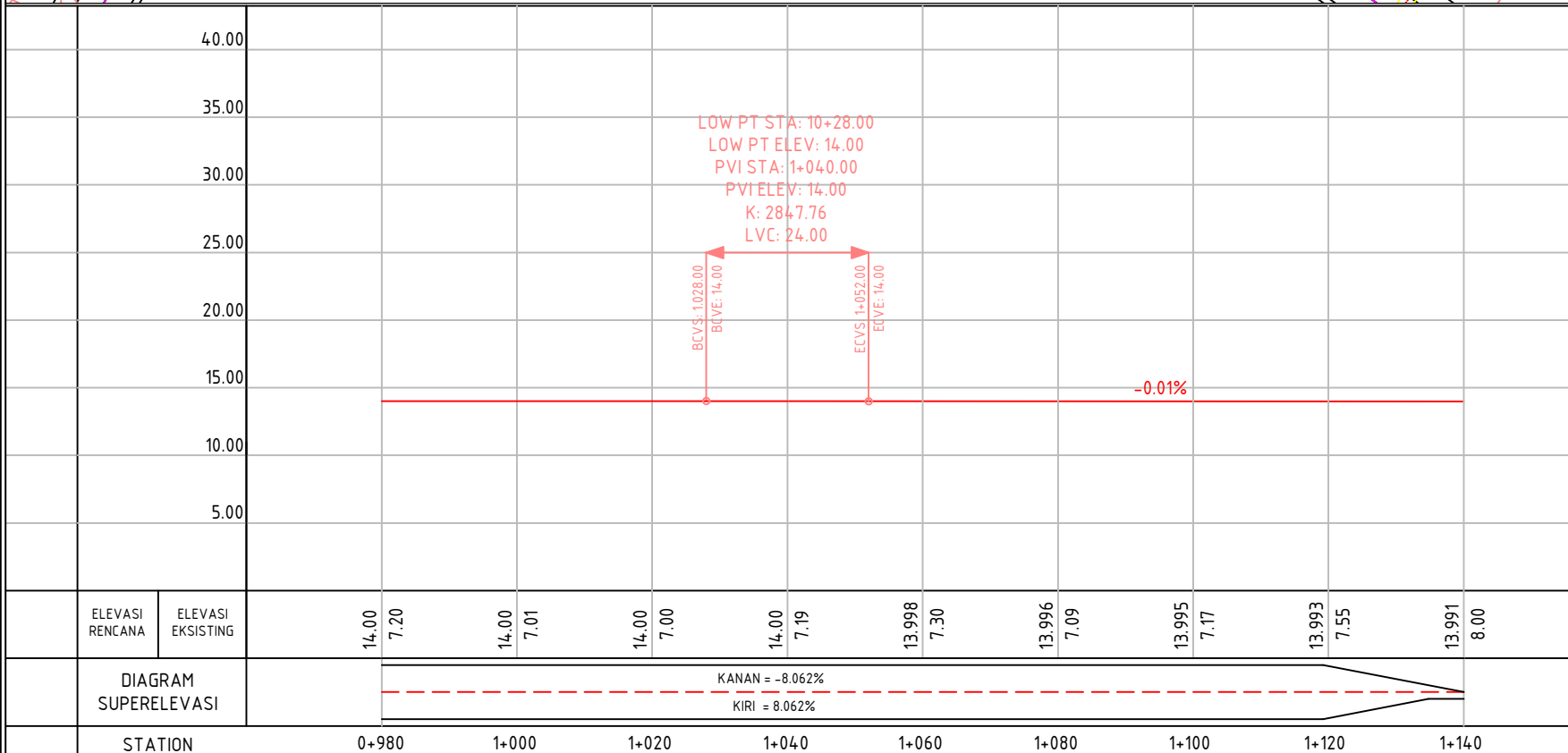
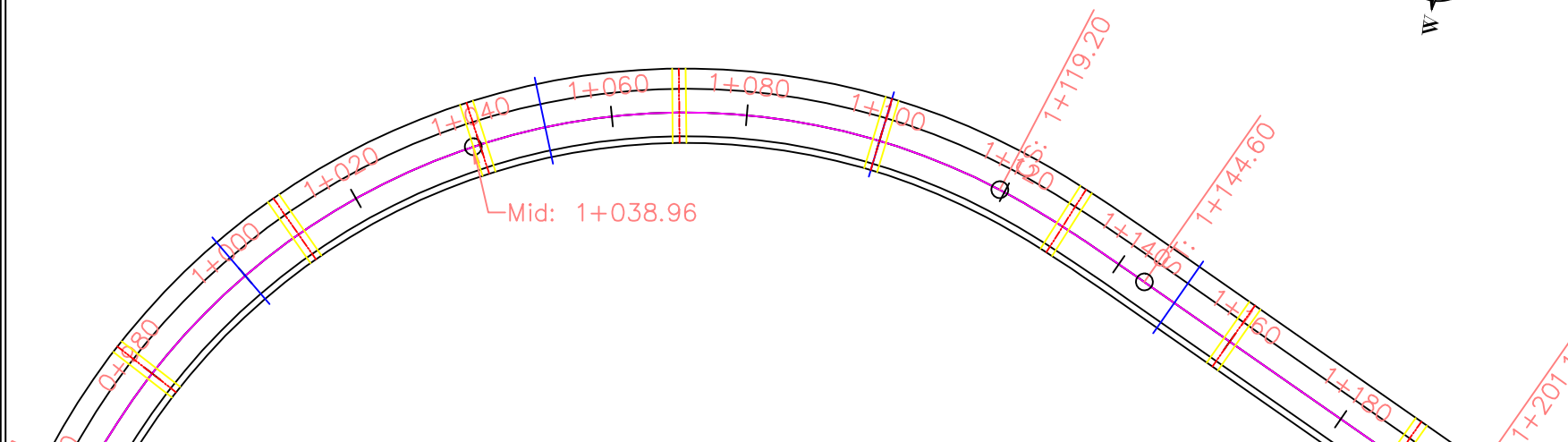
28

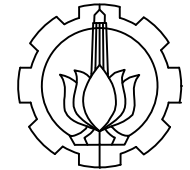
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Wahyu Herijanto, MT.

NAMA MAHASISWA

Alyssa Dewiputri H  
 03111540000091





S1 TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA, 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG  
 GEOMETRIK INTERCHANGE WARU  
 RAMP MOJOKERTO-SIDOARJO

