

TUGAS AKHIR

EVALUASI GEOMETRIK JALAN PADA LENGKUNG HORIZONTAL (TIKUNGAN) DENGAN METODE BINA MARGA

(Studi Kasus Ruas Jalan Kisaran-Air Joman-Watas Tanjungbalai Section I)

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

ADE IRMA SM. SIREGAR
1707210167P



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2020**



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan 20238 (061) 6622400

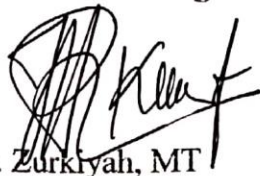
بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Ade Irma SM. Siregar
NPM : 1707210167P
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : EVALUASI GEOMETRIK JALAN PADA LENGKUNG
HORIZONTAL (TIKUNGAN) DENGAN METODE
BINA MARGA (Studi Kasus Ruas Jalan Kisaran – Air
Joman – Watas Tanjungbalai *Section I*)
Bidang Ilmu : Transportasi

Disetujui Untuk Disampaikan Kepada
Panitia Ujian

Dosen Pembimbing I



Ir. Zurkiyah, MT

Dosen Pembimbing II



Rizki Efrida, ST. MT

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Ade Irma SM. Siregar
NPM : 1707210167P
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : EVALUASI GEOMETRIK JALAN PADA LINGKUNG
HORIZONTAL (TIKUNGAN) DENGAN METODE
BINA MARGA (Studi Kasus Ruas Jalan Kisaran – Air Joman
– Watas Tanjungbalai *Section I*)
Bidang Ilmu : Transportasi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 07 Maret 2020

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I/Penguji


Ir. Zulkayah, M.T.

Dosen Pembimbing II/Penguji


Rizki Efrida, S.T, M.T


Dosen Pembanding I/Penguji


Ir. Sri Asfiati, M.T

Dosen Pembanding II/Penguji


Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T, M.Sc

Program Studi Teknik Sipil
Ketua,


Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T, M.Sc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Ade Irma SM. Siregar
Tempat/Tgl. Lahir : Medan, 08 September 1995
NPM : 1707210167P
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul:

“EVALUASI GEOMETRIK JALAN PADA LENGKUNG HORIZONTAL (TIKUNGAN) DENGAN METODE BINA MARGA (Studi Kasus Ruas Jalan Kisaran-Air Joman-Watas Tanjungbalai *Section I*)”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, atau pun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 07 Maret 2020

Saya yang menyatakan,



(Ade Irma SM. Siregar)

ABSTRAK

EVALUASI GEOMETRIK JALAN PADA LENGKUNG HORIZONTAL (TIKUNGAN) DENGAN METODE BINA MARGA (Studi Kasus Ruas Jalan Kisaran-Air Joman-Watas Tanjungbalai *Section I*)

Ade Irma SM. Siregar
1707210167P
Ir. Zurkiyah, MT
Rizki Efrida, ST, MT

Ruas jalan Kisaran–Air Joman–Watas Kota Tanjungbalai adalah ruas jalan yang berada di Kabupaten Asahan dan Kabupaten Batubara yang merupakan klasifikasi jalan kolektor dengan kondisi medan yang datar. Kecepatan rencana geometrik jalan yaitu 60 km/jam. Perencanaan geometrik yang baik salah satunya meliputi alinemen horizontal yang aman dan nyaman bagi pengemudi sesuai aturan perencanaan agar dapat mengurangi tingkat kecelakaan selama diperjalanan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi apakah kondisi alinemen horizontal pada ruas jalan tersebut telah memenuhi standar pada pedoman yang ada. Perhitungan evaluasi ini menggunakan Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997 yang dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan Umum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Alinemen horizontal pada lokasi yang ditinjau pada Ruas jalan Kisaran–Air Joman–Watas Kota Tanjungbalai mempunyai 7 buah tikungan yang tidak memenuhi syarat perencanaan geometrik dimana tikungan tersebut tidak memenuhi syarat nilai R_{min} (jari - jari minimum) untuk penggunaan jenis tikungan *full circle* sesuai kecepatan rencana. Perencanaan ulang alinemen horizontal perlu dilakukan karena tikungan tersebut tidak memenuhi syarat dari peraturan yang ada. Apabila perencanaan ulang tidak dapat dilakukan maka untuk menghindari kecelakaan di ruas jalan Kisaran–Air Joman–Watas Kota Tanjungbalai tersebut perlu dibuat rambu pengurangan kecepatan dan untuk dikemudian hari perlu adanya evaluasi perencanaan geometrik untuk mendapatkan kondisi geometrik yang baik dan benar.

Kata kunci : Alinemen Horizontal, Tikungan, Geometrik Jalan

ABSTRACT

THE EVALUATION OF GEOMETRIC PATHS ON THE HORIZONTAL CURVE (BEND) BY USING BINA MARGA METHOD

**(Case Study of Road Segments Kisaran-Air Joman-Watas Tanjungbalai
Section I)**

Ade Irma SM. Siregar
1707210167P
Ir. Zurkiyah, MT
Rizki Efrida, ST, MT

Road Segments Kisaran–Air Joman–Watas Kota Tanjungbalai is a road segment located in Asahan regency and Batubara regency which is a classification of collector’s roads with a flat terrain condition. The speed of road geometrics planning is 60 km/h. Good geometric planning one of them includes a safe and comfortable horizontal alinemen for drivers according to the planning rules in order to reduce the level of accidents during driving on the road. The purpose of this research is to evaluate whether the horizontal conditions of the road was suitable the standards of existing guidelines. The evaluation calculation uses the procedures of the Inter-City Road Geometrical Planning No. 038/TBM/1997 issued by the Public Works Department. The results showed that the horizontal Alinemen at the location were reviewed on the road segments Kisaran – Air Joman – Watas Kota Tanjungbalai has 7 twists that do not qualify the geometric planning where the bend does not suitable the term value of R min (radius minimum) for the use of full circle bend type according to the speed of the plan. The replanning of horizontal alinemen should be done because the twists are not qualified from the existing regulations. If the replanning can not be done then to avoid accidents on the Road Segments Kisaran-Air Joman-Watas Kota Tanjungbalai need to be made speed reduction signs and for the later days need evaluation of planning Geometrics to obtain good and correct geometric conditions.

Keywords: Horizontal Alinemen, Bends, Geometric roads

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Evaluasi Geometrik Jalan Pada Lengkung Horizontal (Tikungan) dengan Metode Bina Marga (Studi Kasus Ruas Jalan Kisaran-Air Joman-Watas Tanjungbalai *Section I*)” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Ibu Ir. Zurkiyah, M.T selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Rizki Efrida, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Ir. Sri Asfiati, M.T selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
4. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T, M.Sc selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji serta selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
5. Ibu Hj. Irma Dewi S.T, M.Si selaku selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik sipil kepada penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Orang Tua Penulis, Bapak Sori Muda Siregar dan Ibu Nurma Sari Daulay yang telah memberikan kasih sayang tanpa batas, membesarkan, membimbing, memberikan dukungan baik moril maupun materil dan doa-doa terbaik yang tidak pernah putus hingga hari ini serta Kakak dan Adik tersayang Chairina Sari Siregar, SE dan Mhd. Tondi Alfarizi Siregar yang telah memberikan dukungan dan semangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Sahabat-sahabat penulis, Rizkia Tri Annisha, ST, Dinda Syalita Siagian dan Dina Isranita Hutagalung A.Md yang telah memberi semangat dan masukan yang sangat berarti bagi saya pribadi serta kepada teman-teman Teknik Sipil khususnya kelas A3 & B3 Malam Stambuk 2015, dan seluruh teman-teman yang amat saya cintai yang telah memberikan semangat serta masukan yang sangat berarti bagi saya pribadi.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, 07 Maret 2020



Ade Irma SM. Siregar

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Ruang Lingkup	3
1.4. Tujuan	4
1.5. Manfaat	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Geometrik Jalan	6
2.2. Klasifikasi Jalan	7
2.2.1. Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan	7
2.2.2. Klasifikasi Menurut Kelas Jalan	8
2.2.3. Klasifikasi Menurut Medan Jalan	8
2.2.4. Klasifikasi Menurut Wewenang Pembinaan Jalan	9
2.3. Parameter Perencanaan Geometrik Jalan	9
2.2.5. Keadaan Lintasan Lalu lintas	10
2.4. Alinemen Horizontal	13

2.4.1	Penentuan Koordinat dan Jarak	13
2.4.2	Penentuan Sudut Azimuth (α) dan Bearing (Δ)	14
2.4.2.1	Sudut Azimuth (α)	14
2.4.2.2	Sudut Bearing (Δ)	15
2.4.3	Panjang Bagian Lurus	15
2.4.4	Tikungan	16
2.5	Jarak Pandang	27
2.5.1	Jarak Pandang Henti	27
2.5.2	Jarak Pandang Mendahului	28
2.6	Daerah Bebas Samping di Tikungan	30
BAB 3	METODE PENELITIAN	
3.1	Bagan Alir Penelitian	35
3.2	Lokasi Penelitian	36
3.3	Pengumpulan Data	36
3.3.1	Data Primer	37
3.3.1.1	Data Kondisi Geometrik	37
3.3.2	Data Sekunder	40
3.3.2.1	Data Lalu Lintas	40
3.3.2.2	Data Koordinat dan Elevasi Permukaan Tanah	40
BAB 4	ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	
4.1	Perhitungan Jarak, Sudut Azimuth dan Sudut Bearing	41
4.1.1	Perhitungan Jarak	41
4.1.2	Perhitungan Sudut Azimuth	45
4.1.3	Perhitungan Sudut Bearing (Δ)	48
4.2	Pemilihan Jenis Tikungan	50
4.2.1	Tikungan di titik P1	50
4.2.2	Tikungan di titik P6	55
4.2.3	Tikungan di titik P13	60
4.2.4	Tikungan di titik P15	65
4.2.5	Tikungan di titik P16	71
4.2.6	Tikungan di titik P17	76

4.2.7	Tikungan di titik P18	81
4.2.8	Tikungan di titik P20	86
4.2.9	Tikungan di titik P33	91
4.3	Perhitungan Jarak Pandang	96
4.3.1	Jarak Pandang di Tikungan P1	96
4.3.2	Jarak Pandang di Tikungan P6	97
4.3.3	Jarak Pandang di Tikungan P13	99
4.3.4	Jarak Pandang di Tikungan P15	100
4.3.5	Jarak Pandang di Tikungan P16	102
4.3.6	Jarak Pandang di Tikungan P17	104
4.3.7	Jarak Pandang di Tikungan P18	105
4.3.8	Jarak Pandang di Tikungan P20	107
4.3.9	Jarak Pandang di Tikungan P33	108
4.4	Perhitungan Daerah Bebas Samping	110
4.4.1	Daerah Bebas Samping di Tikungan P1	110
4.4.2	Daerah Bebas Samping di Tikungan P6	111
4.4.3	Daerah Bebas Samping di Tikungan P13	112
4.4.4	Daerah Bebas Samping di Tikungan P15	112
4.4.5	Daerah Bebas Samping di Tikungan P16	113
4.4.6	Daerah Bebas Samping di Tikungan P17	114
4.4.7	Daerah Bebas Samping di Tikungan P18	115
4.4.8	Daerah Bebas Samping di Tikungan P20	115
4.4.9	Daerah Bebas Samping di Tikungan P33	116
4.5	Rekapitulasi Perhitungan	117

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	118
5.2	Saran	118

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi Menurut Kelas Jalan	8
Tabel 2.2	Klasifikasi Menurut Medan Jalan	9
Tabel 2.3	Dimensi Kendaraan Rencana	10
Tabel 2.4	Kecepatan Rencana, V_r , sesuai klasifikasi fungsi dan klasifikasi medan jalan	12
Tabel 2.5	Nilai Ekuivalen Mobil Penumpang	12
Tabel 2.6	Tabel Kuadran Azimuth	14
Tabel 2.7	Panjang Bagian Lurus Maximum	16
Tabel 2.8	Panjang Jari-jari Minimum	20
Tabel 2.9	Panjang lengkung peralihan (L_s) dan panjang pencapaian superelevasi (L_e) untuk jalan 1 lajur-2 lajur-2 arah	23
Tabel 2.10	Jari-jari tikungan yang tidak memerlukan lengkung peralihan	23
Tabel 2.11	Jari-jari yang diijinkan tanpa lengkung peralihan	24
Tabel 2.12	Jarak Pandang Henti (J_h) minimum	28
Tabel 2.13	Panjang Jarak Pandang Mendahului (J_d)	30
Tabel 2.14	E (m) untuk $J_h < L_t$, V_R (km/jam) dan J_h (m)	32
Tabel 2.15	E (m) untuk $J_h > L_t$, V_R (km/jam) dan J_h (m), di mana $J_h - L_t = 25$ m	33
Tabel 2.16	E (m) untuk $J_h > L_t$, V_R (km/jam) dan J_h (m), di mana $J_h - L_t = 50$ m	33
Tabel 3.1	Ukuran Eksisting Jalan	38
Tabel 4.1	Rekapitulasi hasil perhitungan tikungan	117

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Dimensi Kendaraan Kecil	11
Gambar 2.2	Dimensi Kendaraan Sedang	11
Gambar 2.3	Dimensi Kendaraan Besar	11
Gambar 2.4	Koordinat dan Jarak	13
Gambar 2.5	Sudut Azimuth (α)	15
Gambar 2.6	Sudut Bearing	15
Gambar 2.7	Lengkung <i>Full Circle</i>	16
Gambar 2.8	Lengkung <i>Spiral Circle Spiral</i>	18
Gambar 2.9	Lengkung <i>Spiral Spiral</i>	19
Gambar 2.10	Kemiringan normal pada bagian jalan lurus	24
Gambar 2.11	Kemiringan jalan pada tikungan belok kanan	25
Gambar 2.12	Kemiringan melintang pada tikungan pada tikungan belok	25
Gambar 2.13	Diagram Superelevasi <i>Full-Circle</i>	25
Gambar 2.14	Diagram superelevasi pada <i>Spiral – Circle – Spiral</i>	26
Gambar 2.15	Diagram Super Elevasi <i>Spiral-Spiral</i>	26
Gambar 2.16	Jarak pandang mendahului	28
Gambar 2.17	Daerah bebas samping di tikungan, untuk $J_h < L_t$	30
Gambar 2.18	Daerah bebas samping di tikungan, untuk $J_h > L_t$	31
Gambar 2.19	Diagram ilustrasi komponen untuk menentukan jarak pandang horizontal (daerah bebas samping)	31
Gambar 3.1	Bagan Alir Metode Penelitian	35
Gambar 3.2	Peta Lokasi Penelitian	36
Gambar 3.3	Tampang Eksisting Jalan	38
Gambar 4.1	Tikungan <i>Spiral-Spiral</i> di Titik P1	54
Gambar 4.2	Diagram Superelevasi Tikungan P1 <i>Spiral-Spiral</i>	55
Gambar 4.3	Tikungan <i>Spiral-Circle-Spiral</i> di Titik P6	59
Gambar 4.4	Diagram Superelevasi Tikungan P6 <i>Spiral-Circle-Spiral</i>	60
Gambar 4.5	Tikungan <i>Spiral-Spiral</i> di Titik P13	65
Gambar 4.6	Diagram Superelevasi Tikungan P13 <i>Spiral-Spiral</i>	65
Gambar 4.7	Tikungan <i>Spiral-Spiral</i> di Titik P15	70

Gambar 4.8	Diagram Superelevasi Tikungan P15 <i>Spiral-Spiral</i>	70
Gambar 4.9	Tikungan Spiral-Spiral di Titik P16	75
Gambar 4.10	Diagram Superelevasi Tikungan P16 <i>Spiral-Spiral</i>	75
Gambar 4.11	Tikungan Spiral-Spiral di Titik P17	80
Gambar 4.12	Diagram Superelevasi Tikungan P17 <i>Spiral-Spiral</i>	80
Gambar 4.13	Tikungan Spiral-Spiral di Titik P18	85
Gambar 4.14	Diagram Superelevasi Tikungan P18 <i>Spiral-Spiral</i>	85
Gambar 4.15	Tikungan Spiral-Spiral di Titik P20	90
Gambar 4.16	Diagram Superelevasi Tikungan P20 <i>Spiral-Spiral</i>	90
Gambar 4.17	Tikungan Spiral-Spiral di Titik P33	95
Gambar 4.18	Diagram Superelevasi Tikungan P33 <i>Spiral-Spiral</i>	95

DAFTAR NOTASI

d	=	Jarak (m)
α	=	Sudut azimuth ($^{\circ}$)
Δ	=	Sudut bearing ($^{\circ}$)
V_R	=	Kecepatan rencana (km/jam)
R_c	=	Jari-jari lingkaran (m)
T_c	=	Panjang tangen jarak antara TC-PI atau PI-CT (m)
E_c	=	Jarak PI ke busur lingkaran (m)
X_c	=	Absis titik SC atau CS pada garis tangen, jarak dari titik TS ke SC atau jarak dari titik ST ke CS (m)
Y_c	=	Ordinat titik SC atau CS pada garis tegak lurus garis tangen, jarak tegak lurus ke titik SC atau CS pada lengkung (m)
L_s	=	Panjang lengkung peralihan, jarak dari titik TS ke SC atau CS ke ST (m)
L_c	=	Panjang busur lingkaran, panjang dari titik SC ke CS (m)
T_s	=	Panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST (m)
E_s	=	Jarak dari PI ke busur lingkaran (m)
θ_s	=	Sudut lengkung <i>spiral</i> ($^{\circ}$)
R_c	=	Jari-jari lingkaran (m)
p	=	Pergeseran tangen terhadap <i>spiral</i> (m)
k	=	Absis dari p pada garis tangen <i>spiral</i> (m)
R_{\min}	=	Jari-jari tikungan minimum (m)
e_{\max}	=	Superelevasi maksimum (%)
f_{\max}	=	Koefisien gesekan melintang maksimum
T	=	Waktu (detik)
C	=	Perubahan percepatan
e	=	Superelevasi (%)
e_{\max}	=	Superelevasi maksimum (%)
e_n	=	Superelevasi normal (%)
L_e	=	Pencapaian superelevasi (%)
r_e	=	Tingkat perubahan pencapaian superelevasi
D	=	Derajat lengkung ($^{\circ}$)

- Jh = Jarak pandang henti (m)
g = Percepatan gravitasi (m/det²)
fp = Koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal
a = Percepatan rata-rata (m/det²)
m = Perbedaan kecepatan dari kendaraan yang mendahului dan kendaraan yang didahului (km/jam)
Jd = Jarak pandang mendahului
E = Daerah bebas samping (m)
M = Daerah bebas samping jalan perkotaan (m)
R' = Jari-jari sumbu lajur (m)
Lt = Panjang tikungan (m)
W = Lebar Jalan (m)

DAFTAR SINGKATAN

PI	=	<i>Point of Intersection</i>
MST	=	Muatan Sumbu Terberat
LHR	=	Lalu Lintas Harian Rata-rata
STA	=	<i>Stasioning</i>
EMP	=	Ekivalen Mobil Penumpang
FC	=	<i>Full Circle</i>
SCS	=	<i>Spiral Circle Spiral</i>
SS	=	<i>Spiral Spiral</i>
TC	=	<i>Tangent to circle.</i>
CT	=	<i>Circle to tangent.</i>
SC	=	<i>Spiral to circle</i>

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran I-A : Data survei LHR Kisaran – Air Joman – Watas Kota Tanjung Balai (dari Kisaran ke Tanjung Balai)
- Lampiran I-B : Data survei LHR Kisaran – Air Joman – Watas Kota Tanjung Balai (dari Tanjung Balai ke Kisaran)
- Lampiran II-A : Data koordinat titik & data letak koordinat tikungan
- Lampiran II-B : Data elevasi eksisting dan data elevasi rencana
- Lampiran III : Data perencanaan tikungan lama
- Lampiran IV : Layout Ruas Jalan Kisaran - Air Joman – Watas Tanjungbalai

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel (Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006).