NAMA GAMBAR

PLAN PROFILE  
 STA 1+160 - 1+320

NOMOR

JUMLAH

9

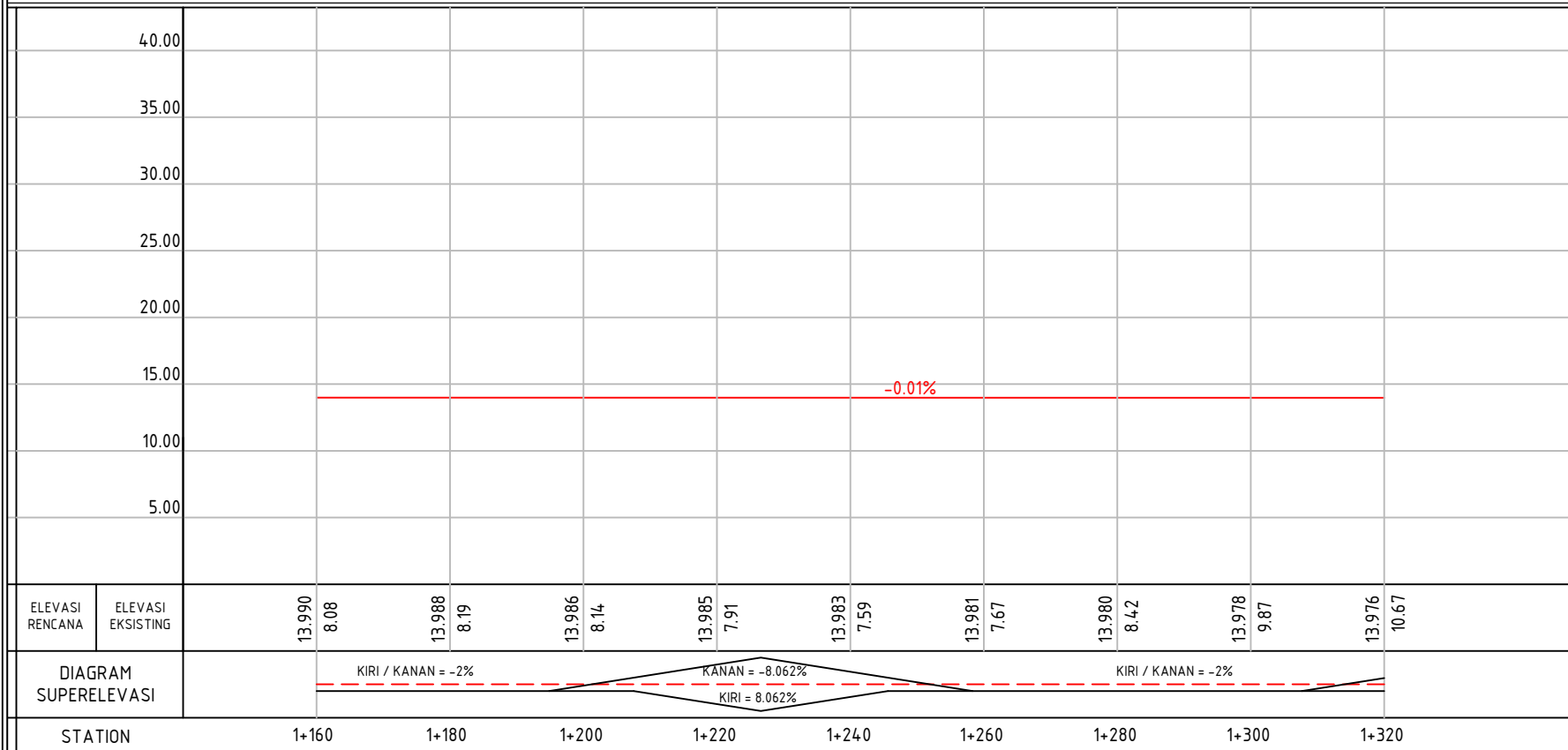
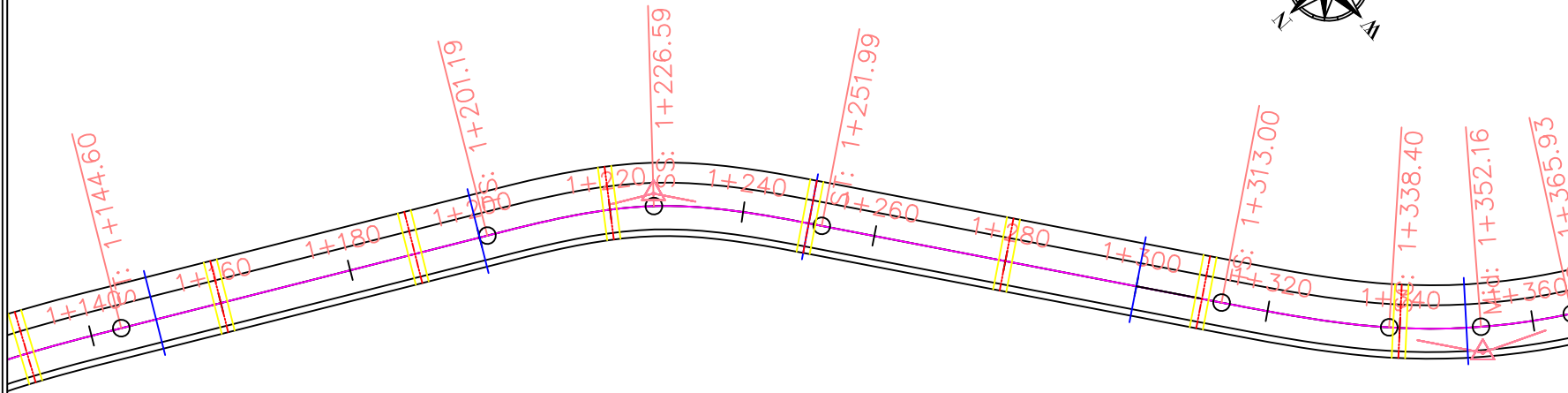
28

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Wahyu Herijanto, MT.

NAMA MAHASISWA

Alyssa Dewiputri H  
 03111540000091









S1 TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG  
GEOMETRIK INTERCHANGE WARU  
RAMP MOJOKERTO-SIDOARJO

NAMA GAMBAR

TIPIKAL  
CROSS SECTION  
skala 1:75

NOMOR

JUMLAH

11

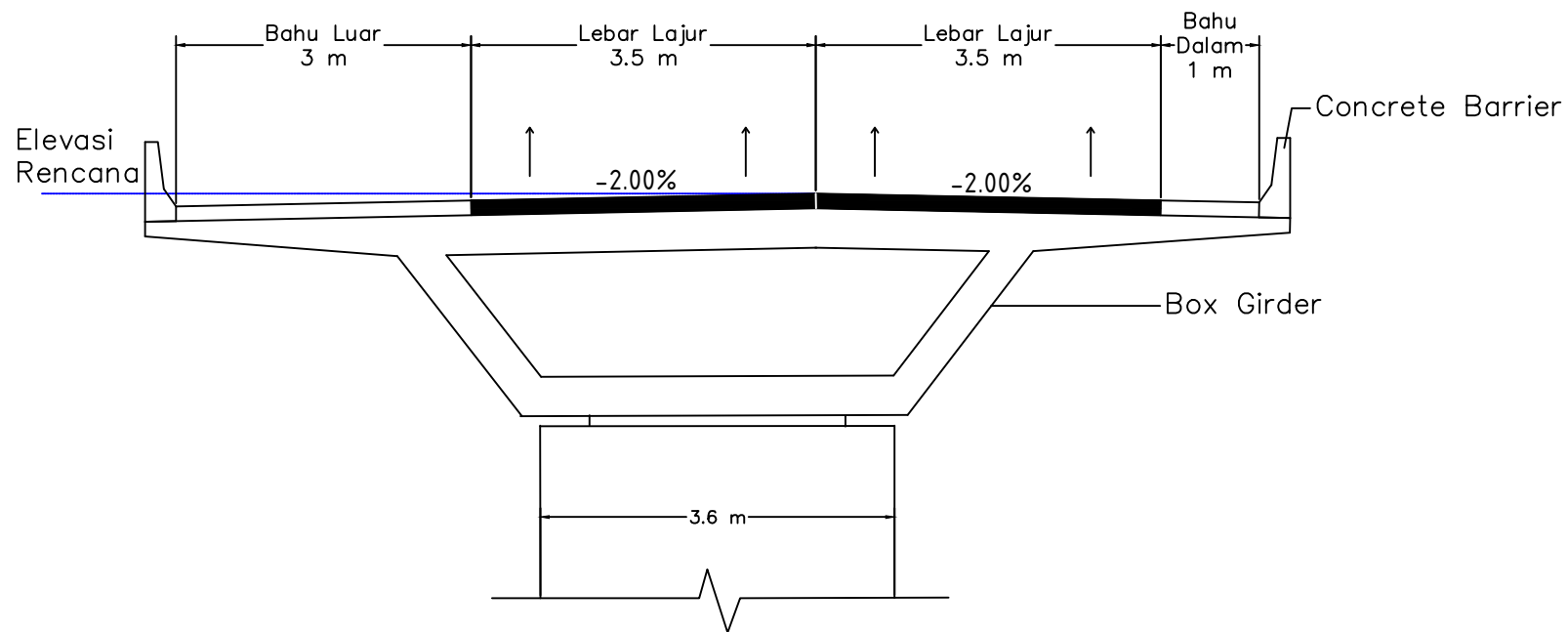
28

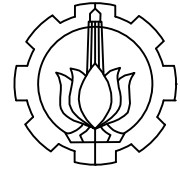
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Wahyu Herijanto, MT.

NAMA MAHASISWA

Alyssa Dewiputri H  
0311154000091





S1 TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG  
GEOMETRIK INTERCHANGE WARU  
RAMP MOJOKERTO-SIDOARJO

NAMA GAMBAR

CROSS SECTION  
STA 0+000, STA 0+030,  
STA 0+060, STA 0+090

NOMOR

JUMLAH

12

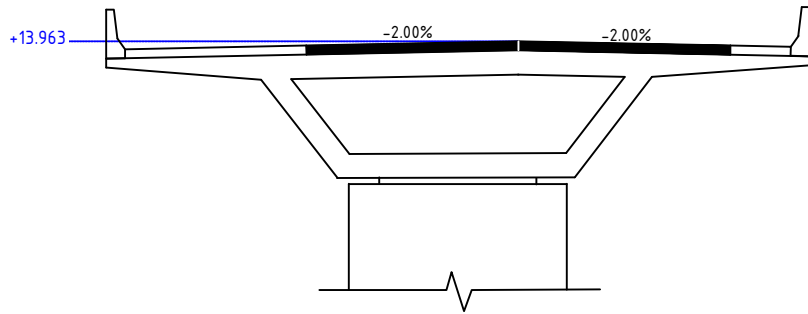
28

DOSEN PEMBIMBING

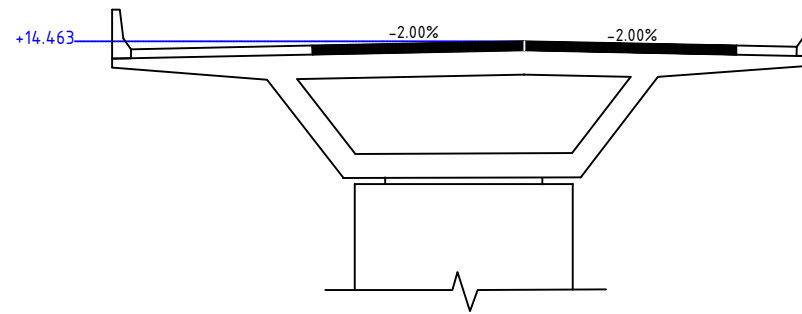
Ir. Wahyu Herijanto, MT.