Jalan merupakan sarana transportasi yang sangat penting, sehingga mendapat perhatian khusus dalam hal pembangunannya. Apabila jalur transportasi dalam kondisi baik, maka akan terjadi peningkatan pertumbuhan ekonomi masyarakat dan kesejahteraan masyarakat. Fungsi jalan yaitu memberikan pelayanan kepada pengguna jalan yang optimal maka diperlukan perencanaan jalan yang memadai. Dengan fungsi tersebut jalan raya sangat memerlukan pengembangan dan pengelolaan yang sungguh-sungguh agar selalu dapat melayani kebutuhan lalu lintas bagi masyarakat yang semakin meningkat.

Untuk perencanaan jalan raya yang baik, bentuk geometriknya harus ditetapkan sedemikian rupa sehingga jalan yang bersangkutan dapat memberikan pelayanan yang optimal kepada lalu lintas sesuai dengan fungsinya, sebab tujuan akhir dari perencanaan geometrik ini adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan ratio tingkat penggunaan biaya juga memberikan rasa aman dan nyaman kepada pengguna jalan. Yang menjadi dasar perencanaan geometrik adalah sifat gerakan dan ukuran kendaraan, sifat pengemudi mengendalikan gerak kendaraannya, dan karakteristik arus lalu lintas. Hal-hal tersebut haruslah menjadi bahan pertimbangan perencana sehingga dihasilkan bentuk dan ukuran jalan, serta ruang gerak kendaraan untuk memenuhi tingkat kenyamanan dan keamanan yang diharapkan.

Perencanaan geometrik pada umumnya menyangkut aspek perencanaan jalan seperti lebar, tikungan, landai, jarak pandang dan juga kombinasi dari bagian tersebut. Laju pertumbuhan lalu lintas jalan raya sering kali tidak sesuai dengan

pertumbuhan pemakai jalan raya yang direncanakan. Hal ini menimbulkan berbagai macam masalah serius jika tidak ditangani dan direncanakan sejak dini. Masalah geometri tikungan misalnya, perencanaan tikungan yang tidak sejalan dengan pertumbuhan kendaraan, bisa menimbulkan masalah baru. Banyaknya geometrik tikungan yang sering kali menyebabkan terjadinya banyak kecelakaan, dikarenakan jarak pandang, radius tikungan, kelandaian jalan yang tidak sesuai dengan pedoman dari jasa marga dan lain sebagainya, maka perlu adanya peninjauan kembali jalan dengan tikungan - tikungan yang ekstrim.

Pada umumnya perencanaan geometrik jalan pada lengkung horizontal (tikungan) tidak sesuai dengan metode yang benar dan hal ini mengakibatkan terjadinya kesalahan dalam perencanaan sehingga mengakibatkan ketidaknyamanan pengguna jalan. Oleh sebab itu, perlu dilakukan suatu kajian mengenai perencanaan geometrik jalan pada lengkung horizontal (tikungan) agar tercapai kenyamanan dalam penggunaan jalan raya.

Pemerintah Provinsi Sumatera Utara melalui Dinas Bina Marga adalah Perangkat dari Pemerintah Republik Indonesia yang bertanggung jawab atas pembinaan seluruh jaringan Jalan dan Jembatan provinsi di Provinsi Sumatera Utara. Pemerintah melakukan kegiatan "Perencanaan Teknis Jalan Wilayah Kabupaten Asahan 3".

Perencanaan Teknis Jalan Wilayah Kabupaten Asahan 3, berada pada ruas jalan yang berada di Kabupaten Asahan dan Kabupaten Batu Bara. Kondisi Sarana dan Prasarana Jalan, Secara umum sejak Tahun 2013 prasarana jalan di Kabupaten Asahan dan Batu Bara mengalami peningkatan yang signifikan dimana panjang jalan dalam kondisi sedang meningkat 13,01 %, panjang jalan dalam kondisi rusak menurun 15,85 %, dan panjang jalan dalam kondisi rusak berat menurun 55,55 % (Data statistik Kabupaten Asahan).

Sebagai tindak lanjut upaya untuk terus meningkatkan pembangunan infrastruktur jalan maka Dinas Bina Marga Provinsi Sumatera Utara melalui Bidang Pengaturan dan Evaluasi melaksanakan Kegiatan Perencanaan Teknis Jalan Wilayah Kabupaten Asahan-3 sebagai kelanjutan atas pembangunan fisik yang telah dilaksanakan saat ini yang terdiri atas :

1. Ruas Jalan Kisaran – Air Joman – Watas Kota Tanjungbalai dengan panjang efektif 4 km, dimulai dari STA. 158+800 s.d. STA. 162+150 (*Section I*) dan STA. 166+900 s.d. STA. 167+550 (*Section II*)
2. Ruas Jalan Psr. IX – Silobonto – Pematang Sei Baru – Watas Kota Tanjungbalai dengan panjang efektif 5 km, dimulai dari STA. 184+750 s.d. STA. 185+900 (*Section I*) dan STA. 190+550 s.d. STA. 194+400 (*Section II*)
3. Ruas Jalan Sei Bejangkar – Tanjung Tiram, dengan panjang efektif 1 km, dimulai dari STA. 147+500 s.d. STA. 148+500

Dengan latar belakang di atas, maka. disusunlah tugas akhir ini dengan judul "Evaluasi Geometrik Jalan Pada Lengkung Horizontal (Tikungan) Dengan Metode Bina Marga (Studi Kasus Ruas Jalan Kisaran – Air Joman – Watas Tanjungbalai *Section I*)".

1.2 Rumusan Masalah

Dengan memperhatikan latar belakang sebagaimana disajikan di atas, maka permasalahan yang diperlukan untuk kajian adalah:

1. Apakah kondisi tikungan sudah memenuhi standar pengguna jalan yang aman, nyaman dan sesuai dengan standar perhitungan dari Bina Marga?
2. Apa saja faktor-faktor yang mempengaruhi jenis lengkung horizontal dalam desain geometrik jalan?
3. Bagaimana cara mengevaluasi gambaran perencanaan jenis/bentuk lengkung horizontal (tikungan)?
4. Bagaimana cara menentukan jenis/bentuk lengkung horizontal (tikungan) dengan standar Metode Bina Marga?

1.3 Ruang Lingkup

Dengan keterbatasan yang dimiliki dan mempertimbangkan luasnya faktor-faktor yang berpengaruh, maka dalam studi kasus ini digunakan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Ruas jalan yang ditinjau adalah Ruas Jalan Kisaran – Air Joman – Watas Tanjungbalai *Section I* dengan panjang $\pm 3,35$ km.

2. Membahas perhitungan yang bersangkutan dengan penentuan jenis/bentuk geometrik lengkung horizontal .
3. Metode yang dipakai untuk menentukan jenis/bentuk lengkung horizontal adalah metode Bina Marga.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kondisi tikungan sudah memenuhi standar pengguna jalan yang aman, nyaman dan sesuai dengan standar perhitungan dari Bina Marga.
2. Untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi jenis lengkung horizontal dalam desain geometrik jalan.
3. Untuk mengevaluasi gambaran perencanaan jenis/bentuk lengkung horizontal (tikungan).
4. Untuk menentukan jenis/bentuk lengkung horizontal (tikungan) dengan standar Metode Bina Marga.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penyusunan tugas akhir ini adalah untuk dapat memberi gambaran suatu perencanaan geometrik jalan sehingga dapat merencanakan jenis tikungan yang layak dilalui bagi pengguna jalan serta mampu meningkatkan wawasan dan pemahaman sebagai acuan bagi penelitian berikutnya.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memperjelas tahapan yang di lakukan dalam studi ini, di dalam penulisan tugas akhir ini dikelompokan ke dalam 5 (lima) bab dengan sistematika pembahasan sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan studi kasus, manfaat studi kasus dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini meliputi pengambilan teori dari beberapa sumber bacaan dan narasumber yang mendukung analisa permasalahan yang berkaitan dengan tugas akhir ini.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini membahas tentang pendiskripsikan dan langkah langkah yang akan dilakukan. Cara memperoleh data-data yang relevan dengan studi kasus yang berisikan objek , alat-alat , tahapan dan kebutuhan data.

BAB 4 ANALISA DATA

Bab ini membahas tentang proses pengolahan data, penyajian data dan hasil data.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan logis berdasarkan analisa data, temuan dan bukti yang disajikan sebelumnya yang menjadi dasar untuk menyusun suatu saran sebagai suatu usulan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geometrik Jalan

Geometrik jalan didefinisikan sebagai suatu bangun jalan raya yang menggambarkan tentang bentuk atau ukuran jalan raya baik yang menyangkut penampang melintang, memanjang, maupun aspek lain yang terkait dengan bentuk fisik jalan. Dengan kata lain, geometrik merupakan membangun badan jalan raya diatas permukaan tanah baik secara vertikal maupun horizontal dengan asumsi bahwa badan atau bentuk permukaan bumi adalah tidak rata. Tujuannya adalah menciptakan hubungan baik antara waktu dan ruang menurut kebutuhan kendaraan yang bersangkutan, menghasilkan bagian-bagian jalan yang memenuhi persyaratan kenyamanan, keamanan, serta nilai efisiensi yang optimal. Dalam membangun jalan raya, suatu ruas jalan dipengaruhi oleh topografi, sosial, ekonomi dan masyarakatnya. (Pau & Aron, 2018)

Perencanaan geometrik jalan adalah bagian dari perencanaan jalan yang bersangkutan paut dengan dimensi nyata dari bentuk fisik dari suatu jalan beserta bagian-bagiannya, masing-masing disesuaikan dengan tuntutan serta sifat-sifat lalu lintas untuk memperoleh modal layanan transportasi yang mengakses hingga ke rumah-rumah. Tujuan perencanaan geometrik jalan adalah untuk menghasilkan kondisi geometrik jalan yang mampu memberikan pelayanan lalu lintas secara optimum sesuai dengan fungsi jalan. Disamping itu fungsi dari perencanaan ini adalah berkaitan dengan keamanan dan kenyamanan dalam berlalu lintas bagi pemakai jalan.

Dalam perencanaan geometrik jalan raya mengacu pada beberapa hal antara lain :

a. Alinemen Horisontal

Alinemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan tegak lurus bidang kertas/horizontal/peta. Alinemen horizontal merupakan trase jalan yang terdiri dari bagian lurus dan bagian lengkung (disebut juga tikungan). Bagian yang sangat kritis pada alinemen horizontal adalah pada bagian tikungan, di mana terdapat gaya

sentrifugal yang mendorong kendaraan keluar daerah tikungan. Maka untuk keselamatan pemakai jalan, perencanaan pada bagian tikungan perlu mempertimbangkan hal-hal seperti kemiringan melintang maksimum, lengkung peralihan, jarak pandang, daerah bebas samping, dan pelebaran jalur lalu lintas pada daerah tikungan.

b. Alinemen Vertikal

Alinemen vertikal (potongan memanjang) adalah bidang tegak yang melalui sumbu jalan atau proyeksi tegak lurus bidang gambar. Potongan memanjang ini menggambarkan tinggi rendahnya permukaan jalan terhadap permukaan tanah asli. Alinemen vertikal terdiri atas bagian landai vertikal dan lengkung vertikal dan bila ditinjau dari titik awal perencanaan, bagian landai vertikal dapat berupa landai positif (tanjakan) atau landai negatif (turunan) atau landai nol (datar). Bagian lengkung vertikal dapat berupa lengkung cekung dan lengkung cembung.

Pada alinemen horizontal yang merupakan bagian kritis adalah lengkung horizontal (bagian tikungan), maka pada alinemen vertikal yang merupakan bagian kritis justru pada bagian yang lurus.

2.2 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan merupakan aspek penting yang pertama kali harus diidentifikasi sebelum melakukan perancangan jalan, karena kriteria desain suatu rencana jalan yang ditentukan dari standart desain ditentukan oleh klasifikasi jalan rencana. Pada prinsipnya klasifikasi jalan dalam standar desain (baik untuk jalan antar kota maupun jalan luar kota) didasarkan kepada klasifikasi jalan menurut undang-undang dan peraturan pemerintah yang berlaku.

Menurut Bina Marga 1997, klasifikasi jalan dibedakan menjadi 4, yaitu :

2.2.1 Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

Klasifikasi menurut fungsi jalan terbagi atas:

- a. Jalan Arteri adalah jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.

- b. Jalan Kolektor adalah jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- c. Jalan Lokal adalah jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

2.2.2 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

- a. Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton.
- b. Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan klasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat dalam Tabel 2.1

Tabel 2.1: Klasifikasi Menurut Kelas Jalan (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997)

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat MST (ton)
Arteri	I	>10
	II	10
	III A	8
Kolektor	III A	8
	III B	8

2.2.3 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

- a. Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur.
- b. Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam Tabel 2.2

Tabel 2.2: Klasifikasi Menurut Medan Jalan (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997)

No.	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1.	Datar	D	< 3
2.	Perbukitan	B	3 - 25
3.	Pegunungan	G	> 25

- c. Keseragaman kondisi medan yang diproyeksikan harus mempertimbangkan keseragaman kondisi medan menurut rencana trase jalan dengan mengabaikan perubahan-perubahan pada bagian kecil dari segmen rencana jalan tersebut.

2.2.4 Klasifikasi Menurut Wewenang Pembinaan Jalan

Klasifikasi jalan menurut wewenang pembinaannya sesuai PP. No.26/1985 adalah jalan Nasional, Jalan Propinsi, Jalan Kabupaten/Kotamadya, Jalan Desa, dan Jalan Khusus.

2.3 Parameter Perencanaan Geometrik Jalan

Dalam perencanaan geometrik jalan terdapat tiga tujuan utama yaitu :

- Memberikan keamanan dan kenyamanan, seperti jarak pandang, ruang yang cukup bagi manuver kendaraan dan koefisien gesek permukaan jalan yang cukup.
- Menjamin suatu perencanaan yang ekonomis.
- Memberikan suatu keseragaman geometrik jalan sehubungan dengan jenis medan (*terrain*).

Adapun parameter perencanaan geometrik jalan adalah sebagai berikut:

2.3.1 Keadaan Lintasan Lalu lintas

Adapun masalah yang menyangkut lalu lintas adalah meliputi :

1) Karakteristik Lalu Lintas

Data lalu lintas adalah data utama yang diperlukan untuk perencanaan teknik jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan menggunakan jalan pada suatu segmen jalan yang ditinjau. Analisis data lalu lintas dilakukan untuk menentukan kapasitas jalan, akan tetapi jalan harus dilakukan bersamaan dengan perencanaan geometrik dan lainnya, karena saling bersangkutan satu sama lain. Unsur lalu lintas benda atau pejalan kaki sebagai bagian dari lalu lintas diatas roda disebut kendaraan dalam unit (Hendarsin, Shirley, 2000).

2) Volume Lalu Lintas

Menurut Sukirman (1999), volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit). Volume lalu lintas dalam smp ini menunjukkan besarnya jumlah Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) yang melintasi jalan tersebut.

3) Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya digunakan sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Kendaraan rencana dikelompokkan ke dalam 3 kategori :

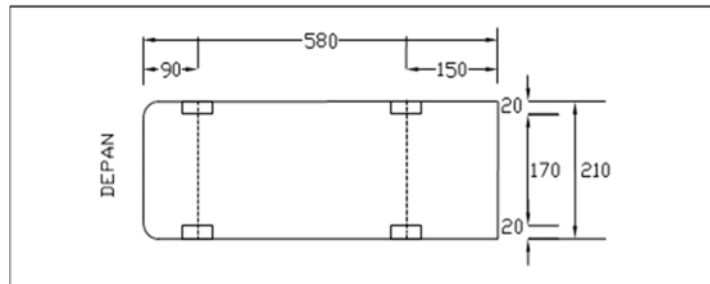
- a. Kendaraan kecil, diwakili oleh mobil penumpang.
- b. Kendaraan sedang, diwakili oleh truk 3 as atau bus besar 2 as.
- c. Kendaraan besar, diwakili oleh truk-semi-trailer.

Pada Tabel 2.3 dapat dilihat dimensi kendaraan rencana yaitu :

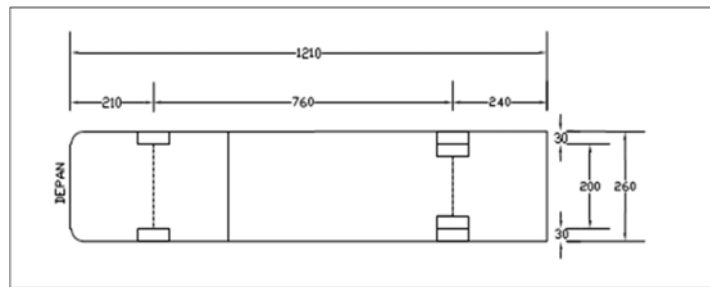
Tabel 2.3 Dimensi Kendaraan Rencana (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997)

Kategori kendaraan rencana	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius putar (cm)		Radius tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Min	Maks	
Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Besar	410	260	2100	120	90	290	1400	1370

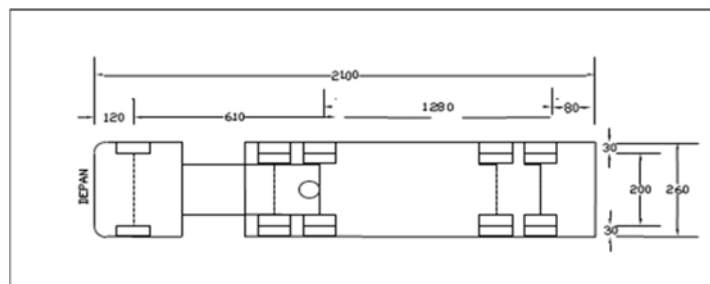
Dari Tabel 2.3 di atas dapat kita lihat keterangan lengkapnya pada Gambar 2.1 – Gambar 2.3 tentang dimensi kendaraan rencana.



Gambar 2.1: Dimensi Kendaraan Kecil (Bina Marga,1997)



Gambar 2.2: Dimensi Kendaraan Sedang (Bina Marga,1997)



Gambar 2.3: Dimensi Kendaraan Besar (Bina Marga, 1997)

4) Kecepatan Rencana (V_r)

Kecepatan rencana adalah kecepatan pada suatu ruas jalan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan seperti tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang, dan lain-lain. Untuk kondisi medan yang sulit, V_r suatu segmen jalan dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20 km/jam. Adapun kecepatan rencana yang diperbolehkan dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut ini :

Tabel 2.4: Kecepatan Rencana, V_r , sesuai klasifikasi fungsi dan klasifikasi medan jalan (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997)

Fungsi	Kecepatan Rencana, V_r (km/jam)		
	Datar	Bukit	Pegunungan
Arteri	70 - 120	60 - 80	40 - 70
Kolektor	60 - 90	50 - 60	30 - 50
Lokal	40 - 70	30 - 50	20 - 30

5) Ekuivalen Mobil Penumpang (emp)

Faktor konversi sebagai jenis kendaraan dibandingkan dengan mobil penumpang atau kendaraan ringan lainnya sehubungan dengan dampaknya pada perilaku lalu lintas (emp mobil penumpang = 1,0). Berikut ini adalah tabel ekuivalen mobil penumpang yaitu sebagai berikut:

Tabel 2.5: Nilai Ekuivalen Mobil Penumpang (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997)

No.	Jenis kendaraan	Datar/ Perbukitan	Pegunungan
-----	-----------------	-------------------	------------

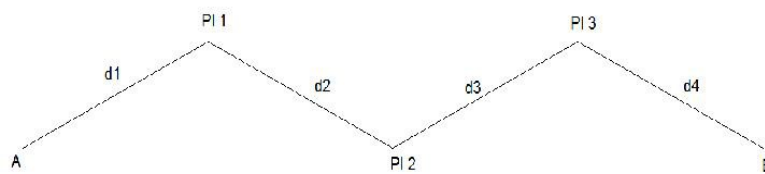
1.	Sedan, Jeep, Station Wagon	1,0	1,0
2.	Pick-Up, Bus Kecil,Truk Kecil.	1,2-2,4	1,9-3,5
3.	Bus dan Truck Besar	1,2-5,0	2,2-6,0

2.4 Alinemen Horizontal

Alinemen horizontal adalah bentuk horizontal jalan pada bidang tertentu, yang dapat memberi kenyamanan, keamanan maupun sebaliknya. Alinemen horizontal dapat disebut juga dengan nama “trase jalan” atau “situasi jalan”, yang terbentuk dari garis-garis lurus yang dihubungkan dengan garis lengkung. Garis-garis lengkung tersebut dapat terdiri dari sebuah busur lingkaran disertai busur peralihan, dan busur peralihan atau busur lingkaran. (Qomaruddin, Sudarno, & Saputro, 2016)

2.4.1 Penentuan Koordinat dan Jarak

Penentuan titik penting yang diperoleh dari pemilihan rencana alinyemen horizontal. Titik penting ialah titik yang direncanakan untuk menentukan trase jalan, dari titik tersebut akan dihubungkan ke titik lainnya sehingga akan menjadi garis yang memiliki jarak tertentu.



Gambar 2.4: Koordinat dan Jarak (Al Asyrof,2016)

Dari Gambar 2.4, dapat dilihat bahwa titik penting yang perlu ditentukan koordinatnya adalah :

- Titik A sebagai titik awal proyek.

- Titik PI 1, PI 2, ..., PI n sebagai titik potong (*point of intersection*) dari dua bagian lurus rencana alinyemen horizontal.
- Titik B sebagai titik akhir proyek.

Jarak yang harus dihitung setelah penentuan koordinat terlihat pada Gambar 2.4, yaitu sebagai berikut :

- d1 = Jarak titik A – titik PI 1
- d2 = Jarak titik PI 1 – titik PI 2
- d3 = Jarak titik PI 2 – titik PI 3
- d4 = Jarak titik PI 3 – titik B

Persamaan yang dipakai untuk menghitung jarak adalah:

$$d(A - PI 1) = \sqrt{(X_{PI1} - X_A)^2 + (Y_{PI1} - Y_A)^2} \quad (2.1)$$

2.4.2 Penentuan Sudut Azimuth (α) dan Bearing (Δ)

2.4.2.1 Sudut Azimuth (α)

Untuk menghitung azimuth, harus dilihat dulu arahnya terletak di kuadran berapa, dan ini dapat dilihat dari tanda aljabar dari harga $(X_b - X_a)$ dan $(Y_b - Y_a)$. Letak kuadran dapat dilihat pada Tabel 2.6 berikut ini:

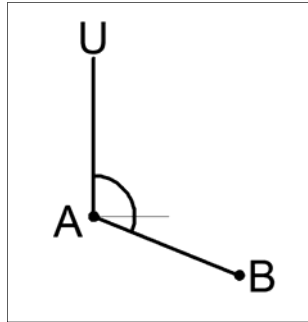
Tabel 2.6: Tabel Kuadran Azimuth (sipilberkarya.blogspot.com,2015)

Kuadran	$(X_b - X_a)$	$(Y_b - Y_a)$	Azimuth (α)
I	+	+	α
II	+	-	$180 - \alpha$
III	-	-	$180 + \alpha$
IV	-	+	$360 - \alpha$

Sudut Azimuth (α) dapat dihitung dengan Pers. 2.2:

$$\alpha = \text{ArcTg} \frac{X_b - X_a}{Y_b - Y_a} \quad (2.2)$$

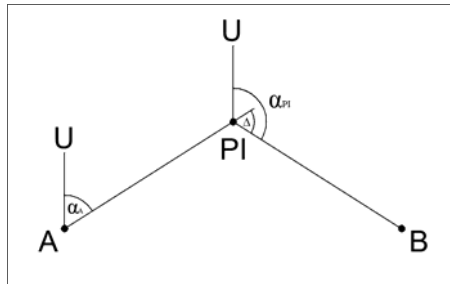
Sudut Azimuth (α) ditentukan berdasarkan arah Utara, seperti disajikan pada Gambar 2.5



Gambar 2.5: Sudut Azimuth (α) (Argopura.blogspot.com,2013)

2.4.2.2 Sudut Bearing (Δ)

Sudut Bearing merupakan sudut arah yang diukur dari Utara atau Selatan magnet bumi ke titik lain yang searah/berlawanan dengan arah putaran jarum jam, dengan sudut kisaran antara 0-90°.



Gambar 2.6: Sudut Bearing (sipilberkarya.blogspot.com,2015)

Sudut Bearing (Δ) dapat dihitung dengan Pers. 2.3:

$$\Delta = (\alpha_{PI} - \alpha_A) \quad (2.3)$$

2.4.3 Panjang Bagian Lurus

Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu tidak lebih 2,5 menit sesuai dengan kecepatan rencana (V_R). Panjang bagian lurus dapat ditetapkan dari Tabel 2.7

Tabel 2.7: Panjang Bagian Lurus Maximum (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997)

Fungsi	Panjang Bagian Lurus Maximum (m)		
	Datar	Perbukitan	Pegunungan
Arteri	3.000	2.500	2.000
Kolektor	2.000	1.750	1.500

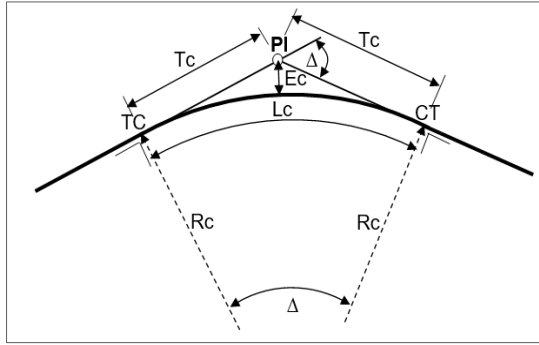
2.4.4 Tikungan

a. Bentuk Tikungan

Menurut Dirjen Bina Marga (1997), standar bentuk tikungan terdiri tiga bentuk secara umum, yaitu :

a) *Full Circle* (FC)

Full Circle (FC) adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja. Tikungan FC hanya digunakan untuk R (jari-jari tikungan) yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil maka diperlukan superelevasi yang besar (Hendarsin, 2000).



Gambar 2.7: Lengkung *Full Circle* (Bina Marga,1997)

Dalam merencanakan tikungan jenis *Full Circle*, Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$T_c = R_c \cdot \tan \frac{1}{2} \Delta \quad (2.4)$$

$$E_c = T_c \cdot \tan \frac{1}{4} \Delta \quad (2.5)$$

$$L_c = \frac{\Delta \cdot 2 \cdot \pi \cdot R_c}{360^\circ} \quad (2.6)$$

Syarat tikungan jenis *Full Circle* adalah $e < 3 \%$ atau $p < 0,25 \text{ m}$ (Lihat Pers. 2.33)

Dimana:

PI STA = nomor stasiun (*Point of Intersection*)

TC = *tangent to circle*.

CT = *circle to tangent*.

V = kecepatan rencana, km/jam (ditetapkan)

Rc = jari-jari lingkaran (ditetapkan)

Tc = panjang tangen jarak antara TC-PI atau PI-CT (dihitung)

Lc = panjang busur lingkaran (dihitung)

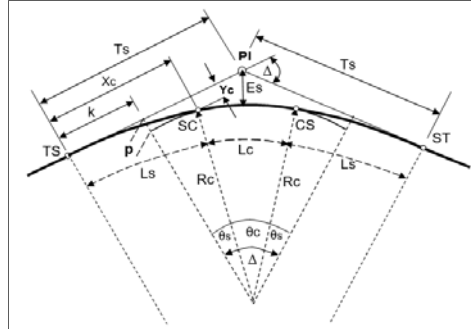
Ec = jarak PI ke busur lingkaran (dihitung)

Δ = sudut tangen/tikungan (diukur/dihitung dari gambar trase jalan)

b) *Spiral Circle Spiral* (SCS)

Spiral Circle Spiral (SCS) adalah tikungan yang terdiri dari satu lengkung lingkaran dan dua lengkung spiral atau lengkung peralihan. Tikungan ini

dimaksudkan jika tidak bisa digunakan jenis FC karena ruang untuk kendaraan berbelok tidak terlalu besar atau sedang, maka alternatif kedua menggunakan tikungan jenis ini, karena pada tikungan ini menggunakan lengkung peralihan pada saat masuk tikungan, kemudian busur lingkaran di puncak tikungan dan diakhiri lagi dengan lengkung peralihan saat kendaraan keluar tikungan.



Gambar 2.8: Lengkung *Spiral Circle Spiral* (Bina Marga,1997)

Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$X_c = L_s - \left(1 - \frac{L_s^3}{40R_c^2} \right) \quad (2.7)$$

$$Y_c = \frac{L_s^2}{6R_c} \quad (2.8)$$

$$\theta_s = \frac{90 L_s}{\pi R_c} \quad (2.9)$$

$$p = \frac{L_s^2}{6R_c} - R_c(1 - \cos \theta_s) \quad (2.10)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40R_c^2} - R_c \sin \theta_s \quad (2.11)$$

$$T_s = (R_c + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \quad (2.12)$$

$$E_s = (R_c + p) \sec \frac{1}{2} \Delta - R_c \quad (2.13)$$

$$L_c = \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times \pi \times R_c \quad (2.14)$$

$$L_{tot} = L_c + 2 L_s \quad (2.15)$$

Syarat tikungan jenis *Spiral-Circle-Spiral* adalah:

$$L_{tot} < 2.T_s \text{ atau } L_c \geq 20 \text{ m} \quad (2.16)$$

Jika diperoleh $L_c < 20$ m, maka sebaiknya tidak digunakan lengkung SCS, tetapi digunakan lengkung SS, yaitu lengkung yang terdiri dari 2 lengkung peralihan.

Dimana:

X_c = absis titik SC atau CS pada garis tangen, jarak dari titik TS ke SC atau jarak dari titik ST ke CS

Y_c = ordinat titik SC atau CS pada garis tegak lurus garis tangen, jarak tegak lurus ke titik SC atau CS pada lengkung

L_s = panjang lengkung peralihan, jarak dari titik TS ke SC atau CS ke ST

L_c = panjang busur lingkaran, panjang dari titik SC ke CS.

T_s = panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST

TS = titik dari tangen ke *spiral*.

SC = titik dari *spiral* ke lingkaran

E_s = jarak dari PI ke busur lingkaran

θ_s = sudut lengkung *spiral*.

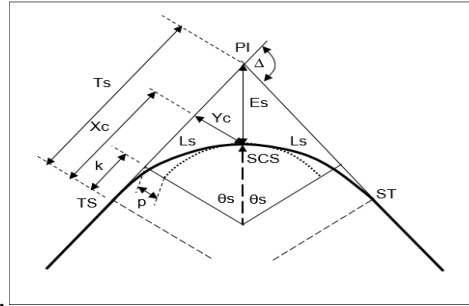
R_c = jari-jari lingkaran

p = pergeseran tangen terhadap *spiral*.

k = absis dari p pada garis tangen *spiral*.

c) *Spiral Spiral (SS)*

Tikungan jenis spiral spiral digunakan pada tikungan tajam dengan sudut tangen yang besar. Pada prinsipnya lengkung spiral spiral (Gambar 2.9) sama dengan lengkung spiral circle spiral, hanya saja pada tikungan spiral spiral tidak terdapat busur lingkaran sehingga panjang lengkung total (L_{tot}) adalah 2 kali lengkung spiral (L_s). Karena nilai $L_c = 0$ maka tidak ada jarak tertentu dalam tikungan yang sama miringnya sehingga tikungan ini kurang begitu bagus pada superelevasi.



Gambar 2.9: Lengkung *Spiral-Spiral* (Bina Marga,1997)

Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$L_s = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R_c}{90} \quad (2.17)$$

$$p = \frac{L_s^2}{6R_c} - R_c(1 - \cos \theta_s) \quad (2.18)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40R_c^2} - R_c \sin \theta_s \quad (2.19)$$

$$T_s = (R_c + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \quad (2.20)$$

$$E_s = (R_c + p) \sec \frac{1}{2} \Delta - R_c \quad (2.21)$$

$$L_c = 0 \text{ dan } \theta_s = \frac{1}{2} \Delta \quad (2.22)$$

$$\text{Karena } L_c = 0, \text{ maka } L_{\text{total}} = 2L_s \quad (2.23)$$

Syarat tikungan jenis *Spiral-Spiral* adalah $T_s > L_s$. Jika diperoleh $T_s > L_s$, maka dapat digunakan tikungan jenis *Spiral-Spiral*.

b. Jari-Jari Tikungan Minimum

Agar kendaraan stabil saat melalui tikungan, perlu dibuat suatu kemiringan melintang jalan pada tikungan yang disebut superelevasi (e). Pada saat kendaraan melalui daerah superelevasi, akan terjadi gesekan arah melintang jalan antara ban kendaraan dengan permukaan aspal yang menimbulkan gaya gesekan melintang. Perbandingan gaya gesekan melintang dengan gaya normal disebut koefisien gesekan melintang (f). Tabel 2.8 dapat dipakai untuk menetapkan R_{\min} .

Tabel 2.8: Panjang Jari-jari Minimum (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997)

V_R (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jari jari Minimum, R_{min} (m)	600	370	210	110	80	50	30	15

Jari-jari tikungan minimum (R_{min}) ditetapkan dengan Pers. 2.24 sebagai berikut:

$$R_{min} = \frac{V_R^2}{127(e_{maks} + f_{maks})} \quad (2.24)$$

Dimana:

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

V_R = kecepatan rencana (km/jam)

e_{maks} = superelevasi maksimum (%)

f_{maks} = koefisien gesekan melintang maksimum

Untuk:

$$V_R < 80 \text{ km/jam, } f_{maks} = - 0,00065 V_R + 0,192 \quad (2.25)$$

$$V_R > 80 \text{ km/jam, } f_{maks} = - 0,00125 V_R + 0,240 \quad (2.26)$$

c. Lengkung peralihan

Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen yang tiba-tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran, jadi lengkung peralihan ini diletakkan antara bagian lurus dan bagian lingkaran (*circle*), yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan berbentuk busur lingkaran.

Panjang lengkung peralihan (L) ditetapkan atas pertimbangan yaitu:

- Lama waktu perjalanan di lengkung peralihan perlu dibatasi untuk menghindarkan kesan perubahan alinemen yang mendadak, ditetapkan 3 detik (pada kecepatan V_R);
- Gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan dapat diantisipasi berangsur-angsur pada lengkung peralihan dengan aman; dan

c) 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:

- Untuk $V_R \leq 70$ km/jam, $r_{e-max} = 0.035$ m/m/detik,
- Untuk $V_R \geq 80$ km/jam, $r_{e-max} = 0.025$ m/m/detik.

Menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997, panjang lengkung peralihan (L_s) ditentukan dari 3 rumus di bawah ini dan diambil nilai yang terbesar.

a) Berdasarkan waktu tempuh maksimum di lengkung peralihan ditulis dalam Pers. 2.27

$$L_s = \frac{V_R \cdot T}{3,6} \quad (2.27)$$

b) Berdasarkanantisipasi gaya sentrifugal ditulis dalam Pers. 2.28

$$L_s = \frac{0,022 \cdot V_R^3}{R_c \cdot C} - \frac{2,727 \cdot V_R \cdot e}{C} \quad (2.28)$$

c) Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian ditulis dalam Pers. 2.29

$$L_s = \frac{(e_{maks} - e_n)}{3,6 \times r_e} V_R \quad (2.29)$$

d) Untuk menghitung nilai Superelevasi maka digunakan Persamaan berikut ini:

$$D_{max} = \frac{181913,53 (e_{max} + f_{max})}{V_R^2} \quad (2.30)$$

$$D_d = \frac{1432,39}{R_c} \quad (2.31)$$

$$e_d = \frac{-e_{max} \times D_d^2}{D_{max}^2} + \frac{2 \times e_{max} \times D_d}{D_{max}} \quad (2.32)$$

Dimana:

T = waktu tempuh pada lengkung peralihan max. 3 det

V_R = kecepatan rencana, km/jam

R_c = jari-jari busur lingkaran, m

- C = perubahan percepatan (0,3 – 1,0), disarankan 0,4 m/det³
 e = superelevasi
 e_{maks} = superelevasi maksimum
 e_n = superelevasi normal
 r_e = tingkat perubahan pencapaian superelevasi
 D = derajat lengkung

Selain menggunakan Persamaan di atas, untuk tujuan praktis L_s dapat ditetapkan dengan menggunakan Tabel 2.9

Tabel 2.9: Panjang lengkung peralihan (L_s) dan panjang pencapaian superelevasi (L_e) untuk jalan 1 lajur-2 lajur-2 arah (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997)

V _R (km/jam)	Superelevasi e (%)									
	2		4		6		8		10	
	L _s	L _e	L _s	L _e	L _s	L _e	L _s	L _e	L _s	L _e
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	10	20	15	25	15	25	25	30	35	40
50	15	25	20	30	20	30	30	40	40	50
60	15	30	20	35	25	40	35	50	50	60
70	20	35	25	40	30	45	40	55	60	70
80	30	55	40	60	45	70	65	90	90	120
90	30	60	40	70	50	80	70	100	100	130
100	35	65	45	80	55	90	80	110	110	145
110	40	75	50	85	60	100	90	120	-	-
120	40	80	55	90	70	110	95	135	-	-

- Tikungan yang memiliki R lebih besar atau sama dengan yang ditunjukkan pada Tabel 2.10 tidak memerlukan lengkung peralihan.