NAMA MAHASISWA

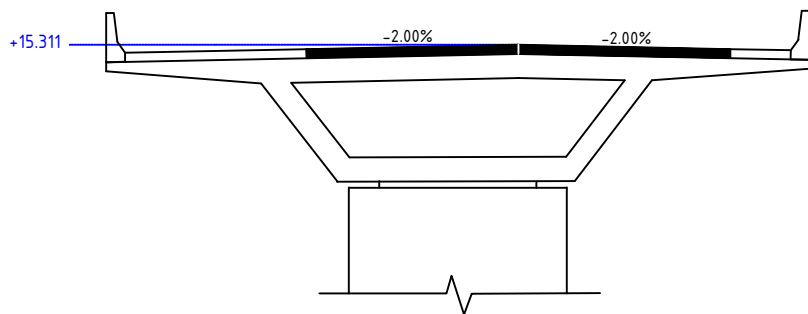
Alyssa Dewiputri H  
03111540000091



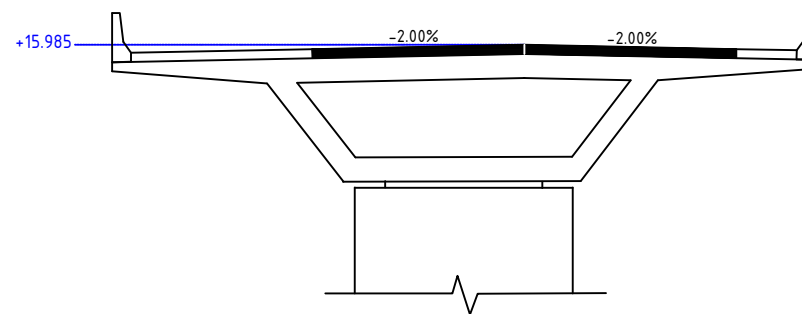
CROSS SECTION STA 0+000  
SKALA 1:125



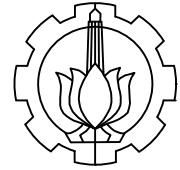
CROSS SECTION STA 0+030  
SKALA 1:125



CROSS SECTION STA 0+060  
SKALA 1:125



CROSS SECTION STA 0+090  
SKALA 1:125



S1 TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG  
GEOMETRIK INTERCHANGE WARU  
RAMP MOJOKERTO-SIDOARJO

NAMA GAMBAR

CROSS SECTION  
STA 0+120, STA 0+150,  
STA 0+180, STA 0+196.06

NOMOR

JUMLAH

13

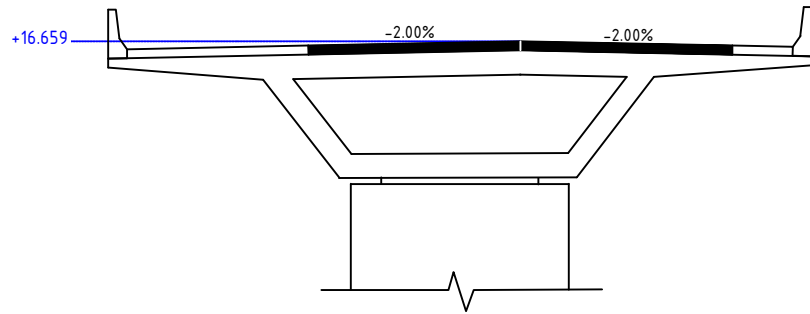
28

DOSEN PEMBIMBING

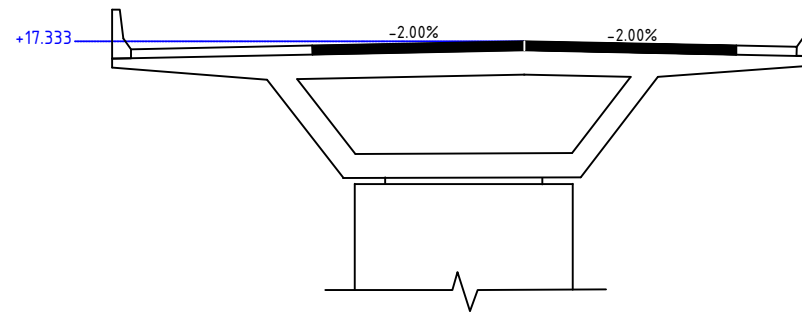
Ir. Wahyu Herijanto, MT.

NAMA MAHASISWA

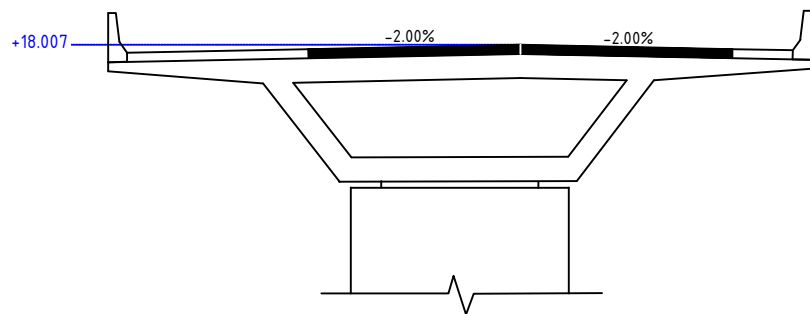
Alyssa Dewiputri H  
03111540000091



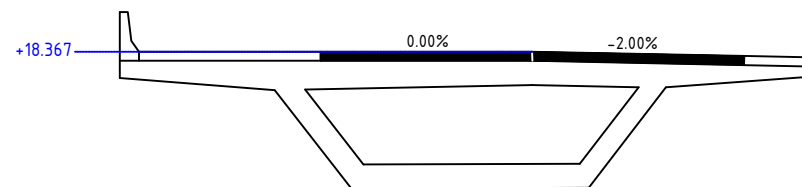
CROSS SECTION STA 0+120  
SKALA 1:125



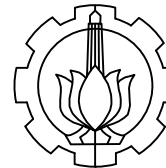
CROSS SECTION STA 0+150  
SKALA 1:125



CROSS SECTION STA 0+180  
SKALA 1:125



CROSS SECTION STA 0+196.06  
SKALA 1:125



S1 TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG  
GEOMETRIK INTERCHANGE WARU  
RAMP MOJOKERTO-SIDOARJO

NAMA GAMBAR

CROSS SECTION  
STA 0+204.23, STA 0+221.46,  
STA 0+240, STA 0+270

NOMOR

JUMLAH

14

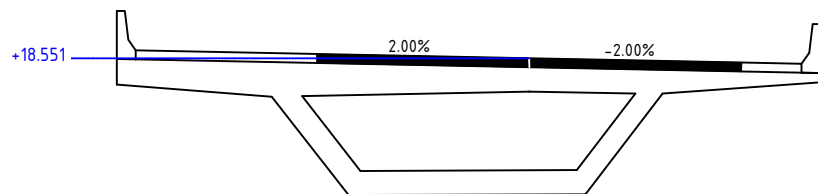
28

DOSEN PEMBIMBING

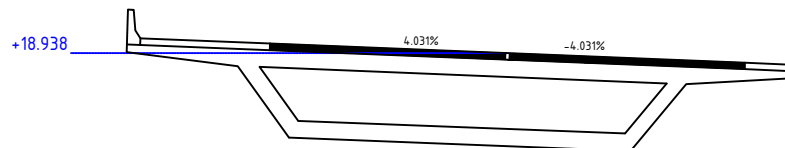
Ir. Wahyu Herijanto, MT.