Tabel 2.10: Jari-jari tikungan yang tidak memerlukan lengkung peralihan (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997)

V_R (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
R_{min} (m)	2500	1500	900	500	350	250	130	60

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

Nilai p dihitung dengan Pers. 2.33

$$p = \frac{L_s^2}{24.R_c} \quad (2.33)$$

Dimana:

L_s = panjang lengkung peralihan (m)

R_c = jari-jari lengkung rencana (m).

- Apabila nilai p kurang dari 0,25 m, maka lengkung peralihan tidak diperlukan sehingga tipe tikungan menjadi *Full Circle*.
- Superelevasi tidak diperlukan apabila nilai R lebih besar atau sama dengan yang ditunjukkan pada Tabel 2.11

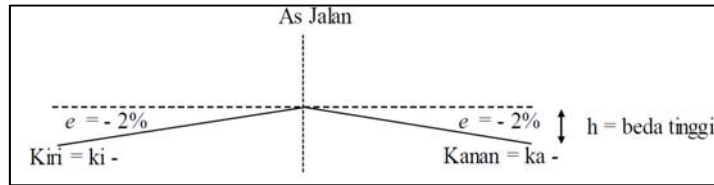
Tabel 2.11: Jari-jari yang diijinkan tanpa lengkung peralihan (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997)

V_R (km/jam)	120	100	80	60
R_{min} (m)	5000	2000	1250	700

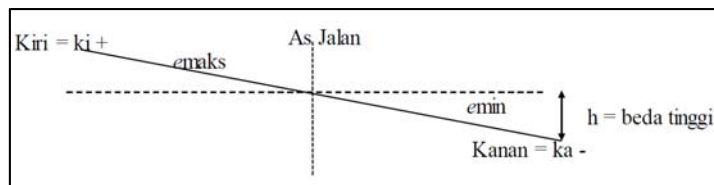
d. Superelevasi

Superelevasi adalah kemiringan melintang jalan pada daerah tikungan. Untuk bagian jalan lurus, jalan mempunyai kemiringan melintang yang biasa disebut lereng normal atau *normal trawn* yaitu diambil minimum 2 % baik

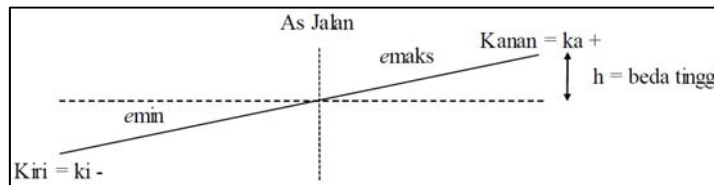
sebelah kiri maupun sebelah kanan AS jalan. Nilai superelevasi maksimum ditetapkan 10%. Harga elevasi (e) yang menyebabkan kenaikan elevasi terhadap sumbu jalan diberi tanda (+) dan yang menyebabkan penurunan elevasi terhadap jalan diberi tanda (-).



Gambar 2.10: Kemiringan normal pada bagian jalan lurus (Bina Marga,1997)



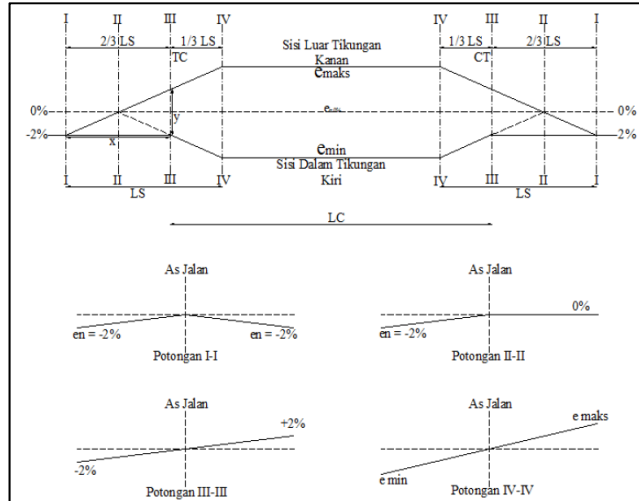
Gambar 2.11: Kemiringan jalan pada tikungan belok kanan (Bina Marga,1997)



Gambar 2.12: Kemiringan melintang pada tikungan pada tikungan belok (Bina Marga,1997)

Sedangkan yang dimaksud diagram superelevasi adalah suatu cara untuk menggambarkan pencapaian superelevasi dan lereng normal ke kemiringan melintang (superelevasi). Diagram superelevasi pada ketinggian bentuknya tergantung dari bentuk lengkung yang bersangkutan.

a) Diagram Superelevasi *Full-Circle*



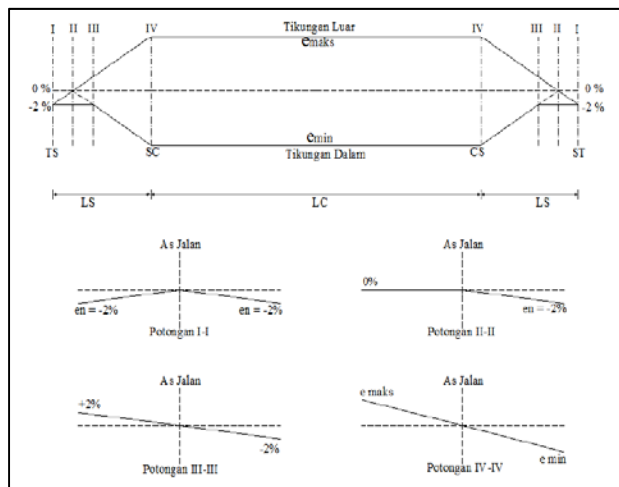
Gambar 2.13: Diagram Superelevasi *Full-Circle* (Bina Marga,1997)

Untuk mencari kemiringan pada titik x digunakan Pers. 2.34:

$$\frac{Ls}{x} = \frac{(en + e \max)}{y} \quad (2.34)$$

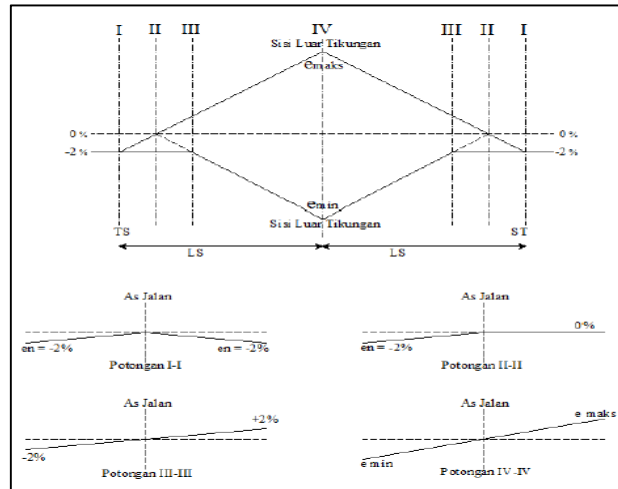
Jika x diketahui maka kemiringan pada titik x adalah $y - en$; sebaliknya juga untuk mencari jarak x jika y diketahui.

b) Diagram superelevasi pada *Spiral – Circle – Spiral*.



Gambar 2.14: Diagram superelevasi pada *Spiral – Circle – Spiral* (Bina Marga,1997)

c) Gambar Diagram superelevasi pada Spiral – Spiral.



Gambar 2.15: Diagram Super Elevasi *Spiral-Spiral* (Bina Marga,1997)

2.5 Jarak Pandang

Jarak Pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan sesuatu untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman. Dibedakan dua Jarak Pandang, yaitu Jarak Pandang Henti (Jh) dan Jarak Pandang Mendahului (Jd). (Bina Marga, 1997)

2.5.1 Jarak Pandang Henti

- a. Jh adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan di depan. Setiap titik di sepanjang jalan harus memenuhi Jh.
- b. Jh diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dari permukaan jalan.
- c. Jh terdiri atas 2 elemen jarak, yaitu:
 - a) Jarak tanggap (Jht) adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem;
 - b) Jarak pengereman (Jh_r) adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

d. J_h , dalam satuan meter, dapat dihitung dengan Pers. 2.35:

$$J_h = \frac{V_R}{3,6} T + \frac{\left(\frac{V_R}{3,6}\right)^2}{2g \cdot f_p} \quad (2.35)$$

Dimana :

V_R = kecepatan rencana (km/jam)

T = waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

g = percepatan gravitasi, ditetapkan 9,8 m/det²

f_p = koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,35-0,55

Persamaan diatas disederhanakan menjadi:

$$J_h = 0,694 V_R + 0,004 \frac{V_R^2}{f_p} \quad (2.36)$$

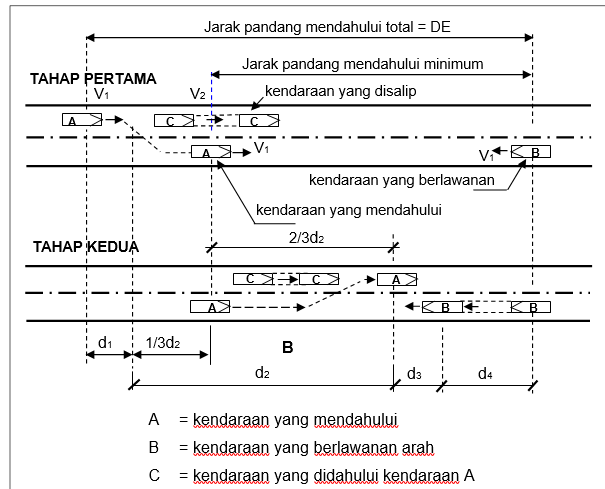
e. Tabel 2.12 berisi J_h minimum yang dihitung berdasarkan Pers. (2.36) dengan pembulatan-pembulatan untuk berbagai V_R .

Tabel 2.12: Jarak Pandang Henti (J_h) minimum (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997)

V_R (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
J_h minimum (m)	250	175	120	75	55	40	27	16

2.5.2 Jarak Pandang Mendahului

- J_d adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula (lihat Gambar 2.16)
- J_d diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 105 cm.



Gambar 2.16: Jarak pandang mendahului (Bina Marga,1997)

c. J_d , dalam satuan meter ditentukan sebagai berikut:

$$J_d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \quad (2.37)$$

Dimana :

d_1 = jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m)

d_2 = jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula (m)

d_3 = jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m)

d_4 = jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan (m)

Rumus estimasi d_1, d_2, d_3, d_4 adalah sebagai berikut:

$$d_1 = 0,278 T_1 \left(V_R - m + \frac{a \cdot T_1}{2} \right) \quad (2.38)$$

$$d_2 = 0,278 V_R T_2 \quad (2.39)$$

$$d_3 = \text{antara } 30 - 100 \text{ m}$$

$$d_4 = \frac{2}{3} d_2 \quad (2.40)$$

Di mana:

$$T_1 = \text{waktu dalam (detik)}$$

$$= 2,12 + 0,026 V_R \quad (2.41)$$

$$T_2 = \text{waktu kendaraan berada di jalur lawan (detik)}$$

$$= 6,56 + 0,048 V_R \quad (2.42)$$

$$a = \text{percepatan rata-rata (km/jam/detik)}$$

$$= 2,052 + 0,0036 V_R, \quad (2.43)$$

m = perbedaan kecepatan dari kendaraan yang mendahului dan kendaraan yang didahului (diambil 10 – 15 km/jam)

d. J_d yang sesuai dengan V_R ditetapkan dari Tabel 2.13

Tabel 2.13: Panjang Jarak Pandang Mendahului (J_d) (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997)

V_R (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
J_d (m)	800	670	550	350	250	200	150	100

e. Daerah mendahului harus disebar di sepanjang jalan dengan jumlah panjang minimum 30% dari panjang total ruas jalan tersebut.

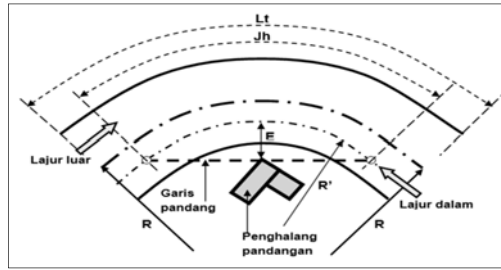
2.6 Daerah Bebas Samping di Tikungan

Daerah bebas samping di tikungan (E) adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang di tikungan sehingga J_h dapat terpenuhi. Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan pengemudi di tikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh E (m), yang diukur dari garis tengah lajur dalam sampai pada obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan J_h dipenuhi. (Bina Marga, 1997)

Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan Persamaan sebagai berikut:

1) Jika $J_h < L_t$

$$E = R \left\{ 1 - \cos \left(\frac{90^\circ J_h}{\pi R} \right) \right\} \quad (2.44)$$



Gambar 2.17: Daerah bebas samping di tikungan, untuk $J_h < L_t$
(Bina Marga, 1997)

2) Jika $J_h > L_t$

$$E = R' \left(1 - \cos \left(\frac{90^\circ J_h}{\pi R'} \right) \right) + \frac{1}{2} (J_h - L_t) \sin \left(\frac{90^\circ J_h}{\pi R'} \right) \quad (2.45)$$

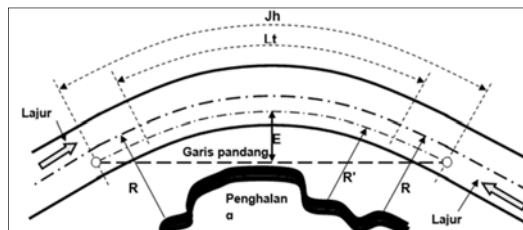
Dimana:

R = Jari-jari tikungan (m)

R' = Jari-jari sumbu lajur (m)

J_h = Jarak pandang henti (m)

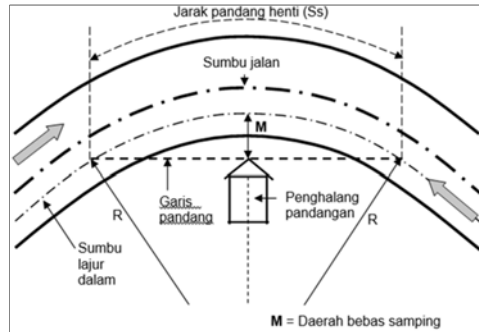
L_t = Panjang tikungan (m)



Gambar 2.18: Daerah bebas samping di tikungan, untuk $J_h > L_t$
(Bina Marga, 1997)

Daerah bebas samping di tikungan (M) untuk jalan perkotaan dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$M = R \left[1 - \cos \left(\frac{28,65 S_s}{R} \right) \right] \quad (2.46)$$



Gambar 2.19: Diagram ilustrasi komponen untuk menentukan jarak pandang horizontal (daerah bebas samping) (Bina Marga,1997)
Tabel 2.14 berisi nilai E, dalam satuan meter, yang dihitung menggunakan persamaan (2.44) dengan pembulatan-pembulatan untuk $J_h < L_t$. Tabel tersebut dapat dipakai untuk menetapkan E.

Tabel 2.14: E (m) untuk $J_h < L_t$, V_R (km/jam) dan J_h (m) (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997)

R (m)	$V_R = 20$	30	40	50	60	80	100	120
	$J_h = 16$	27	40	55	75	120	175	250
5000								1,6
3000								2,6
2000							1,9	3,9
1500							2,6	5,2
1200						1,5	3,2	6,5
1000						1,8	3,8	7,8
800						2,2	4,8	9,7
600						3	6,4	13
500						3,6	7,6	15,5
400					1,8	4,5	9,5	$R_{min}=500$
300					2,3	6	$R_{min}=350$	
250				1,5	2,8	7,2		
200				1,9	3,5	$R_{min}=210$		
175				2,2	4			
150				2,5	4,7			
130			1,5	2,9	5,4			
120			1,7	3,1	5,8			
110			1,8	3,4	$R_{min}=115$			
100			2	3,8				
90			2,2	4,2				
80			2,5	4,7				
70		1,5	2,8	$R_{min}=80$				
60		1,8	3,3					
50		2,3	3,9					
40		3	$R_{min}=50$					
30		$R_{min}=30$						
20	1,6							
15	2,1							
	$R_{min}=15$							

Tabel 2.15: E (m) untuk $J_h > L_t$, V_R (km/jam) dan J_h (m), di mana $J_h - L_t = 25$ m (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997)

R(m)	V _R =20	30	40	50	60	80	100	120
	J _h =16	27	40	55	75	120	175	250
6000								1,6
5000								1,9
3000							1,6	3,1
2000						1,5	2,5	4,7
1500						2,1	3,3	6,2
1200						2,5	4,1	7,8
1000					1,5	3,2	4,9	9,4
800					2	4,2	6,1	11,7
600				1,8	2,3	5,1	8,2	15,6
500			1,5	2,4	2,9	6,4	9,8	18,6
400			1,8	2,9	3,9	8,5	12,2	R _{min} =500
300			2,2	3,6	4,7	10,1	R _{min} =350	
250		1,5	2,6	4,1	5,8	R _{min} =210		
200		1,7	3	4,8	6,7			
175		2	3,5	5,5	7,8			
150		2,2	3,7	6	8,9			
130	1,5	2,4	4,1	6,5	9,7			
120	1,6	2,6	4,5	7,2	R _{min} =115			
110	1,9	2,9	5	7,9				
100	2,2	3,2	5,6	8,9				
90	2,6	3,7	6,4	R _{min} =80				
80	3,3	4,3	7,4					
70	4,4	5,1	8,8					
60	6,4	6,4	R _{min} =50					
50	8,4	8,4						
40	R _{min} =15	R _{min} =30						
30								
20								
15								

Tabel 2.16: .E (m) untuk J_h>L_t, V_R (km/jam) dan J_h (m), di mana J_h-L_t = 50 m (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997)

R (m)	V _R =20	30	40	50	60	80	100	120
	J _h =16	27	40	55	75	120	175	250
6000								1,8
5000								2,2
3000							2,0	3,6
2000						1,6	3,0	5,5
1500						2,2	4,0	7,3
1200					1,6	2,7	5,0	9,1