NAMA MAHASISWA

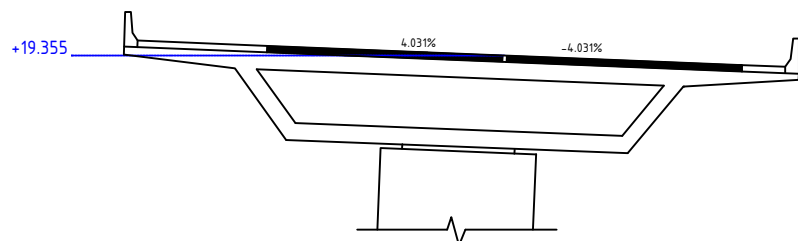
Alyssa Dewiputri H  
03111540000091



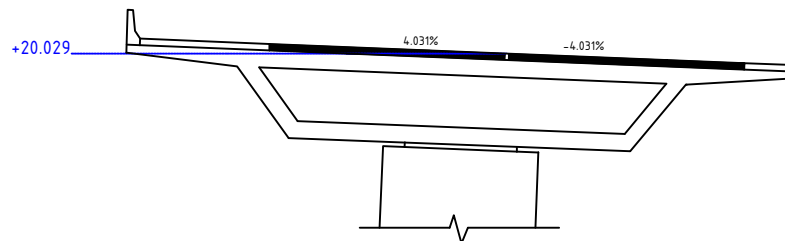
CROSS SECTION STA 0+204,225  
SKALA 1:125



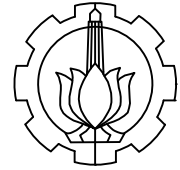
CROSS SECTION STA 0+221,46  
SKALA 1:175



CROSS SECTION STA 0+240  
SKALA 1:175



CROSS SECTION STA 0+270  
SKALA 1:175



S1 TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG  
GEOMETRIK INTERCHANGE WARU  
RAMP MOJOKERTO-SIDOARJO

NAMA GAMBAR

CROSS SECTION  
STA 0+204.23, STA 0+221.46,  
STA 0+240, STA 0+270

NOMOR

JUMLAH

15

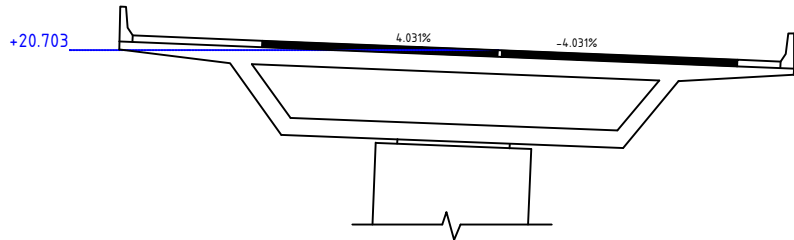
28

DOSEN PEMBIMBING

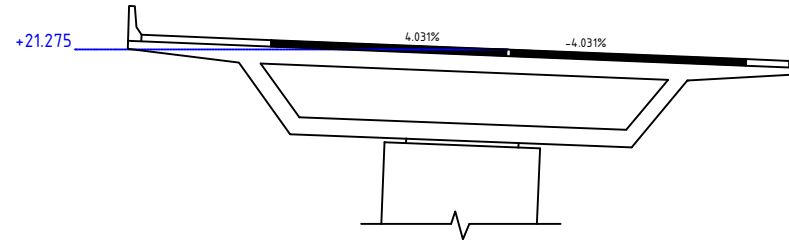
Ir. Wahyu Herijanto, MT.

NAMA MAHASISWA

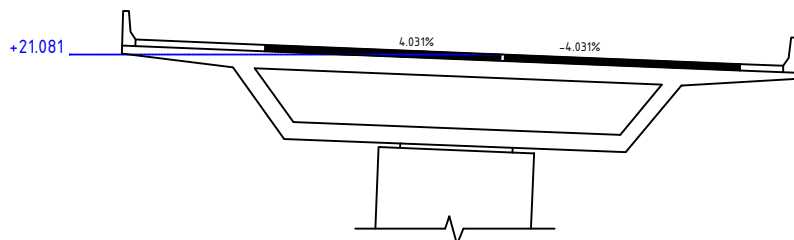
Alyssa Dewiputri H  
03111540000091



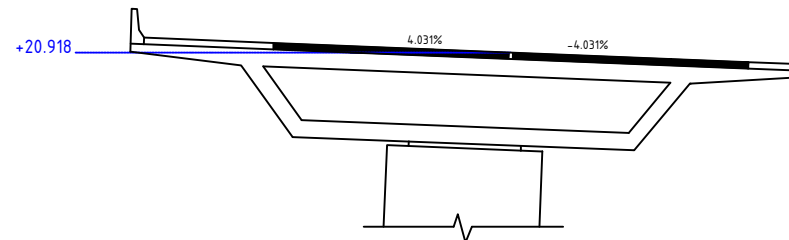
CROSS SECTION STA 0+300  
SKALA 1:175



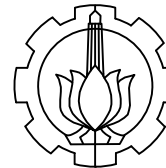
CROSS SECTION STA 0+330  
SKALA 1:175



CROSS SECTION STA 0+420  
SKALA 1:175



CROSS SECTION STA 0+428.23  
SKALA 1:175



S1 TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG  
GEOMETRIK INTERCHANGE WARU  
RAMP MOJOKERTO-SIDOARJO

NAMA GAMBAR

CROSS SECTION  
STA 0+445.16, STA 0+453.63,  
STA 0+510, STA 0+540

NOMOR

JUMLAH

16

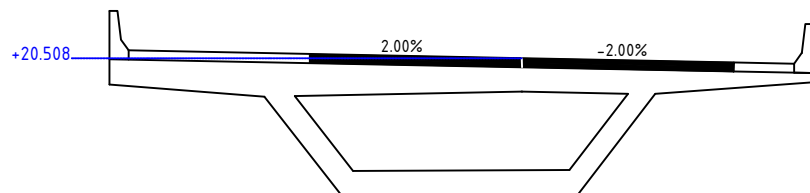
28

DOSEN PEMBIMBING

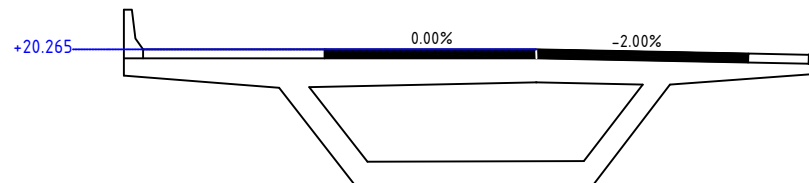
Ir. Wahyu Herijanto, MT.

NAMA MAHASISWA

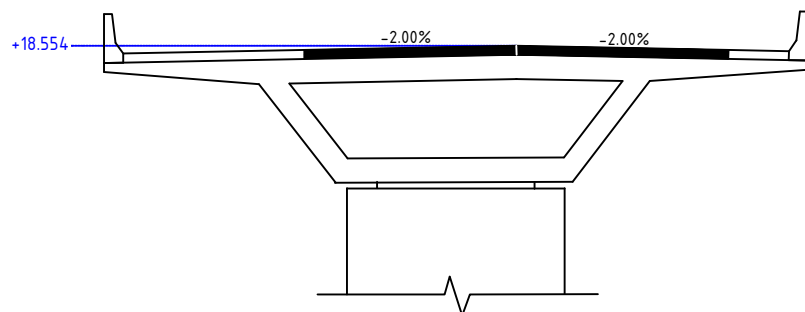
Alyssa Dewiputri H  
03111540000091



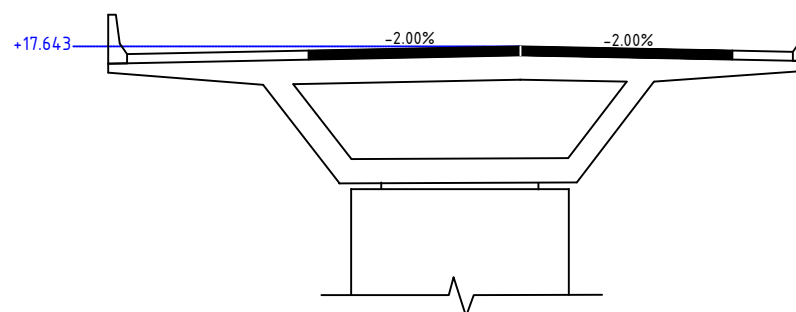
CROSS SECTION STA 0+445.161  
SKALA 1:125



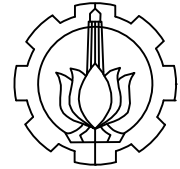
CROSS SECTION STA 0+453.63  
SKALA 1:125



CROSS SECTION STA 0+510  
SKALA 1:125



CROSS SECTION STA 0+540  
SKALA 1:125



S1 TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG  
GEOMETRIK INTERCHANGE WARU  
RAMP MOJOKERTO-SIDOARJO

NAMA GAMBAR

CROSS SECTION  
STA 0+600, STA 0+630,  
STA 0+649.62, STA 0+653.08

NOMOR

JUMLAH

17

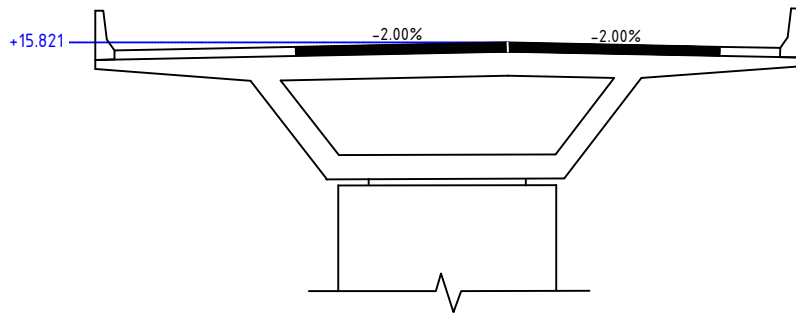
28

DOSEN PEMBIMBING

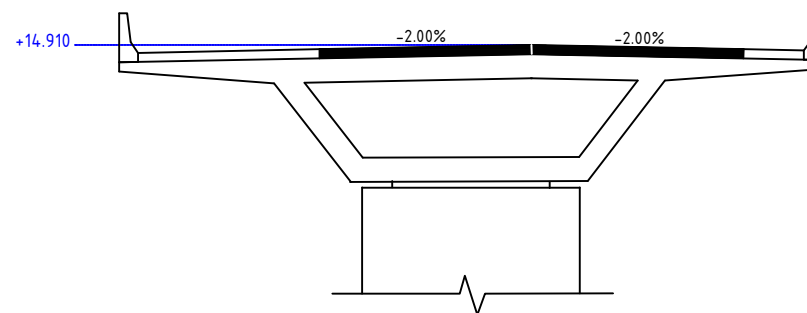
Ir. Wahyu Herijanto, MT.

NAMA MAHASISWA

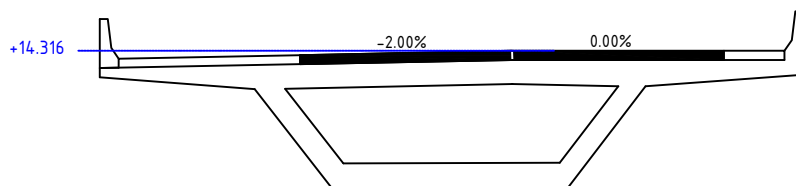
Alyssa Dewiputri H  
03111540000091



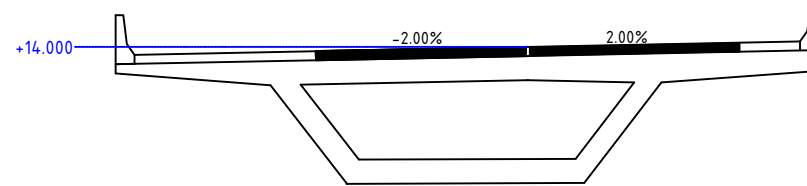
CROSS SECTION STA 0+600  
SKALA 1:125



CROSS SECTION STA 0+630  
SKALA 1:125



CROSS SECTION STA 0+649.62  
SKALA 1:125



CROSS SECTION STA 0+658.085  
SKALA 1:125





S1 TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG  
GEOMETRIK INTERCHANGE WARU  
RAMP MOJOKERTO-SIDOARJO

NAMA GAMBAR

CROSS SECTION  
STA 0+675.02, STA 0+720,  
STA 0+780, STA 0+830.74

NOMOR

JUMLAH

18

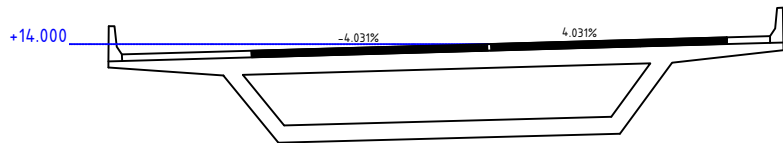
28

DOSEN PEMBIMBING

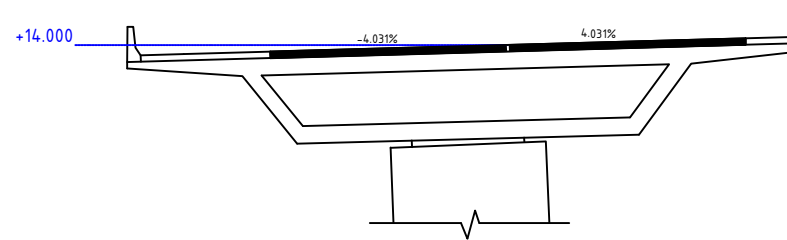
Ir. Wahyu Herijanto, MT.

NAMA MAHASISWA

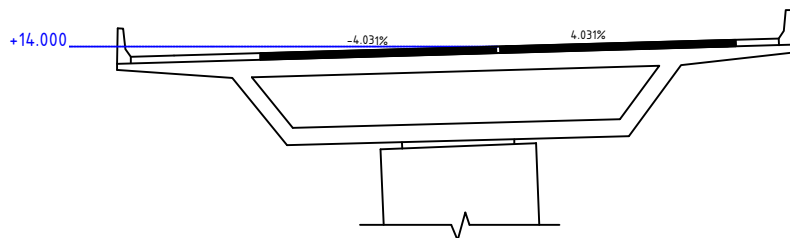
Alyssa Dewiputri H  
03111540000091



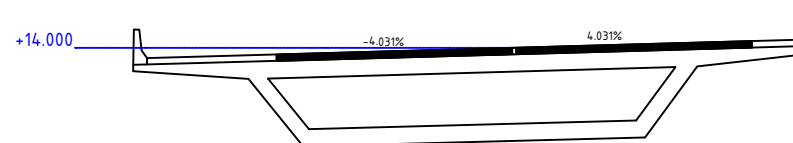
CROSS SECTION STA 0+675.02  
SKALA 1:175



CROSS SECTION STA 0+720  
SKALA 1:175



CROSS SECTION STA 0+780  
SKALA 1:175



CROSS SECTION STA 0+830.74  
SKALA 1:175



S1 TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG  
GEOMETRIK INTERCHANGE WARU  
RAMP MOJOKERTO-SIDOARJO

NAMA GAMBAR

CROSS SECTION  
STA 0+847.67, STA 0+856.14,  
STA 0+885, STA 0+933.32

NOMOR

JUMLAH

19

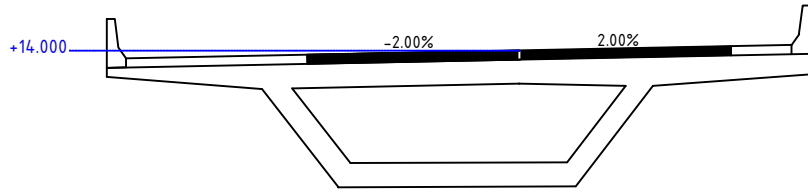
28

DOSEN PEMBIMBING

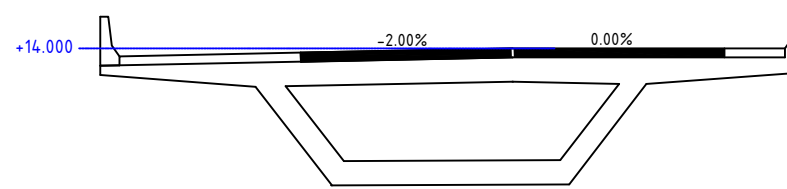
Ir. Wahyu Herijanto, MT.

NAMA MAHASISWA

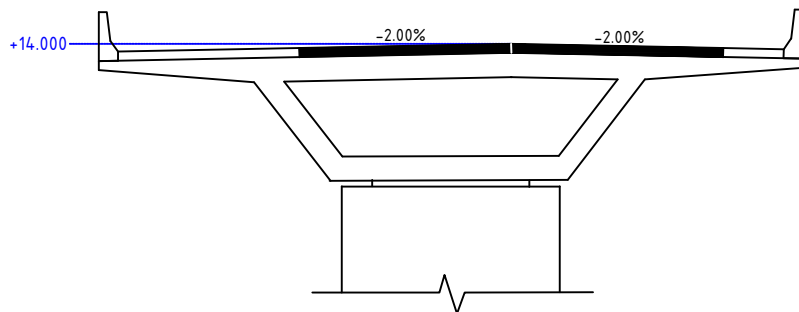
Alyssa Dewiputri H  
03111540000091



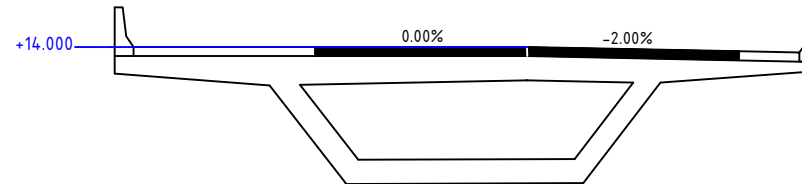
CROSS SECTION STA 0+847.67  
SKALA 1:125