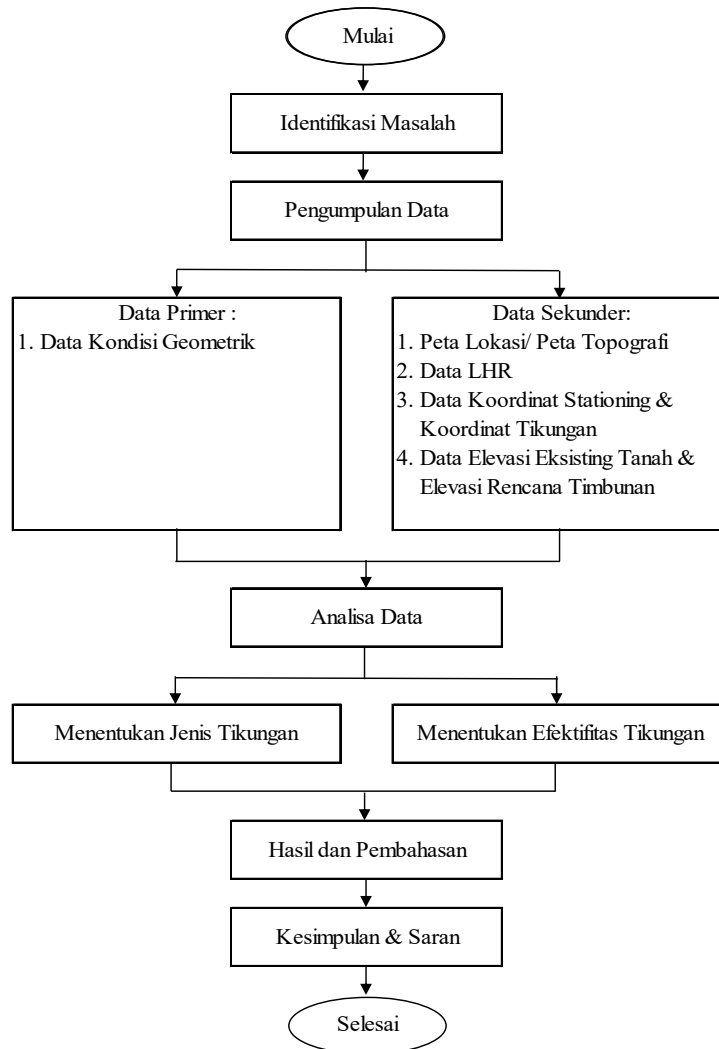
Tabel 2.16: Lanjutan

R (m)	V _R =20	30	40	50	60	80	100	120
	J _h =16	27	40	55	75	120	175	250
1000				1,8	2,1	3,3	6,0	10,9
800				2,1	2,7	4,1	7,5	13,6
600			1,7	2,7	3,3	5,5	10	18,1
500			2,3	3,5	4,1	6,6	12,0	21,7
400		1,7	2,8	4,3	5,5	8,2	15	R _{min} =500
300		2,1	3,5	5,3	6,5	10,9	R _{min} =350	
250	1,5	2,4	4,0	6,1	8,2	13,1		
200	1,8	2,9	4,7	7,1	9,3	R _{min} =210		
175	1,9	3,3	5,4	8,1	10,8			
150	2,1	3,6	5,8	8,8	12,5			
130	2,3	3,9	6,3	9,6	13,5			
120	2,6	4,3	7,0	10,5	R _{min} =115			
110	2,9	4,7	7,7	11,7				
100	3,3	5,3	8,7	13,1				
90	3,9	6,1	9,9	R _{min} =80				
80	4,6	7,1	11,5					
70	5,8	8,5	13,7					
60	7,6	10,5	R _{min} =50					
50	11,3	13,9						
40	14,8	R _{min} =30						
30	R _{min} =15							
20								
15								

BAB 3
METODE PENELITIAN

3.1. Bagan Alir Penelitian

Agar penelitian lebih terarah dan berjalan sesuai dengan baik, maka diperlukan sebuah langkah kerja untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam pengerjaannya. Tahap-tahap penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3.1

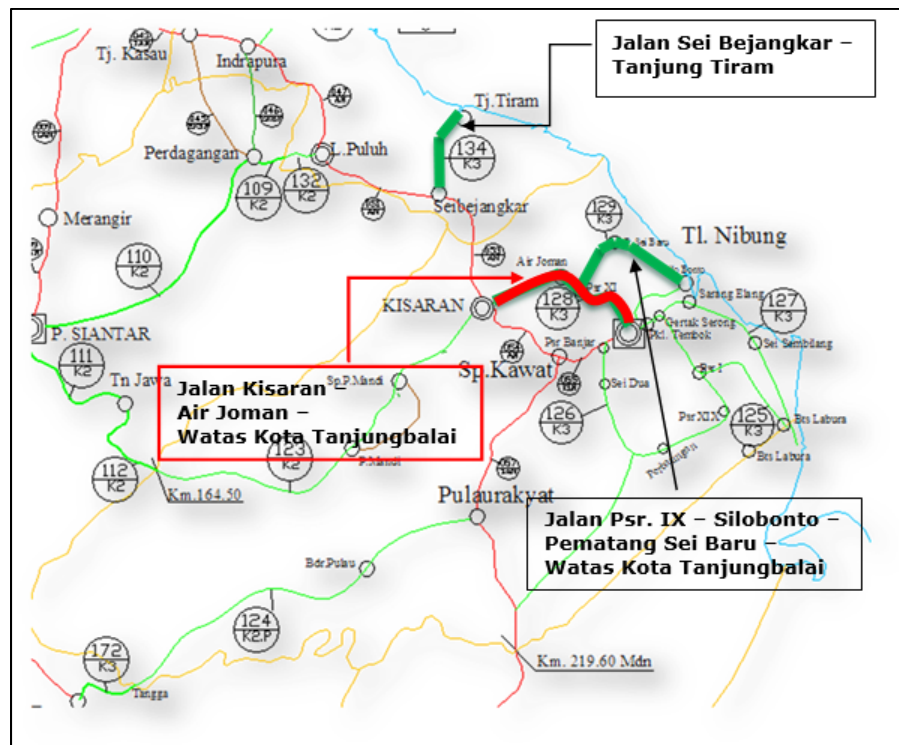


Gambar 3.1: Bagan Alir Metode Penelitian

3.2. Lokasi Penelitian

Lokasi yang dipilih dalam penelitian ini adalah pada ruas jalan Kisaran – Air Joman – Watas Kota Tanjung Balai *Section I* pada STA 158+800 s.d. STA 162+150 dengan panjang $\pm 3,35$ km.

Adapun peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.2



Gambar 3.2: Peta Lokasi Penelitian (Bina Marga, 2018)

3.3 Pengumpulan Data

Sebagai bahan perhitungan dalam penelitian ini, diperlukan data- data dari hasil pengamatan dilapangan. Data yang diperlukan untuk melakukan analisa meliputi data primer dan data sekunder. Data yang diperoleh akan dilakukan suatu desain geometrik jalan khususnya pada lengkung horizontal (tikungan) yang sesuai dengan Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya yang telah ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga sehingga keamanan dan kenyamanan dapat tercapai.

3.3.1 Data Primer

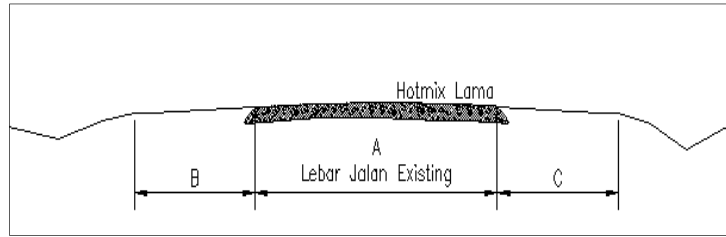
Data primer adalah data yang diperoleh dari peninjauan langsung di lokasi pekerjaan ruas jalan Kisaran-Air Joman-Watas Kota Tanjung Balai *Section I* pada STA 158+800 s.d. STA 162+150 dan dilakukan dengan beberapa pengamatan untuk menguji kevalidan data.

Pengamatan langsung tersebut menghasilkan data-data antara lain sebagai berikut:

3.3.1.1 Data Kondisi Geometrik

- | | |
|--------------------------------|--|
| a) Nama Ruas | : Kisaran-Air Joman-Watas Kota
Tanjung Balai <i>Section I</i> |
| b) Panjang | : 3,35 km (STA 158+800 – 162+150) |
| c) Fungsi Jalan | : Kolektor IIIA |
| d) Medan Jalan | : Datar (D) |
| e) Tipe | : 2 Jalur 4 Lajur 2 Arah |
| f) Median | : Tidak Ada |
| g) Drainase | : Ada |
| h) CBR Tanah (%) | : 3,4 |
| i) LHR (smp/hari) | : 1500 < 8000 |
| j) Data Curah hujan (mm/tahun) | : > 900 |
| k) Kecepatan Rencana (km/jam) | : 60 |
| l) Kemiringan Melintang Normal | |
| - Perkerasan (%) | : 2-3 |
| - Bahu Jalan (%) | : 3-5 |
| m) Kelandaian (%) | : < 6 |

Untuk keadaan dan ukuran penampang melintang jalan dilapangan, berupa sketsa segmen jalan yang diuraikan pada Gambar 3.3 dan Tabel 3.1 berikut:



Gambar 3.3: Tampang Eksisting Jalan

Tabel 3.1: Ukuran Eksisting Jalan

No.	STA		Panjang (m)	Ukuran Eksisting Jalan (m)		
	Dari	Sampai		A	B	C
1	158+800	158+850	50	9,0	0,6	0,6
2	158+850	158+900	50	9,0	0,6	2,0
3	158+900	158+950	50	9,0	0,6	2,0
4	158+950	159+000	50	9,0	0,6	2,0
5	159+000	159+050	50	7,0	1,0	1,0
6	159+050	159+100	50	7,0	1,0	1,0
7	159+100	159+150	50	7,0	1,0	1,0
8	159+150	159+200	50	7,0	1,0	1,0
9	159+200	159+250	50	7,0	1,0	1,0
10	159+250	159+300	50	7,0	1,0	1,0
11	159+300	159+350	50	7,0	1,0	1,0
12	159+350	159+400	50	7,0	1,0	1,0
13	159+400	159+450	50	7,0	1,5	1,0
14	159+450	159+500	50	7,0	1,5	1,0
15	159+500	159+550	50	7,0	1,5	1,0
16	159+550	159+600	50	7,0	1,5	1,0
17	159+600	159+650	50	7,0	1,5	1,0
18	159+650	159+700	50	7,0	1,5	1,0
19	159+700	159+750	50	7,0	1,5	1,0
20	159+750	159+800	50	7,0	1,5	1,0
21	159+800	159+850	50	7,0	1,5	1,0
22	159+850	159+900	50	7,0	1,5	1,0
23	159+900	159+950	50	7,0	1,5	1,0
24	159+950	160+000	50	7,0	1,5	1,0
25	160+000	160+050	50	7,0	1,5	1,0
26	160+050	160+100	50	7,0	1,5	1,0
27	160+100	160+150	50	7,0	1,5	1,0
28	160+150	160+200	50	7,0	1,5	1,0
29	160+200	160+250	50	7,0	1,5	1,0
30	160+250	160+300	50	7,0	1,5	1,0

Tabel 3.1: *Lanjutan*

No.	STA		Panjang (m)	Ukuran Eksisting Jalan (m)		
	Dari	Sampai		A	B	C
31	160+300	160+350	50	7,0	1,5	1,0
32	160+350	160+400	50	7,0	1,5	1,5
33	160+400	160+450	50	7,0	1,5	1,5
34	160+450	160+500	50	7,0	1,0	1,0
35	160+500	160+550	50	4,0	2,5	3,0
36	160+550	160+600	50	4,0	2,5	3,0
37	160+600	160+650	50	4,0	2,5	3,0
38	160+650	160+700	50	4,0	2,5	3,0
39	160+700	160+750	50	4,0	2,5	3,0
40	160+750	160+800	50	4,0	2,5	3,0
41	160+800	160+850	50	4,0	2,5	3,0
42	160+850	160+900	50	4,0	2,5	3,0
43	160+900	160+950	50	4,0	2,5	3,0
44	160+950	161+000	50	4,0	2,5	3,0
45	161+000	161+050	50	4,0	2,5	3,0
46	161+050	161+100	50	4,0	2,5	3,0
47	161+100	161+150	50	4,0	2,0	2,0
48	161+150	161+200	50	4,0	2,0	2,0
49	161+200	161+250	50	4,0	2,0	2,0
50	161+250	161+300	50	4,0	2,0	2,0
51	161+300	161+350	50	4,0	2,0	2,0
52	161+350	161+400	50	4,0	2,0	2,0
53	161+400	161+450	50	4,0	2,0	2,0
54	161+450	161+500	50	4,0	2,0	2,0
55	161+500	161+550	50	4,0	2,0	2,0
56	161+550	161+600	50	4,0	2,0	2,0
57	161+600	161+650	50	4,0	2,0	2,0
58	161+650	161+700	50	4,0	2,0	2,0
59	161+700	161+750	50	4,0	2,0	2,0
60	161+750	161+800	50	4,0	2,0	2,0
61	161+800	161+850	50	4,0	2,0	2,0
62	161+850	161+900	50	4,0	2,0	2,0
63	161+900	161+950	50	4,0	2,0	2,0
64	161+950	162+000	50	4,0	2,0	2,0
65	162+000	162+050	50	4,0	2,0	2,0
66	162+050	162+100	50	4,0	2,0	2,0
67	162+100	162+150	50	4,0	2,0	2,0

3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan sumber data penelitian yang diperoleh peneliti secara tidak langsung melalui media perantara (diperoleh dan dicatat oleh pihak lain). Data sekunder umumnya berupa bukti, catatan atau laporan historis yang telah tersusun dalam arsip (data geometrik) yang dipublikasikan. Data sekunder yang didapat adalah peta lokasi/topografi, data lalu lintas harian rata-rata (LHR), data koordinat stationing & koordinat tikungan, serta data elevasi eksisting tanah & elevasi rencana timbunan yang diperoleh dari Dinas PU Bina Marga Kabupaten Asahan, Provinsi Sumatera Utara.

3.3.2.1 Data Lalu Lintas

Data ini berupa data jenis kendaraan dan volume kendaraan. Survey lalu lintas pada ruas jalan Kisaran - Air Joman – Watas Kota Tanjung Balai telah dilakukan selama 7 hari mulai Tanggal 2 November 2018 s/d 8 November 2018 dengan waktu pencatatan selama 12 jam setiap harinya antara jam 07.00 - 19.00 WIB pada lokasi pengamatan untuk 2 arah, yaitu arah Kisaran ke Tanjung Balai dan Tanjung Balai ke Kisaran. Perhitungan data survey lalu lintas dicantumkan pada Lampiran I-A dan Lampiran I-B.

3.3.2.2. Data Koordinat dan Elevasi Permukaan Tanah

Data koordinat dan Elevasi permukaan tanah diperoleh berdasarkan trase jalan yang akan dibangun sesuai dengan keadaan medan/topografi dilapangan. Adapun data koordinat dan ketinggian/elevasi permukaan tanah yang diperoleh telah tercantum dalam Lampiran II-A dan Lampiran II-B.

BAB 4

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Jarak, Sudut Azimuth dan Sudut Bearing

Data-data yang diperlukan untuk menghitung jarak, sudut azimuth dan sudut bearing adalah data koordinat dari trase jalan yang sudah ditentukan.

4.1.1 Perhitungan Jarak

$$\begin{aligned}d_{0-1} &= \sqrt{(X1-X0)^2+(Y1-Y0)^2} \\ &= \sqrt{(570134,873-570079,000)^2+(329900,665-329826,000)^2} \\ &= 93,256 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_{1-2} &= \sqrt{(X2-X1)^2+(Y2-Y1)^2} \\ &= \sqrt{(570139,000-570134,873)^2+(330004,000-329900,665)^2} \\ &= 103,417 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_{2-3} &= \sqrt{(X3-X2)^2+(Y3-Y2)^2} \\ &= \sqrt{(570140,000-570139,000)^2+(330105,000-330004,000)^2} \\ &= 101,005 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_{3-4} &= \sqrt{(X4-X3)^2+(Y4-Y3)^2} \\ &= \sqrt{(570145,000-570140,000)^2+(330205,000-330105,000)^2} \\ &= 100,125 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_{4-5} &= \sqrt{(X5-X4)^2+(Y5-Y4)^2} \\ &= \sqrt{(570149,000-570145,000)^2+(330304,000-330205,000)^2} \\ &= 99,081 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_{5-6} &= \sqrt{(X6-X5)^2+(Y6-Y5)^2} \\ &= \sqrt{(570151,179-570149,000)^2+(330357,931-330304,000)^2} \\ &= 53,975 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{6-7} &= \sqrt{(X7-X6)^2+(Y7-Y6)^2} \\
&= \sqrt{(570205,000-570151,179)^2+(330356,000-330357,931)^2} \\
&= 53,856 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{7-8} &= \sqrt{(X8-X7)^2+(Y8-Y7)^2} \\
&= \sqrt{(570308,515-570205,000)^2+(330352,286-330356,000)^2} \\
&= 103,582 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{8-9} &= \sqrt{(X9-X8)^2+(Y9-Y8)^2} \\
&= \sqrt{(570402,000-570308,515)^2+(330351,000-330352,286)^2} \\
&= 93,494 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{9-10} &= \sqrt{(X10-X9)^2+(Y10-Y9)^2} \\
&= \sqrt{(570505,803-570402,000)^2+(330345,760-330351,000)^2} \\
&= 103,935 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{10-11} &= \sqrt{(X11-X10)^2+(Y11-Y10)^2} \\
&= \sqrt{(570602,000-570505,803)^2+(330342,000-330345,760)^2} \\
&= 96,270 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{11-12} &= \sqrt{(X12-X11)^2+(Y12-Y11)^2} \\
&= \sqrt{(570702,000-570602,000)^2+(330337,000-330342,000)^2} \\
&= 100,125 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{12-13} &= \sqrt{(X13-X12)^2+(Y13-Y12)^2} \\
&= \sqrt{(570803,000-570702,000)^2+(330329,000-330337,000)^2} \\
&= 101,316 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{13-14} &= \sqrt{(X14-X13)^2+(Y14-Y13)^2} \\
&= \sqrt{(570902,000-570803,000)^2+(330329,000-330329,000)^2} \\
&= 99,000 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{14-15} &= \sqrt{(X_{15}-X_{14})^2+(Y_{15}-Y_{14})^2} \\
&= \sqrt{(571003,000-570902,000)^2+(330327,000-330329,000)^2} \\
&= 101,020 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{15-16} &= \sqrt{(X_{16}-X_{15})^2+(Y_{16}-Y_{15})^2} \\
&= \sqrt{(571102,000-571003,000)^2+(330315,000-330327,000)^2} \\
&= 99,725 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{16-17} &= \sqrt{(X_{17}-X_{16})^2+(Y_{17}-Y_{16})^2} \\
&= \sqrt{(571263,000-571102,000)^2+(330303,000-330315,000)^2} \\
&= 161,447 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{17-18} &= \sqrt{(X_{18}-X_{17})^2+(Y_{18}-Y_{17})^2} \\
&= \sqrt{(571355,000-571263,000)^2+(330269,000-330303,000)^2} \\
&= 98,082 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{18-19} &= \sqrt{(X_{19}-X_{18})^2+(Y_{19}-Y_{18})^2} \\
&= \sqrt{(571438,000-571355,000)^2+(330213,000-330269,000)^2} \\
&= 100,125 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{19-20} &= \sqrt{(X_{20}-X_{19})^2+(Y_{20}-Y_{19})^2} \\
&= \sqrt{(571496,334-571438,000)^2+(330173,130-330213,000)^2} \\
&= 70,657 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{20-21} &= \sqrt{(X_{21}-X_{20})^2+(Y_{21}-Y_{20})^2} \\
&= \sqrt{(571532,000-571496,334)^2+(330187,000-330173,130)^2} \\
&= 38,268 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{21-22} &= \sqrt{(X_{22}-X_{21})^2+(Y_{22}-Y_{21})^2} \\
&= \sqrt{(571622,000-571532,000)^2+(330222,000-330187,000)^2} \\
&= 96,566 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{22-23} &= \sqrt{(X_{23}-X_{22})^2+(Y_{23}-Y_{22})^2} \\
&= \sqrt{(571715,000-571622,000)^2+(330258,000-330222,000)^2} \\
&= 99,725 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{23-24} &= \sqrt{(X_{24}-X_{23})^2+(Y_{24}-Y_{23})^2} \\
&= \sqrt{(571810,000-571715,000)^2+(330297,000-330258,000)^2} \\
&= 102,694 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{24-25} &= \sqrt{(X_{25}-X_{24})^2+(Y_{25}-Y_{24})^2} \\
&= \sqrt{(571902,000-571810,000)^2+(330333,000-330297,000)^2} \\
&= 98,793 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{25-26} &= \sqrt{(X_{26}-X_{25})^2+(Y_{26}-Y_{25})^2} \\
&= \sqrt{(571996,000-571902,000)^2+(330369,000-330333,000)^2} \\
&= 100,658 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{26-27} &= \sqrt{(X_{27}-X_{26})^2+(Y_{27}-Y_{26})^2} \\
&= \sqrt{(572088,000-571996,000)^2+(330408,000-330369,000)^2} \\
&= 99,925 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{27-28} &= \sqrt{(X_{28}-X_{27})^2+(Y_{28}-Y_{27})^2} \\
&= \sqrt{(572180,000-572088,000)^2+(330443,000-330408,000)^2} \\
&= 98,433 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{28-29} &= \sqrt{(X_{29}-X_{28})^2+(Y_{29}-Y_{28})^2} \\
&= \sqrt{(572279,000-572180,000)^2+(330482,000-330443,000)^2} \\
&= 106,405 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{29-30} &= \sqrt{(X_{30}-X_{29})^2+(Y_{30}-Y_{29})^2} \\
&= \sqrt{(572367,000-572279,000)^2+(330520,000-330482,000)^2} \\
&= 95,854 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{30-31} &= \sqrt{(X_{31}-X_{30})^2+(Y_{31}-Y_{30})^2} \\
&= \sqrt{(572463,000-572367,000)^2+(330564,000-330520,000)^2} \\
&= 105,603 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{31-32} &= \sqrt{(X_{32}-X_{31})^2+(Y_{32}-Y_{31})^2} \\
&= \sqrt{(572546,000-572463,000)^2+(330604,000-330564,000)^2} \\
&= 92,136 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{32-33} &= \sqrt{(X_{33}-X_{32})^2+(Y_{33}-Y_{32})^2} \\
&= \sqrt{(572638,000-572546,000)^2+(330656,000-330604,000)^2} \\
&= 105,679 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{33-34} &= \sqrt{(X_{34}-X_{33})^2+(Y_{34}-Y_{33})^2} \\
&= \sqrt{(572724,000-572638,000)^2+(330697,000-330656,000)^2} \\
&= 95,273 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{34-35} &= \sqrt{(X_{35}-X_{34})^2+(Y_{35}-Y_{34})^2} \\
&= \sqrt{(572812,000-572724,000)^2+(330736,000-330697,000)^2} \\
&= 96,255 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_{\text{total}} &= d_{0-1} + d_{1-2} + d_{2-3} + d_{3-4} + d_{4-5} + d_{5-6} + d_{6-7} + d_{7-8} + d_{8-9} + d_{9-10} + \\
&\quad d_{10-11} + d_{11-12} + d_{12-13} + d_{13-14} + d_{14-15} + d_{15-16} + d_{16-17} + d_{17-18} + \\
&\quad d_{18-19} + d_{19-20} + d_{20-21} + d_{21-22} + d_{22-23} + d_{23-24} + d_{24-25} + d_{25-26} + \\
&\quad d_{26-27} + d_{27-28} + d_{28-29} + d_{29-30} + d_{30-1} + d_{31-32} + d_{32-33} + d_{33-34} + d_{34-35} \\
&= 3365,757 \text{ m} \approx 3,366 \text{ km}
\end{aligned}$$

4.1.2 Perhitungan Sudut Azimuth

$$\begin{aligned}
\alpha_{P0} &= \text{ArcTg} \frac{X_1 - X_0}{Y_1 - Y_0} \\
&= \text{ArcTg} \frac{570134,873 - 570079,000}{329900,665 - 329826,000} \\
&= 36,808^\circ
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\alpha_1 &= \text{ArcTg} \frac{X_2 - X_1}{Y_2 - Y_1} \\
&= \text{ArcTg} \frac{570139,000 - 570134,873}{330004,000 - 329900,665} \\
&= 2,287^\circ
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\alpha_2 &= \text{ArcTg} \frac{X_3 - X_2}{Y_3 - Y_2} \\
&= \text{ArcTg} \frac{570140,000 - 570139,000}{330105,000 - 330004,000} \\
&= 0,567^\circ \\
\alpha_4 &= \text{ArcTg} \frac{X_5 - X_4}{Y_5 - Y_4} \\
&= \text{ArcTg} \frac{570149,000 - 570145,000}{330304,000 - 330205,000} \\
&= 2,314^\circ \\
\alpha_6 &= \text{ArcTg} \frac{X_7 - X_6}{Y_7 - Y_6} \\
&= \text{ArcTg} \frac{570205,000 - 570151,179}{330356,000 - 330357,931} \\
&= -87,945 + 180^\circ = 92,055^\circ \\
\alpha_8 &= \text{ArcTg} \frac{X_9 - X_8}{Y_9 - Y_8} \\
&= \text{ArcTg} \frac{570402,000 - 570308,515}{330351,000 - 330352,286} \\
&= -89,212 + 180^\circ = 90,788^\circ \\
\alpha_{10} &= \text{ArcTg} \frac{X_{11} - X_{10}}{Y_{11} - Y_{10}} \\
&= \text{ArcTg} \frac{570602,000 - 570505,803}{330342,000 - 330345,760} \\
&= -87,762 + 180^\circ = 92,238^\circ \\
\alpha_{12} &= \text{ArcTg} \frac{X_{13} - X_{12}}{Y_{13} - Y_{12}} \\
&= \text{ArcTg} \frac{570803,000 - 570702,000}{330329,000 - 330337,000} \\
&= -85,471 + 180^\circ = 94,529^\circ \\
\alpha_{14} &= \text{ArcTg} \frac{X_{15} - X_{14}}{Y_{15} - Y_{14}} \\
&= \text{ArcTg} \frac{571003,000 - 570902,000}{330327,000 - 330329,000} \\
&= -88,866 + 180^\circ = 91,134^\circ \\
\alpha_{16} &= \text{ArcTg} \frac{X_{17} - X_{16}}{Y_{17} - Y_{16}} \\
&= \text{ArcTg} \frac{571263,000 - 571102,000}{330303,000 - 330315,000} \\
&= -85,737 + 180^\circ = 94,263^\circ \\
\alpha_3 &= \text{ArcTg} \frac{X_4 - X_3}{Y_4 - Y_3} \\
&= \text{ArcTg} \frac{570145,000 - 570140,000}{330205,000 - 330105,000} \\
&= 2,862^\circ \\
\alpha_5 &= \text{ArcTg} \frac{X_6 - X_5}{Y_6 - Y_5} \\
&= \text{ArcTg} \frac{570151,179 - 570149,000}{330357,931 - 330304,000} \\
&= 2,314^\circ \\
\alpha_7 &= \text{ArcTg} \frac{X_8 - X_7}{Y_8 - Y_7} \\
&= \text{ArcTg} \frac{570308,515 - 570205,000}{330352,286 - 330356,000} \\
&= -87,945 + 180^\circ = 92,055^\circ \\
\alpha_9 &= \text{ArcTg} \frac{X_{10} - X_9}{Y_{10} - Y_9} \\
&= \text{ArcTg} \frac{570505,803 - 570402,000}{330345,760 - 330351,000} \\
&= -87,110 + 180^\circ = 92,890^\circ \\
\alpha_{11} &= \text{ArcTg} \frac{X_{12} - X_{11}}{Y_{12} - Y_{11}} \\
&= \text{ArcTg} \frac{570702,000 - 570602,000}{330337,000 - 330342,000} \\
&= -87,138 + 180^\circ = 92,862^\circ \\
\alpha_{13} &= \text{ArcTg} \frac{X_{14} - X_{13}}{Y_{13} - Y_{14}} \\
&= \text{ArcTg} \frac{570902,000 - 570803,000}{330329,000 - 330329,000} \\
&= 0,000 + 90^\circ = 90^\circ \\
\alpha_{15} &= \text{ArcTg} \frac{X_{16} - X_{15}}{Y_{16} - Y_{15}} \\
&= \text{ArcTg} \frac{571102,000 - 571003,000}{330315,000 - 330327,000} \\
&= -83,089 + 180^\circ = 96,911^\circ \\
\alpha_{17} &= \text{ArcTg} \frac{X_{18} - X_{17}}{Y_{18} - Y_{17}} \\
&= \text{ArcTg} \frac{571355,000 - 571263,000}{330269,000 - 330303,000} \\
&= -69,717 + 180^\circ = 110,283^\circ
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\alpha_{18} &= \text{ArcTg} \frac{X_{19} - X_{18}}{Y_{19} - Y_{18}} \\
&= \text{ArcTg} \frac{571438,000-571355,000}{330213,000-330269,000} \\
&= -55,993 + 180^\circ = 124,007^\circ \\
\alpha_{19} &= \text{ArcTg} \frac{X_{20} - X_{19}}{Y_{20} - Y_{19}} \\
&= \text{ArcTg} \frac{571496,334-571438,000}{330173,130-330213,000} \\
&= -55,648 + 180^\circ = 124,352^\circ \\
\alpha_{20} &= \text{ArcTg} \frac{X_{21} - X_{20}}{Y_{21} - Y_{20}} \\
&= \text{ArcTg} \frac{571532,000-571496,334}{330187,000-330173,130} \\
&= 68,750^\circ \\
\alpha_{21} &= \text{ArcTg} \frac{X_{22} - X_{21}}{Y_{22} - Y_{21}} \\
&= \text{ArcTg} \frac{571622,000-571532,000}{330222,000-330187,000} \\
&= 68,749^\circ \\
\alpha_{22} &= \text{ArcTg} \frac{X_{23} - X_{22}}{Y_{23} - Y_{22}} \\
&= \text{ArcTg} \frac{571715,000-571622,000}{330258,000-330222,000} \\
&= 68,839^\circ \\
\alpha_{23} &= \text{ArcTg} \frac{X_{24} - X_{23}}{Y_{24} - Y_{23}} \\
&= \text{ArcTg} \frac{571810,000-571715,000}{330297,000-330258,000} \\
&= 67,681^\circ \\
\alpha_{24} &= \text{ArcTg} \frac{X_{25} - X_{24}}{Y_{25} - Y_{24}} \\
&= \text{ArcTg} \frac{571902,000-571810,000}{330333,000-330297,000} \\
&= 68,629^\circ \\
\alpha_{25} &= \text{ArcTg} \frac{X_{26} - X_{25}}{Y_{26} - Y_{25}} \\
&= \text{ArcTg} \frac{571996,000-571902,000}{330369,000-330333,000} \\
&= 69,044^\circ \\
\alpha_{26} &= \text{ArcTg} \frac{X_{27} - X_{26}}{Y_{27} - Y_{26}} \\
&= \text{ArcTg} \frac{572088,000-571996,000}{330408,000-330369,000} \\
&= 67,027^\circ \\
\alpha_{27} &= \text{ArcTg} \frac{X_{28} - X_{27}}{Y_{28} - Y_{27}} \\
&= \text{ArcTg} \frac{572180,000-572088,000}{330443,000-330408,000} \\
&= 69,171^\circ \\
\alpha_{28} &= \text{ArcTg} \frac{X_{29} - X_{28}}{Y_{29} - Y_{28}} \\
&= \text{ArcTg} \frac{572279,000-572180,000}{330482,000-330443,000} \\
&= 68,499^\circ \\
\alpha_{29} &= \text{ArcTg} \frac{X_{30} - X_{29}}{Y_{30} - Y_{29}} \\
&= \text{ArcTg} \frac{572367,000-572279,000}{330520,000-330482,000} \\
&= 66,644^\circ \\
\alpha_{30} &= \text{ArcTg} \frac{X_{31} - X_{30}}{Y_{31} - Y_{30}} \\
&= \text{ArcTg} \frac{572463,000-572367,000}{330564,000-330520,000} \\
&= 65,376^\circ \\
\alpha_{31} &= \text{ArcTg} \frac{X_{32} - X_{31}}{Y_{32} - Y_{31}} \\
&= \text{ArcTg} \frac{572546,000-572463,000}{330604,000-330564,000} \\
&= 64,269^\circ \\
\alpha_{32} &= \text{ArcTg} \frac{X_{33} - X_{32}}{Y_{33} - Y_{32}} \\
&= \text{ArcTg} \frac{572638,000-572546,000}{330656,000-330604,000} \\
&= 60,524^\circ \\
\alpha_{33} &= \text{ArcTg} \frac{X_{34} - X_{33}}{Y_{34} - Y_{33}} \\
&= \text{ArcTg} \frac{572724,000-572638,000}{330697,000-330656,000} \\
&= 64,511^\circ
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\alpha_{34} &= \text{ArcTg} \frac{X_{35} - X_{34}}{Y_{35} - Y_{34}} \\
&= \text{ArcTg} \frac{572812,000 - 572724,000}{330736,000 - 330697,000} \\
&= 66,098^\circ
\end{aligned}$$

4.1.3 Perhitungan Sudut Bearing (Δ)

$$\begin{aligned}
\Delta_1 &= | \alpha_{0-1} - \alpha_{1-2} | \\
&= | 36,808^\circ - 2,287^\circ | \\
&= 34,521^\circ
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta_3 &= | \alpha_{2-3} - \alpha_{3-4} | \\
&= | 0,567^\circ - 2,862^\circ | \\
&= 2,295^\circ
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta_5 &= | \alpha_{4-5} - \alpha_{5-6} | \\
&= | 2,314^\circ - 2,314^\circ | \\
&= 0,000^\circ
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta_7 &= | \alpha_{6-7} - \alpha_{7-8} | \\
&= | 92,055^\circ - 92,055^\circ | \\
&= 0,000^\circ
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta_9 &= | \alpha_{8-9} - \alpha_{9-10} | \\
&= | 90,788^\circ - 92,890^\circ | \\
&= 2,102^\circ
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta_{11} &= | \alpha_{10-11} - \alpha_{11-12} | \\
&= | 92,238^\circ - 92,862^\circ | \\
&= 0,624^\circ
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta_{13} &= | \alpha_{12-13} - \alpha_{13-14} | \\
&= | 94,529^\circ - 90^\circ | \\
&= 4,529^\circ
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta_{15} &= | \alpha_{14-15} - \alpha_{15-16} | \\
&= | 91,134^\circ - 96,911^\circ | \\
&= 2,649^\circ
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta_2 &= | \alpha_{1-2} - \alpha_{2-3} | \\
&= | 2,287^\circ - 0,567^\circ | \\
&= 1,720^\circ
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta_4 &= | \alpha_{3-4} - \alpha_{4-5} | \\
&= | 2,862^\circ - 2,314^\circ | \\
&= 0,549^\circ
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta_6 &= | \alpha_{5-6} - \alpha_{6-7} | \\
&= | 2,314^\circ - 92,055^\circ | \\
&= 89,741^\circ
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta_8 &= | \alpha_{7-8} - \alpha_{8-9} | \\
&= | 92,055^\circ - 90,788^\circ | \\
&= 1,267^\circ
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta_{10} &= | \alpha_{9-10} - \alpha_{10-11} | \\
&= | 92,890^\circ - 92,238^\circ | \\
&= 0,652^\circ
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta_{12} &= | \alpha_{11-12} - \alpha_{12-13} | \\
&= | 92,862^\circ - 94,529^\circ | \\
&= 1,666^\circ
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta_{14} &= | \alpha_{13-14} - \alpha_{14-15} | \\
&= | 90^\circ - 91,134^\circ | \\
&= 1,134^\circ
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta_{16} &= | \alpha_{15-16} - \alpha_{16-17} | \\
&= | 96,911^\circ - 94,263^\circ | \\
&= 5,777^\circ
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_{17} &= | \alpha_{16-17} - \alpha_{17-18} | \\ &= | 94,263^\circ - 110,283^\circ | \\ &= 16,020^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_{19} &= | \alpha_{18-19} - \alpha_{19-20} | \\ &= | 124,007^\circ - 124,352^\circ | \\ &= 0,344^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_{21} &= | \alpha_{20-21} - \alpha_{21-22} | \\ &= | 68,750^\circ - 68,749^\circ | \\ &= 0,000^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_{23} &= | \alpha_{22-23} - \alpha_{23-24} | \\ &= | 68,839^\circ - 67,681^\circ | \\ &= 1,158^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_{25} &= | \alpha_{24-25} - \alpha_{25-26} | \\ &= | 68,629^\circ - 69,044^\circ | \\ &= 0,415^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_{27} &= | \alpha_{26-27} - \alpha_{27-28} | \\ &= | 67,027^\circ - 69,171^\circ | \\ &= 2,144^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_{29} &= | \alpha_{28-29} - \alpha_{29-30} | \\ &= | 68,499^\circ - 66,644^\circ | \\ &= 1,854^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_{31} &= | \alpha_{30-31} - \alpha_{31-32} | \\ &= | 65,376^\circ - 64,269^\circ | \\ &= 1,107^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_{33} &= | \alpha_{32-33} - \alpha_{33-34} | \\ &= | 60,524^\circ - 64,511^\circ | \\ &= 3,987^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_{18} &= | \alpha_{17-18} - \alpha_{18-19} | \\ &= | 110,283^\circ - 124,007^\circ | \\ &= 13,725^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_{20} &= | \alpha_{19-20} - \alpha_{20-21} | \\ &= | 124,352^\circ - 68,750^\circ | \\ &= 55,602^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_{22} &= | \alpha_{21-22} - \alpha_{22-23} | \\ &= | 68,749^\circ - 68,839^\circ | \\ &= 0,089^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_{24} &= | \alpha_{23-24} - \alpha_{24-25} | \\ &= | 67,681^\circ - 68,629^\circ | \\ &= 0,949^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_{26} &= | \alpha_{25-26} - \alpha_{26-27} | \\ &= | 69,044^\circ - 67,027^\circ | \\ &= 2,017^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_{28} &= | \alpha_{27-28} - \alpha_{28-29} | \\ &= | 69,171^\circ - 68,499^\circ | \\ &= 0,673^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_{30} &= | \alpha_{29-30} - \alpha_{30-31} | \\ &= | 66,644^\circ - 65,376^\circ | \\ &= 1,268^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_{32} &= | \alpha_{31-32} - \alpha_{32-33} | \\ &= | 65,269^\circ - 60,524^\circ | \\ &= 3,745^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_{34} &= | \alpha_{33-34} - \alpha_{34-35} | \\ &= | 64,511^\circ - 66,098^\circ | \\ &= 1,587^\circ\end{aligned}$$

4.2 Pemilihan Jenis Tikungan

Berdasarkan hasil pengamatan dilapangan, tikungan berada di titik P1, P6, P13, P15, P16, P17, P18, P20, P33. Perencanaan tikungan dilakukan untuk mendapatkan rasa keamanan dan kenyamanan jalan bagi para pemakai jalan. Oleh sebab itu perencanaan tikungan harus diperhitungkan secara teknis agar mendapatkan tikungan yang layak untuk dipakai. Perhitungan tikungan tersebut dijabarkan sebagai berikut:

4.2.1 Tikungan di titik P1

Data dan klasifikasi desain:

$$\Delta_1 = 34,521^\circ$$

$$T = 3 \text{ detik}$$

$$V_R = 60 \text{ km/jam}$$

$$C = 0,4 \text{ m/det}^3$$

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

$$e_{\text{normal}} = 2\%$$

$$r_{e_{\max}} = 0,035 \text{ m/m/det}$$

$$f_{\max} = -0,00065V_R + 0,192$$

$$= -0,00065(60) + 0,192$$

$$= 0,153$$

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

$$= \frac{60^2}{127(0,1 + 0,153)}$$

$$= 112,04 \text{ m}$$

$$R_c = 115 \text{ m}$$

$$R_c > R_{\min}$$

$$115 \text{ m} > 112,04 \text{ m}$$

1) Penghitungan super elevasi desain

$$\begin{aligned} D_{\max} &= \frac{181913,53 (e_{\max}+f_{\max})}{V_r^2} \\ &= \frac{181913,53 (0,1+0,153)}{60^2} \\ &= 12,784^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_d &= \frac{1432,39}{R_c} \\ &= \frac{1432,39}{115} \\ &= 12,456^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e_d &= \frac{-e_{\max} \times D_d^2}{D_{\max}^2} + \frac{2 \times e_{\max} \times D_d}{D_{\max}} \\ &= \frac{-0,1 \times 12,456^2}{12,784^2} + \frac{2 \times 0,1 \times 12,456}{12,784} \\ &= 0,1 = 10\% \end{aligned}$$

Syarat Tikungan *Full Circle* adalah $e \leq 3\%$

Karena $e = 10\% > 3\%$ tidak memenuhi syarat tikungan jenis *Full Circle*. Maka jenis tikungan yang digunakan adalah *Spiral-Circle-Spiral* atau *Spiral-Spiral*.