CROSS SECTION STA 0+856.14  
SKALA 1:125



CROSS SECTION STA 0+885  
SKALA 1:125



CROSS SECTION STA 0+933.32  
SKALA 1:125



S1 TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG  
GEOMETRIK INTERCHANGE WARU  
RAMP MOJOKERTO-SIDOARJO

NAMA GAMBAR

CROSS SECTION  
STA 0+946.78, STA 0+958.72,  
STA 0+990, STA 1+119.20

NOMOR

JUMLAH

20

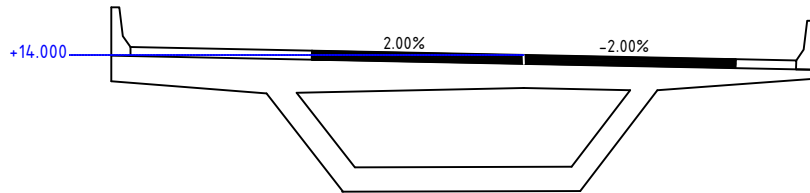
28

DOSEN PEMBIMBING

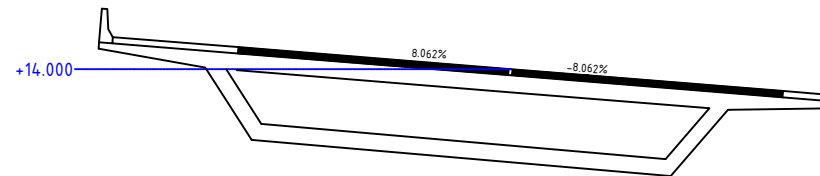
Ir. Wahyu Herijanto, MT.

NAMA MAHASISWA

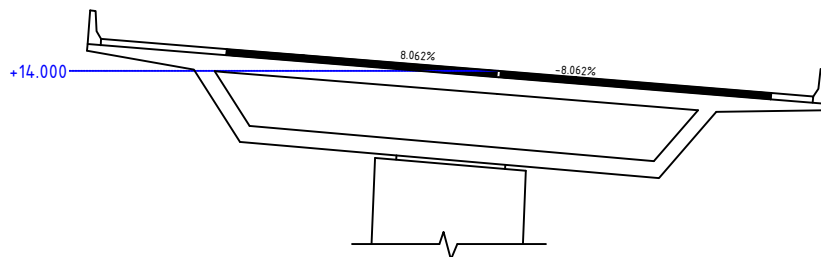
Alyssa Dewiputri H  
03111540000091



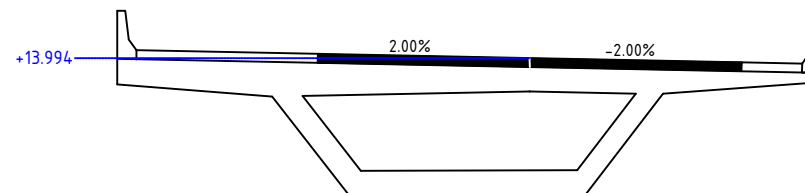
CROSS SECTION STA 0+946.78  
SKALA 1:125



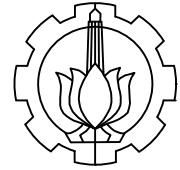
CROSS SECTION STA 0+958.72  
SKALA 1:180



CROSS SECTION STA 0+990  
SKALA 1:180



CROSS SECTION STA 1+119.20  
SKALA 1:125



S1 TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG  
GEOMETRIK INTERCHANGE WARU  
RAMP MOJOKERTO-SIDOARJO

NAMA GAMBAR

CROSS SECTION  
STA 1+136.13, STA 1+144.60,  
STA 1+180, STA 1+201.19

NOMOR

JUMLAH

21

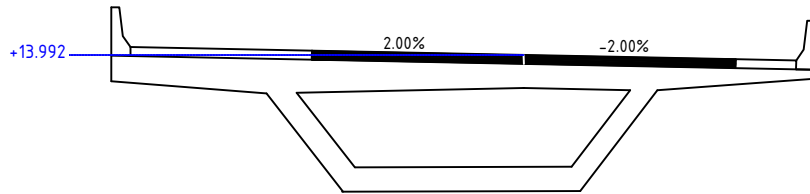
28

DOSEN PEMBIMBING

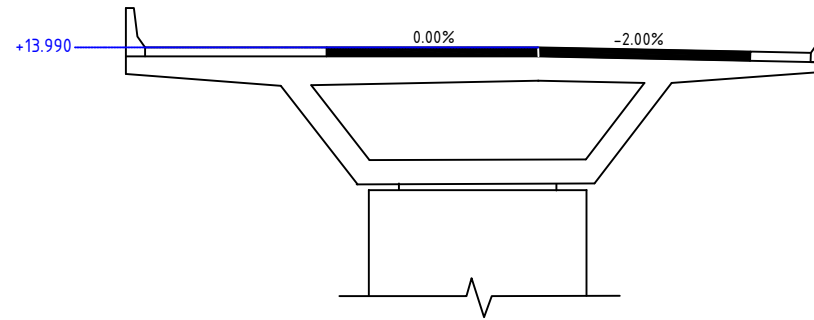
Ir. Wahyu Herijanto, MT.

NAMA MAHASISWA

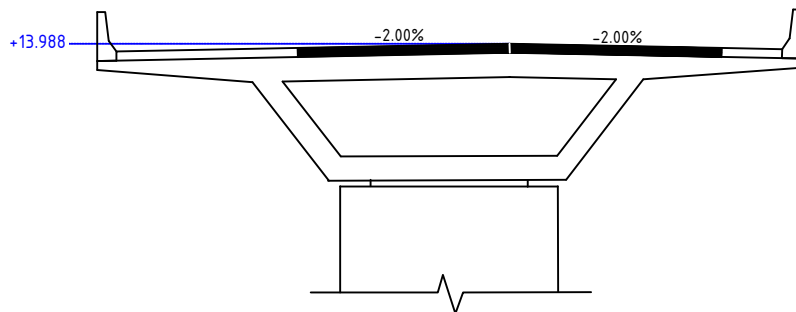
Alyssa Dewiputri H  
03111540000091



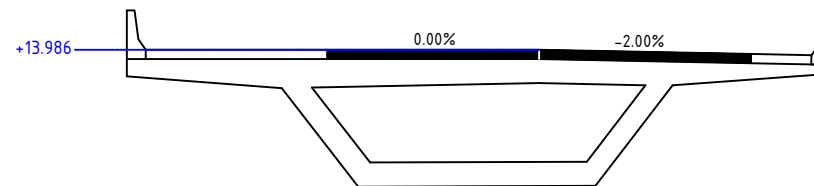
CROSS SECTION STA 1+136.13  
SKALA 1:125



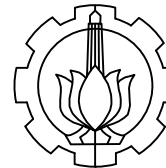
CROSS SECTION STA 1+144.60  
SKALA 1:125



CROSS SECTION STA 1+180  
SKALA 1:125



CROSS SECTION STA 1+201.19  
SKALA 1:125



S1 TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG  
GEOMETRIK INTERCHANGE WARU  
RAMP MOJOKERTO-SIDOARJO

NAMA GAMBAR

CROSS SECTION  
STA 1+206.65, STA 1+226.59,  
STA 1+243.52, STA 1+251.99

NOMOR

JUMLAH

22

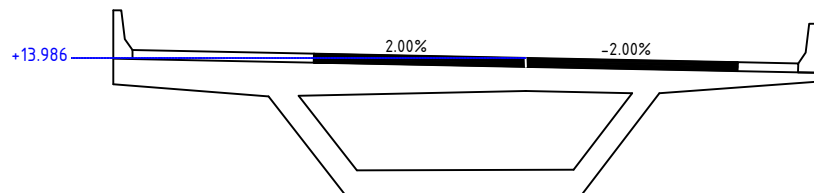
28

DOSEN PEMBIMBING

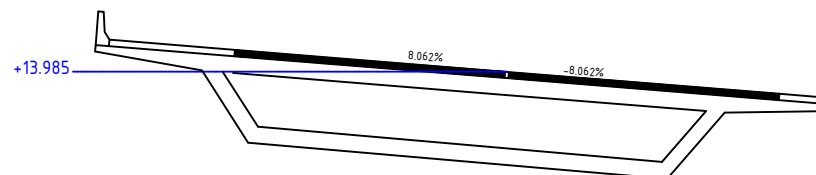
Ir. Wahyu Herijanto, MT.