2) Penghitungan lengkung peralihan (Ls)

- a. Berdasarkan waktu tempuh maximum (3 detik) untuk melintasi lengkung peralihan:

$$\begin{aligned} L_s &= \frac{V_R \cdot T}{3,6} \\ &= \frac{60 \cdot 3}{3,6} \\ &= 50 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal:

$$\begin{aligned}L_s &= \frac{0,022 \cdot V_R^3}{R_c \cdot C} - \frac{2,727 \cdot V_R \cdot e}{C} \\&= \frac{0,022 \cdot 60^3}{115 \cdot 0,4} - \frac{2,727 \cdot 60 \cdot 0,1}{0,4} \\&= 62,426 \text{ m}\end{aligned}$$

c. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian:

$$\begin{aligned}L_s &= \frac{(e_{\text{maks}} - e_n)}{3,6 \times r_c} V_R \\&= \frac{(0,1 - 0,02)}{3,6 \times 0,035} 60 \\&= 38,095 \text{ m}\end{aligned}$$

Dipakai nilai L_s yang terbesar yaitu 62,426 m. Digunakan $R_c = 115$ m dengan $e = 10\%$

d. Cek nilai p

$$\begin{aligned}p &= \frac{L_s^2}{24 \cdot R_c} \\&= \frac{62,426^2}{24 \cdot 115} \\&= 1,412 \text{ m}\end{aligned}$$

Jika nilai $p < 0,25$ m, maka lengkung peralihan tidak diperlukan sehingga tipe tikungan menjadi *Full Circle*. Nilai p yang di dapat adalah 1,412 m $>$ 0,25 m, maka jenis tikungan bukan jenis *Full Circle*.

3) Perhitungan θ_s dan L_c

$$\begin{aligned}\theta_s &= \frac{90 L_s}{\pi R_c} \\&= \frac{90 \cdot 62,426}{\pi \cdot 115} \\&= 15,551^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
L_c &= \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times \pi \times R_c \\
&= \frac{(34,521 - 2 \cdot 15,551)}{180} \times \pi \times 115 \\
&= 6,862 \text{ m}
\end{aligned}$$

Syarat Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* adalah $L_c \geq 20 \text{ m}$.

Karena $L_c = 6,862 \text{ m} < 20 \text{ m}$ tidak memenuhi syarat tikungan jenis *Spiral-Circle-Spiral*. Maka jenis tikungan yang digunakan adalah *Spiral-Spiral*.

4) Perhitungan besaran-besaran tikungan

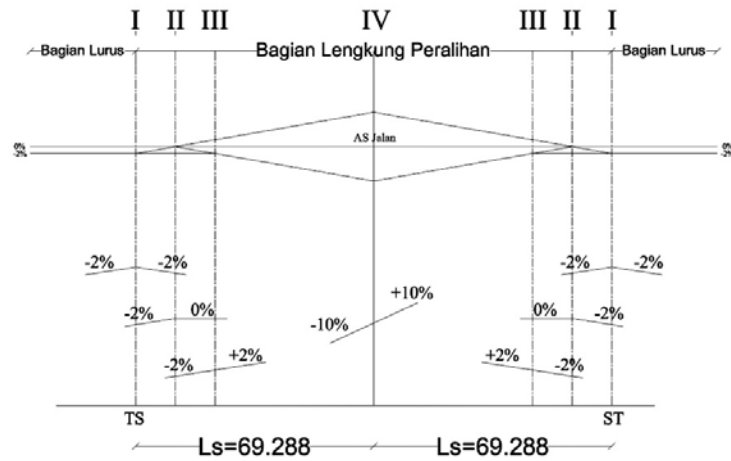
$$L_c = 0$$

$$\begin{aligned}
\theta_s &= \frac{1}{2} \Delta \\
&= \frac{1}{2} (34,521) \\
&= 17,260^\circ
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
L_s &= \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R_c}{90} \\
&= \frac{17,260 \cdot \pi \cdot 115}{90} \\
&= 69,288 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
p &= \frac{L_s^2}{6R_c} - R_c(1 - \cos \theta_s) \\
&= \frac{69,288^2}{6 \cdot 115} - 115(1 - \cos(17,260)) \\
&= 1,779 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
k &= L_s - \frac{L_s^3}{40 R_c^2} - R_c \sin \theta_s \\
&= 69,288 - \frac{69,288^3}{40 \cdot 115^2} - 115 \sin 17,260 \\
&= 34,537 \text{ m}
\end{aligned}$$



Gambar 4.2: Diagram Superelevasi Tikungan *Spiral-Spiral* di Titik P1

4.2.2 Tikungan di titik P6

Data dan klasifikasi desain:

$$\Delta_6 = 89,741^\circ$$

$$T = 3 \text{ detik}$$

$$V_R = 35 \text{ km/jam}$$

$$C = 0,4 \text{ m/det}^3$$

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

$$e_{\text{normal}} = 2\%$$

$$re_{\max} = 0,035 \text{ m/m/det}$$

$$f_{\max} = -0,00065V_R + 0,192$$

$$= -0,00065(35) + 0,192$$

$$= 0,169$$

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

$$= \frac{35^2}{127(0,1 + 0,169)}$$

$$= 35,824 \text{ m}$$

$$R_c = 40 \text{ m}$$

$$R_c > R_{\min}$$

$$40 > 35,824 \text{ m}$$

1) Penghitungan super elevasi desain

$$D_{\max} = \frac{181913,53 (e_{\max} + f_{\max})}{V_r^2}$$

$$= \frac{181913,53 (0,1 + 0,169)}{35^2}$$

$$= 39,984^\circ$$

$$D_d = \frac{1432,39}{R_c}$$

$$= \frac{1432,39}{40}$$

$$= 35,810^\circ$$

$$e_d = \frac{-e_{\max} \times D_d^2}{D_{\max}^2} + \frac{2 \times e_{\max} \times D_d}{D_{\max}}$$

$$= \frac{-0,1 \times 35,810^2}{39,984^2} + \frac{2 \times 0,1 \times 35,810}{39,984}$$

$$= 0,099 = 9,89 \%$$

Syarat Tikungan *Full Circle* adalah $e \leq 3\%$

Karena $e = 9,89\% > 3\%$ tidak memenuhi syarat tikungan jenis *Full Circle*. Maka jenis tikungan yang digunakan adalah *Spiral-Circle-Spiral* atau *Spiral-Spiral*.

2) Penghitungan lengkung peralihan (Ls)

a) Berdasarkan waktu tempuh maximum (3 detik) untuk melintasi lengkung peralihan:

$$\begin{aligned}
 L_s &= \frac{V_R \cdot T}{3,6} \\
 &= \frac{35,3}{3,6} \\
 &= 29,167 \text{ m}
 \end{aligned}$$

b. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal:

$$\begin{aligned}
 L_s &= \frac{0,022 \cdot V_R^3}{R_c \cdot C} - \frac{2,727 \cdot V_R \cdot e}{C} \\
 &= \frac{0,022 \cdot 35^3}{40 \cdot 0,4} - \frac{2,727 \cdot 35 \cdot 0,099}{0,4} \\
 &= 35,352 \text{ m}
 \end{aligned}$$

c. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian:

$$\begin{aligned}
 L_s &= \frac{(e_{\text{maks}} - e_n)}{3,6 \times r_e} V_R \\
 &= \frac{(0,1 - 0,02)}{3,6 \times 0,035} 35 \\
 &= 22,222 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dipakai nilai L_s yang terbesar yaitu 35,352 m. Digunakan $R_c = 40$ m dengan $e = 9,89\%$

d. Cek nilai p

$$\begin{aligned}
 p &= \frac{L_s^2}{24 \cdot R_c} \\
 &= \frac{35,352^2}{24 \cdot 40} \\
 &= 1,302 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jika nilai $p < 0,25$ m, maka lengkung peralihan tidak diperlukan sehingga tipe tikungan menjadi *Full Circle*. Nilai p yang di dapat adalah 1,302 m $> 0,25$ m, maka jenis tikungan bukan jenis *Full Circle*.

3) Perhitungan θ_s dan L_c

$$\begin{aligned}\theta_s &= \frac{90 L_s}{\pi R_c} \\ &= \frac{90.35,352}{\pi .40} \\ &= 25,319^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L_c &= \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times \pi \times R_c \\ &= \frac{(89,741 - 2.25,319)}{180} \times \pi \times 40 \\ &= 27,299 \text{ m}\end{aligned}$$

Syarat Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* adalah $L_c \geq 20 \text{ m}$.

Karena $L_c = 27,299 \text{ m} > 20 \text{ m}$ maka tikungan jenis *Spiral Circle Spiral* dapat digunakan.

4) Perhitungan besaran-besaran tikungan

$$\begin{aligned}X_c &= L_s - \left(1 - \frac{L_s^3}{40R_c^2}\right) \\ &= 35,352 - \left(1 - \frac{35,352^3}{40.40^2}\right) \\ &= 35,042 \text{ m}\end{aligned}$$

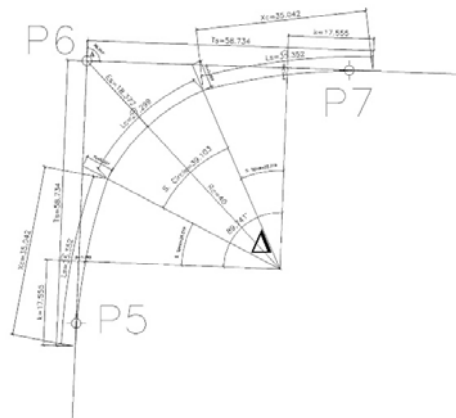
$$\begin{aligned}Y_c &= \frac{L_s^2}{6 R_c} \\ &= \frac{35,352^2}{6.40} \\ &= 5,207 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}p &= \frac{L_s^2}{6R_c} - R_c(1 - \cos \theta_s) \\ &= \frac{35,352^2}{6.40} - 40(1 - \cos(25,319)) \\ &= 1,365 \text{ m}\end{aligned}$$

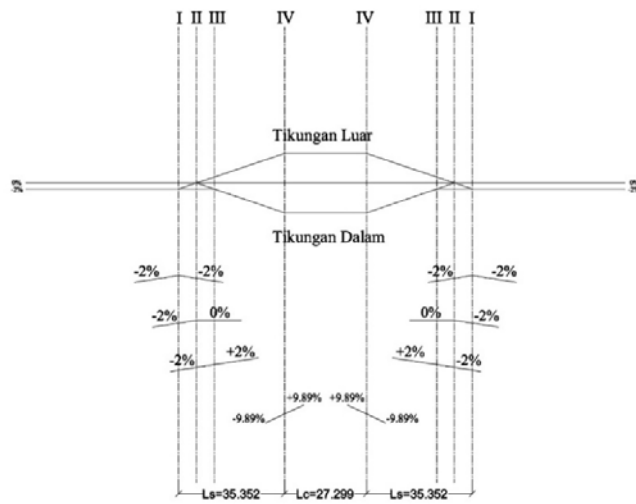
$$\begin{aligned}
k &= L_s - \frac{L_s^3}{40 R_c^2} - R_c \sin \theta_s \\
&= 35,352 - \frac{35,352^3}{40 \cdot 40^2} - 40 \sin 25,319 \\
&= 17,555 \text{ m} \\
T_s &= (R_c + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \\
&= (40 + 1,365) \tan \frac{1}{2} \cdot 89,741 + 17,555 \\
&= 58,734 \text{ m} \\
E_s &= (R_c + p) \sec \frac{1}{2} \Delta - R_c \\
&= (40 + 1,365) \sec \frac{1}{2} \cdot 89,741 - 40 \\
&= 18,367 \text{ m} \\
L_{\text{total}} &= L_c + 2 L_s \\
&= 27,299 + 2 \cdot (35,352) \\
&= 98,003 \text{ m}
\end{aligned}$$

Syarat Tikungan *Spiral Circle Spiral* adalah $L_{\text{total}} < 2 T_s$

Karena $L_{\text{total}} = 98,003 \text{ m} < 2 T_s = 117,467 \text{ m}$, maka tikungan jenis *Spiral-Circle-Spiral* dapat digunakan.



Gambar 4.3: Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* di Titik P6



Gambar 4.4: Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* di Titik P6

4.2.3 Tikungan di titik P13

Data dan klasifikasi desain:

$$\begin{aligned} \Delta_{13} &= 4,529^\circ & T &= 3 \text{ detik} \\ V_R &= 60 \text{ km/jam} & C &= 0,4 \text{ m/det}^3 \\ e_{\max} &= 10\% \\ e_{\text{normal}} &= 2\% \\ r_{e_{\max}} &= 0,035 \text{ m/m/det} \\ f_{\max} &= -0,00065V_R + 0,192 \\ &= -0,00065(60) + 0,192 \\ &= 0,153 \\ R_{\min} &= \frac{V_R^2}{127(e_{\max} + f_{\max})} \\ &= \frac{60^2}{127(0,1 + 0,153)} \\ &= 112,04 \text{ m} \end{aligned}$$

$$R_c = 115 \text{ m}$$

$$R_c > R_{\min}$$

$$115 \text{ m} > 112,04 \text{ m}$$

1) Penghitungan super elevasi desain

$$\begin{aligned} D_{\max} &= \frac{181913,53 (e_{\max} + f_{\max})}{V_r^2} \\ &= \frac{181913,53 (0,1 + 0,153)}{60^2} \\ &= 12,784^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_d &= \frac{1432,39}{R_c} \\ &= \frac{1432,39}{115} \\ &= 12,456^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e_d &= \frac{-e_{\max} \times D_d^2}{D_{\max}^2} + \frac{2 \times e_{\max} \times D_d}{D_{\max}} \\ &= \frac{-0,1 \times 12,456^2}{12,784^2} + \frac{2 \times 0,1 \times 12,456}{12,784} \\ &= 0,1 = 10\% \end{aligned}$$

Syarat Tikungan *Full Circle* adalah $e \leq 3\%$

Karena $e = 10\% > 3\%$ tidak memenuhi syarat tikungan jenis *Full Circle*.

Maka jenis tikungan yang digunakan adalah *Spiral-Circle-Spiral* atau *Spiral-Spiral*.

2) Penghitungan lengkung peralihan (L_s)

- a. Berdasarkan waktu tempuh maximum (3 detik) untuk melintasi lengkung peralihan:

$$\begin{aligned}
L_s &= \frac{V_R \cdot T}{3,6} \\
&= \frac{60,3}{3,6} \\
&= 50 \text{ m}
\end{aligned}$$

b. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal:

$$\begin{aligned}
L_s &= \frac{0,022 \cdot V_R^3}{R_c \cdot C} - \frac{2,727 \cdot V_R \cdot e}{C} \\
&= \frac{0,022 \cdot 60^3}{115 \cdot 0,4} - \frac{2,727 \cdot 60 \cdot 0,1}{0,4} \\
&= 62,426 \text{ m}
\end{aligned}$$

c. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian:

$$\begin{aligned}
L_s &= \frac{(e_{\text{maks}} - e_n)}{3,6 \times r_e} V_R \\
&= \frac{(0,1 - 0,02)}{3,6 \times 0,035} 60 \\
&= 38,095 \text{ m}
\end{aligned}$$

Dipakai nilai L_s yang terbesar yaitu 62,426 m. Digunakan $R_c = 115$ m dengan $e = 10\%$

d. Cek nilai p

$$\begin{aligned}
p &= \frac{L_s^2}{24 \cdot R_c} \\
&= \frac{62,426^2}{24 \cdot 115} \\
&= 1,412 \text{ m}
\end{aligned}$$

Jika nilai $p < 0,25$ m, maka lengkung peralihan tidak diperlukan sehingga tipe tikungan menjadi *Full Circle*. Nilai p yang di dapat adalah $1,412 \text{ m} > 0,25$ m, maka jenis tikungan bukan jenis *Full Circle*.

3) Perhitungan θ_s dan L_c

$$\begin{aligned}\theta_s &= \frac{90 L_s}{\pi R_c} \\ &= \frac{90.62,426}{\pi.115} \\ &= 15,551^\circ \\ L_c &= \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times \pi \times R_c \\ &= \frac{(4,529 - 2.15,551)}{180} \times \pi \times 115 \\ &= -53,336 \text{ m}\end{aligned}$$

Syarat Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* adalah $L_c \geq 20$ m.

Karena $L_c = -53,336 \text{ m} < 20$ m tidak memenuhi syarat tikungan jenis *Spiral-Circle-Spiral*. Maka jenis tikungan yang digunakan adalah *Spiral-Spiral*.