NAMA MAHASISWA

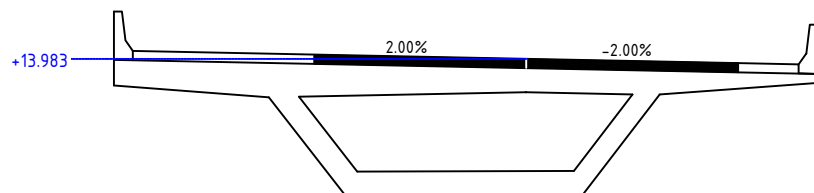
Alyssa Dewiputri H  
03111540000091



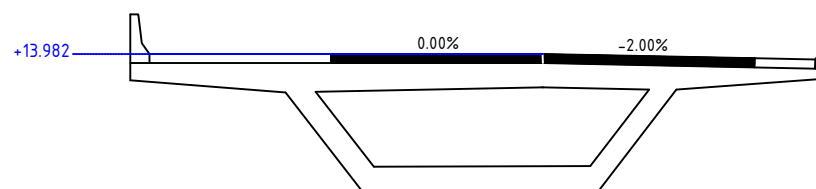
CROSS SECTION STA 1+206.65  
SKALA 1:125



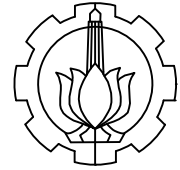
CROSS SECTION STA 1+226.59  
SKALA 1:180



CROSS SECTION STA 1+243.52  
SKALA 1:125



CROSS SECTION STA 1+251.99  
SKALA 1:125



S1 TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG  
GEOMETRIK INTERCHANGE WARU  
RAMP MOJOKERTO-SIDOARJO

NAMA GAMBAR

CROSS SECTION  
STA 1+300, STA 1+313,  
STA 1+321.46, STA 1+338.4

NOMOR

JUMLAH

23

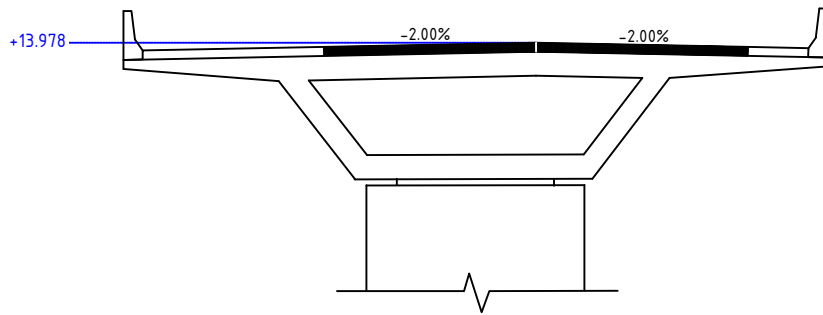
28

DOSEN PEMBIMBING

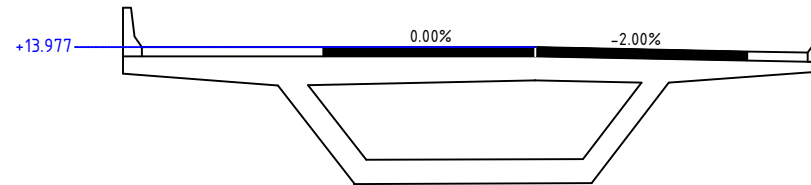
Ir. Wahyu Herijanto, MT.

NAMA MAHASISWA

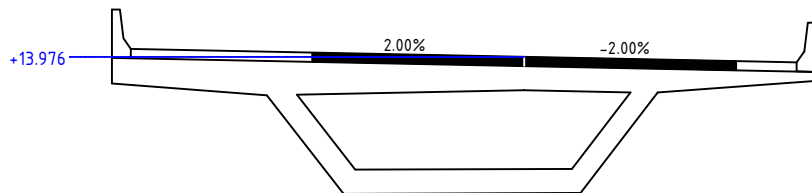
Alyssa Dewiputri H  
03111540000091



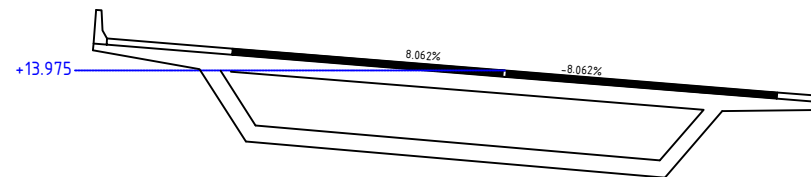
CROSS SECTION STA 1+300  
SKALA 1:125



CROSS SECTION STA 1+313  
SKALA 1:125



CROSS SECTION STA 1+321.46  
SKALA 1:125



CROSS SECTION STA 1+338.4  
SKALA 1:180



S1 TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG  
GEOMETRIK INTERCHANGE WARU  
RAMP MOJOKERTO-SIDOARJO

NAMA GAMBAR

CROSS SECTION  
STA 1+365.93, STA 1+382.86,  
STA 1+391.33, STA 1+460

NOMOR

JUMLAH

24

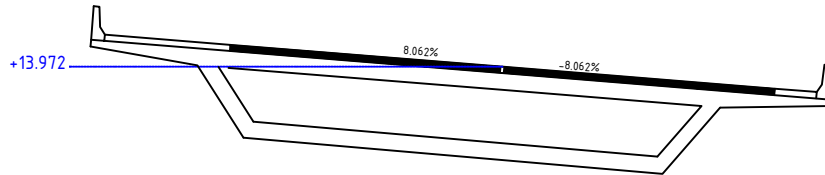
28

DOSEN PEMBIMBING

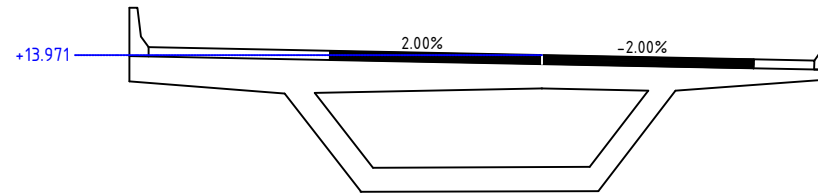
Ir. Wahyu Herijanto, MT.

NAMA MAHASISWA

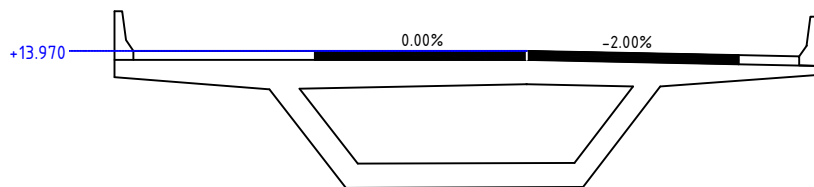
Alyssa Dewiputri H  
03111540000091



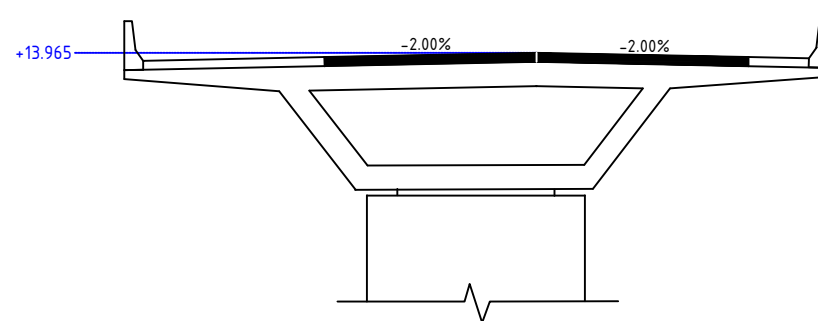
CROSS SECTION STA 1+365.93  
SKALA 1:180



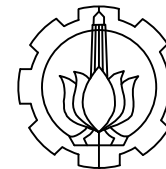
CROSS SECTION STA 1+382.86  
SKALA 1:125



CROSS SECTION STA 1+391.33  
SKALA 1:125



CROSS SECTION STA 1+460  
SKALA 1:125



S1 TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG  
GEOMETRIK INTERCHANGE WARU  
RAMP MOJOKERTO-SIDOARJO

NAMA GAMBAR

DETAIL  
RAMP ON  
skala 1:1500

NOMOR

JUMLAH

25

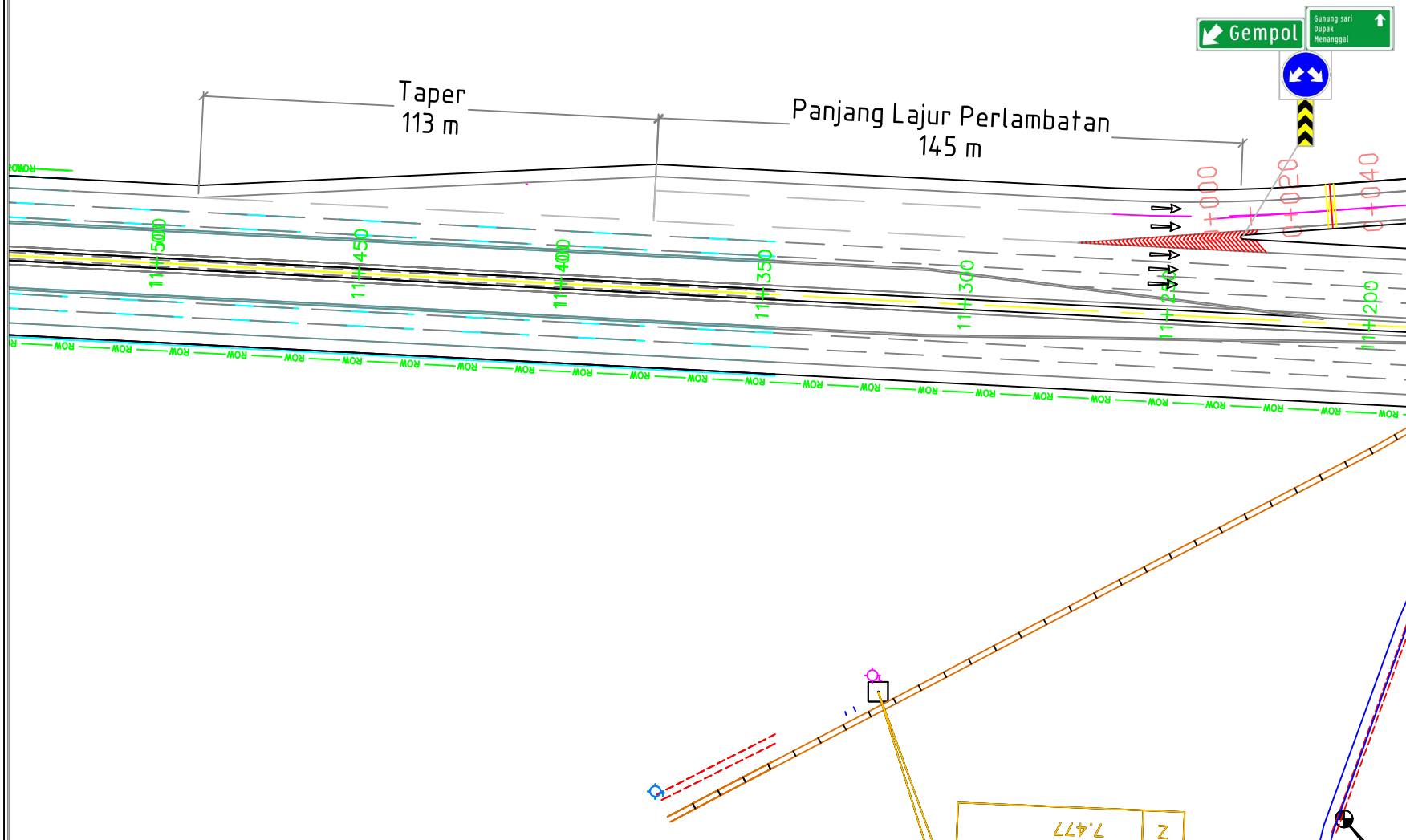
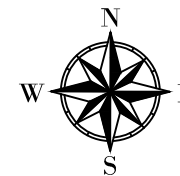
28

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Wahyu Herijanto,  
MT.

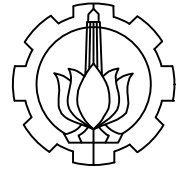
NAMA MAHASISWA

Alyssa Dewiputri H  
0311154000091









S1 TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG  
GEOMETRIK INTERCHANGE WARU  
RAMP MOJOKERTO-SIDOARJO

NAMA GAMBAR

DETAIL RAMBU  
skala 1:10

NOMOR

JUMLAH

27

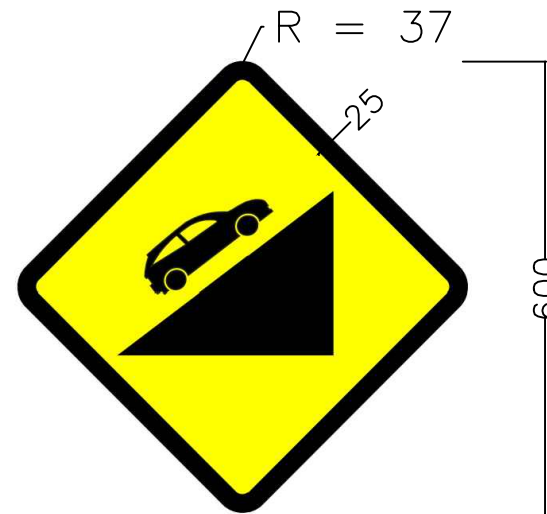
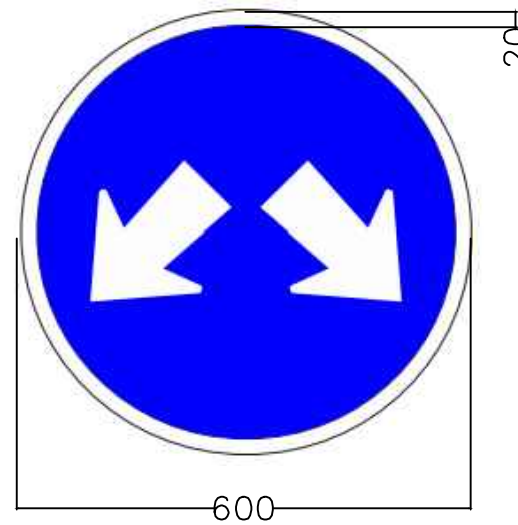
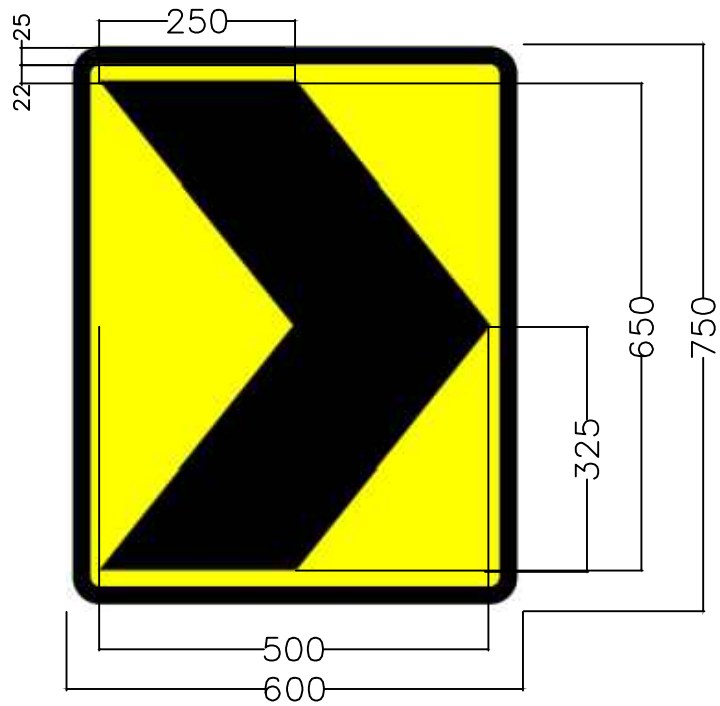
28

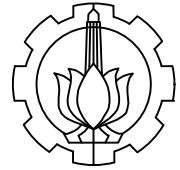
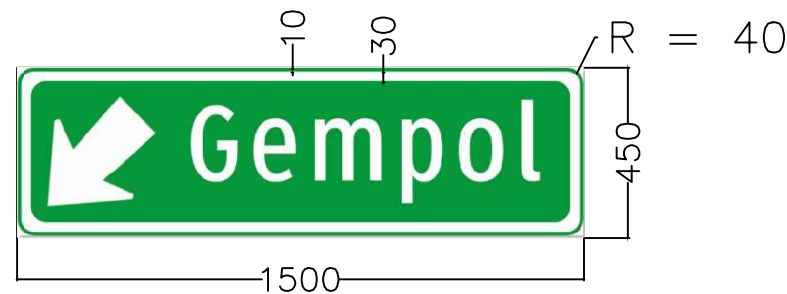
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Wahyu Herijanto, MT.

NAMA MAHASISWA

Alyssa Dewiputri H  
0311154000091





S1 TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG  
GEOMETRIK INTERCHANGE WARU  
RAMP MOJOKERTO-SIDOARJO

NAMA GAMBAR

DETAIL RAMBU  
skala 1:5

NOMOR

JUMLAH

28

28

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Wahyu Herijanto, MT.

NAMA MAHASISWA

Alyssa Dewiputri H  
0311154000091