4) Perhitungan besaran-besaran tikungan

$$\begin{aligned}L_c &= 0 \\ \theta_s &= \frac{1}{2} \Delta \\ &= \frac{1}{2} (4,529) \\ &= 2,265^\circ \\ L_s &= \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R_c}{90} \\ &= \frac{2,265 \cdot \pi \cdot 115}{90} \\ &= 9,090 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 p &= \frac{L_s^2}{6R_c} - R_c(1 - \cos \theta_s) \\
 &= \frac{9,090^2}{6.115} - 115(1 - \cos 2,265) \\
 &= 0,030 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 k &= L_s - \frac{L_s^3}{40R_c^2} - R_c \sin \theta_s \\
 &= 9,090 - \frac{9,090^3}{40.115^2} - 115 \sin 2,265 \\
 &= 4,545 \text{ m}
 \end{aligned}$$

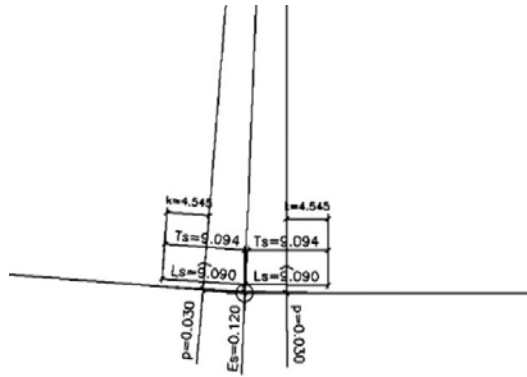
$$\begin{aligned}
 T_s &= (R_c + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \\
 &= (115 + 0,030) \tan \frac{1}{2} . 4,529 + 4,545 \\
 &= 9,094 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_s &= (R_c + p) \sec \frac{1}{2} \Delta - R_c \\
 &= (115 + 0,030) \sec \frac{1}{2} . 4,529 - 115 \\
 &= 0,120 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{\text{total}} &= 2 L_s \\
 &= 2 \times 9,090 \\
 &= 18,181 \text{ m}
 \end{aligned}$$

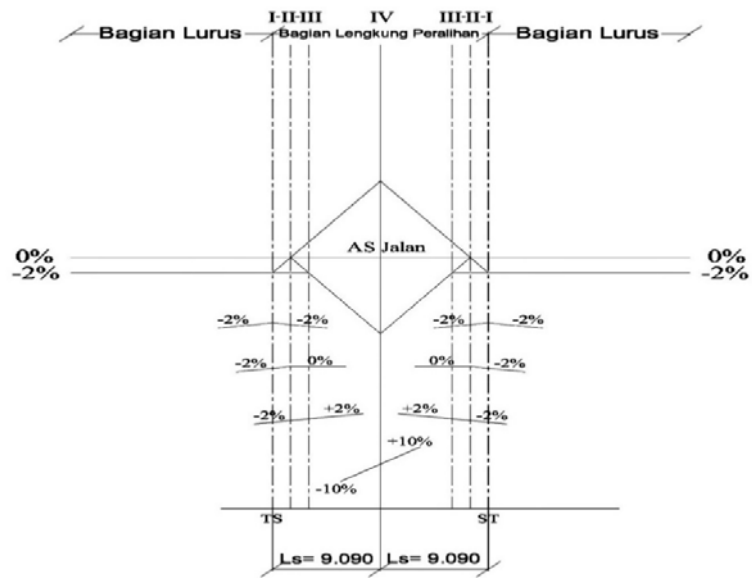
Syarat Tikungan *Spiral-Spiral* adalah $T_s > L_s$.

Karena $T_s = 9,094 \text{ m} > L_s = 9,090 \text{ m}$, maka tikungan jenis *Spiral-Spiral* dapat digunakan.



P13

Gambar 4.5: Tikungan *Spiral-Spiral* di Titik P13



Gambar 4.6: Diagram Superelevasi Tikungan *Spiral-Spiral* di Titik P13

4.2.4 Tikungan di titik P15

Data dan klasifikasi desain:

$$\Delta_{15} = 5,777^\circ$$

$$T = 3 \text{ detik}$$

$$V_R = 60 \text{ km/jam}$$

$$C = 0,4 \text{ m/det}^3$$

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

$$e_{\text{normal}} = 2\%$$

$$r_{\max} = 0,035 \text{ m/m/det}$$

$$\begin{aligned} f_{\max} &= -0.00065V_R + 0,192 \\ &= -0.00065(60) + 0,192 \\ &= 0,153 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{\min} &= \frac{V_R^2}{127(e_{\text{maks}} + f_{\text{maks}})} \\ &= \frac{60^2}{127(0,1 + 0,153)} \\ &= 112,04 \text{ m} \end{aligned}$$

$$R_c = 115 \text{ m}$$

$$R_c > R_{\min}$$

$$115\text{m} > 112,04 \text{ m}$$

1) Penghitungan super elevasi desain

$$\begin{aligned} D_{\max} &= \frac{181913,53 (e_{\max} + f_{\max})}{V_r^2} \\ &= \frac{181913,53 (0,1 + 0,153)}{60^2} \\ &= 12,784^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_d &= \frac{1432,39}{R_c} \\ &= \frac{1432,39}{115} \\ &= 12,456^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
e_d &= \frac{-e_{\max} \times Dd^2}{D_{\max}^2} + \frac{2 \times e_{\max} \times Dd}{D_{\max}} \\
&= \frac{-0,1 \times 12,456^2}{12,784^2} + \frac{2 \times 0,1 \times 12,456}{12,784} \\
&= 0,1 = 10\%
\end{aligned}$$

Syarat Tikungan *Full Circle* adalah $e \leq 3\%$

Karena $e = 10\% > 3\%$ tidak memenuhi syarat tikungan jenis *Full Circle*. Maka jenis tikungan yang digunakan adalah *Spiral-Circle-Spiral* atau *Spiral-Spiral*.

2) Penghitungan lengkung peralihan (L_s)

- a. Berdasarkan waktu tempuh maximum (3 detik) untuk melintasi lengkung peralihan:

$$\begin{aligned}
L_s &= \frac{V_R \cdot T}{3,6} \\
&= \frac{60 \cdot 3}{3,6} \\
&= 50 \text{ m}
\end{aligned}$$

- b. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal:

$$\begin{aligned}
L_s &= \frac{0,022 \cdot V_R^3}{R_c \cdot C} - \frac{2,727 \cdot V_R \cdot e}{C} \\
&= \frac{0,022 \cdot 60^3}{115 \cdot 0,4} - \frac{2,727 \cdot 60 \cdot 0,1}{0,4} \\
&= 62,426 \text{ m}
\end{aligned}$$

- c. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian:

$$\begin{aligned}
L_s &= \frac{(e_{\max} - e_n)}{3,6 \times r_c} V_R \\
&= \frac{(0,1 - 0,02)}{3,6 \times 0,035} 60 \\
&= 38,095 \text{ m}
\end{aligned}$$

Dipakai nilai L_s yang terbesar yaitu 62,426 m. Digunakan $R_c = 115$ m dengan $e = 10\%$

d. Cek nilai p

$$\begin{aligned} p &= \frac{L_s^2}{24.R_c} \\ &= \frac{62,426^2}{24 \cdot 115} \\ &= 1,412 \text{ m} \end{aligned}$$

Jika nilai $p < 0,25$ m, maka lengkung peralihan tidak diperlukan sehingga tipe tikungan menjadi *Full Circle*. Nilai p yang di dapat adalah $1,412 \text{ m} > 0,25$ m, maka jenis tikungan bukan jenis *Full Circle*.

3) Perhitungan θ_s dan L_c

$$\begin{aligned} \theta_s &= \frac{90 L_s}{\pi R_c} \\ &= \frac{90 \cdot 62,426}{\pi \cdot 115} \\ &= 15,551^\circ \\ L_c &= \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times \pi \times R_c \\ &= \frac{(5,777 - 2 \cdot 15,551)}{180} \times \pi \times 115 \\ &= -50,831 \text{ m} \end{aligned}$$

Syarat Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* adalah $L_c \geq 20$ m.

Karena $L_c = -50,831 \text{ m} < 20$ m tidak memenuhi syarat tikungan jenis *Spiral-Circle-Spiral*. Maka jenis tikungan yang digunakan adalah *Spiral-Spiral*.

4) Perhitungan besaran-besaran tikungan

$$L_c = 0$$

$$\begin{aligned}\theta_s &= \frac{1}{2} \Delta \\ &= \frac{1}{2} (5,777) \\ &= 2,889^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L_s &= \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R_c}{90} \\ &= \frac{2,889 \cdot \pi \cdot 115}{90} \\ &= 11,595 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}p &= \frac{L_s^2}{6R_c} - R_c(1 - \cos \theta_s) \\ &= \frac{11,595^2}{6 \cdot 115} - 115(1 - \cos 2,889) \\ &= 0,049 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}k &= L_s - \frac{L_s^3}{40 R_c^2} - R_c \sin \theta_s \\ &= 11,595 - \frac{11,595^3}{40 \cdot 115^2} - 115 \sin 2,889 \\ &= 5,797 \text{ m}\end{aligned}$$

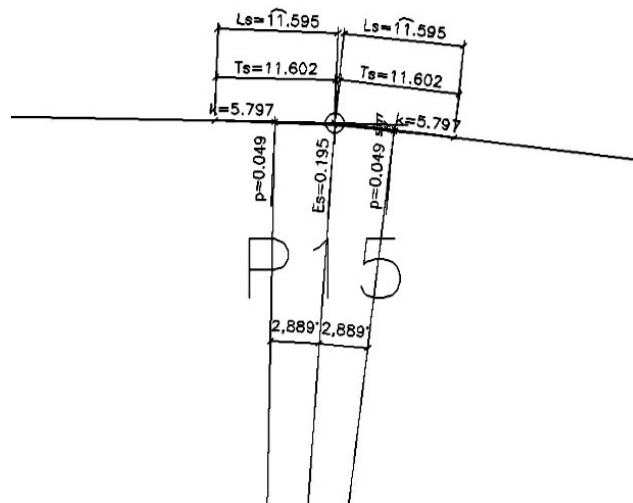
$$\begin{aligned}T_s &= (R_c + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \\ &= (115 + 0,049) \tan \frac{1}{2} \cdot 5,777 + 5,797 \\ &= 11,602 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}E_s &= (R_c + p) \sec \frac{1}{2} \Delta - R_c \\ &= (115 + 0,049) \sec \frac{1}{2} \cdot 5,777 - 115 \\ &= 0,195 \text{ m}\end{aligned}$$

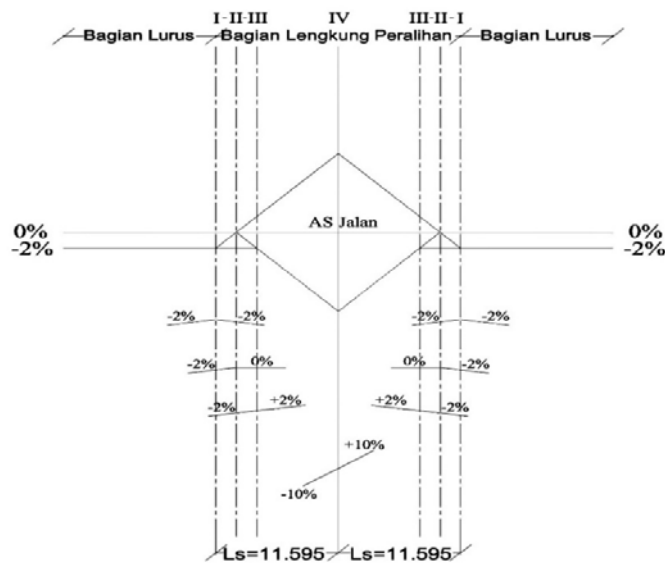
$$\begin{aligned}
 L_{\text{total}} &= 2 L_s \\
 &= 2 \times 11,595 \\
 &= 23,190 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Syarat Tikungan *Spiral-Spiral* adalah $T_s > L_s$.

Karena $T_s = 11,602 \text{ m} > L_s = 11,595 \text{ m}$, maka tikungan jenis *Spiral-Spiral* dapat digunakan.



Gambar 4.7: Tikungan *Spiral-Spiral* di Titik P15



Gambar 4.8: Diagram Superelevasi Tikungan *Spiral-Spiral* di Titik P15

4.2.5 Tikungan di titik P16

Data dan klasifikasi desain:

$$\begin{aligned}\Delta_{16} &= 2,649^\circ & T &= 3 \text{ detik} \\ V_R &= 60 \text{ km/jam} & C &= 0,4 \text{ m/det}^3\end{aligned}$$

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

$$e_{\text{normal}} = 2\%$$

$$r_{e_{\max}} = 0,035 \text{ m/m/det}$$

$$\begin{aligned}f_{\max} &= -0.00065V_R + 0,192 \\ &= -0.00065(60) + 0,192 \\ &= 0,153\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_{\min} &= \frac{V_R^2}{127(e_{\max} + f_{\max})} \\ &= \frac{60^2}{127(0,1 + 0,153)} \\ &= 112,04 \text{ m}\end{aligned}$$

$$R_c = 115 \text{ m}$$

$$R_c > R_{\min}$$

$$115\text{m} > 112,04 \text{ m}$$

1) Penghitungan super elevasi desain

$$\begin{aligned}D_{\max} &= \frac{181913,53 (e_{\max} + f_{\max})}{V_r^2} \\ &= \frac{181913,53 (0,1 + 0,153)}{60^2} \\ &= 12,784^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
D_d &= \frac{1432,39}{R_c} \\
&= \frac{1432,39}{115} \\
&= 12,456^\circ
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
e_d &= \frac{-e_{\max} \times D_d^2}{D_{\max}^2} + \frac{2 \times e_{\max} \times D_d}{D_{\max}} \\
&= \frac{-0,1 \times 12,456^2}{12,784^2} + \frac{2 \times 0,1 \times 12,456}{12,784} \\
&= 0,1 = 10\%
\end{aligned}$$

Syarat Tikungan *Full Circle* adalah $e \leq 3\%$

Karena $e = 10\% > 3\%$ tidak memenuhi syarat tikungan jenis *Full Circle*. Maka jenis tikungan yang digunakan adalah *Spiral-Circle-Spiral* atau *Spiral-Spiral*.

2) Penghitungan lengkung peralihan (L_s)

- a. Berdasarkan waktu tempuh maximum (3 detik) untuk melintasi lengkung peralihan:

$$\begin{aligned}
L_s &= \frac{V_R \cdot T}{3,6} \\
&= \frac{60,3}{3,6} \\
&= 50 \text{ m}
\end{aligned}$$

- b. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal:

$$\begin{aligned}
L_s &= \frac{0,022 \cdot V_R^3}{R_c \cdot C} - \frac{2,727 \cdot V_R \cdot e}{C} \\
&= \frac{0,022 \cdot 60^3}{115 \cdot 0,4} - \frac{2,727 \cdot 60 \cdot 0,1}{0,4} \\
&= 62,426 \text{ m}
\end{aligned}$$

c. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian:

$$\begin{aligned}L_s &= \frac{(e_{\text{maks}} - e_n)}{3,6 \times r_e} V_R \\&= \frac{(0,1 - 0,02)}{3,6 \times 0,035} 60 \\&= 38,095 \text{ m}\end{aligned}$$

Dipakai nilai L_s yang terbesar yaitu 62,426 m. Digunakan $R_c = 115$ m dengan $e = 10\%$

d. Cek nilai p

$$\begin{aligned}p &= \frac{L_s^2}{24 \cdot R_c} \\&= \frac{62,426^2}{24 \cdot 115} \\&= 1,412 \text{ m}\end{aligned}$$

Jika nilai $p < 0,25$ m, maka lengkung peralihan tidak diperlukan sehingga tipe tikungan menjadi *Full Circle*. Nilai p yang di dapat adalah $1,412 \text{ m} > 0,25$ m, maka jenis tikungan bukan jenis *Full Circle*.

3) Perhitungan θ_s dan L_c

$$\begin{aligned}\theta_s &= \frac{90 L_s}{\pi R_c} \\&= \frac{90 \cdot 62,426}{\pi \cdot 115} \\&= 15,551^\circ \\L_c &= \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times \pi \times R_c \\&= \frac{(2,649 - 2 \cdot 15,551)}{180} \times \pi \times 115 \\&= -57,110 \text{ m}\end{aligned}$$

Syarat Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* adalah $L_c \geq 20$ m.

Karena $L_c = -57,110$ m < 20 m tidak memenuhi syarat tikungan jenis *Spiral-Circle-Spiral*. Maka jenis tikungan yang digunakan adalah *Spiral-Spiral*.

4) Perhitungan besaran-besaran tikungan

$$L_c = 0$$

$$\begin{aligned}\theta_s &= \frac{1}{2} \Delta \\ &= \frac{1}{2} (2,649) \\ &= 1,325^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L_s &= \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R_c}{90} \\ &= \frac{1,325 \cdot \pi \cdot 115}{90} \\ &= 5,317 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}p &= \frac{L_s^2}{6R_c} - R_c(1 - \cos \theta_s) \\ &= \frac{5,317^2}{6 \cdot 115} - 115(1 - \cos 1,325) \\ &= 0,010 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}k &= L_s - \frac{L_s^3}{40R_c^2} - R_c \sin \theta_s \\ &= 5,317 - \frac{5,317^3}{40 \cdot 115^2} - 115 \sin 1,325 \\ &= 2,658 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_s &= (R_c + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \\ &= (115 + 0,010) \tan \frac{1}{2} \cdot 2,649 + 2,658 \\ &= 5,318 \text{ m}\end{aligned}$$

4.2.6 Tikungan di titik P17

Data dan klasifikasi desain:

$$\Delta_{17} = 16,020^\circ$$

$$V_R = 60 \text{ km/jam}$$

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

$$e_{\text{normal}} = 2\%$$

$$r_{e_{\max}} = 0,035 \text{ m/m/det}$$

$$\begin{aligned} f_{\max} &= -0,00065V_R + 0,192 \\ &= -0,00065(60) + 0,192 \\ &= 0,153 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{\min} &= \frac{V_R^2}{127(e_{\max} + f_{\max})} \\ &= \frac{60^2}{127(0,1 + 0,153)} \\ &= 112,04 \text{ m} \end{aligned}$$

$$R_c = 115 \text{ m}$$

$$R_c > R_{\min}$$

$$115\text{m} > 112,04 \text{ m}$$

1) Penghitungan super elevasi desain

$$\begin{aligned} D_{\max} &= \frac{181913,53 (e_{\max} + f_{\max})}{V_r^2} \\ &= \frac{181913,53 (0,1 + 0,153)}{60^2} \\ &= 12,784^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_d &= \frac{1432,39}{R_c} \\
 &= \frac{1432,39}{115} \\
 &= 12,456^\circ
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_d &= \frac{-e_{\max} \times D_d^2}{D_{\max}^2} + \frac{2 \times e_{\max} \times D_d}{D_{\max}} \\
 &= \frac{-0,1 \times 12,456^2}{12,784^2} + \frac{2 \times 0,1 \times 12,456}{12,784} \\
 &= 0,1 = 10\%
 \end{aligned}$$

Syarat Tikungan *Full Circle* adalah $e \leq 3\%$

Karena $e = 10\% > 3\%$ tidak memenuhi syarat tikungan jenis *Full Circle*. Maka jenis tikungan yang digunakan adalah *Spiral-Circle-Spiral* atau *Spiral-Spiral*.

2) Penghitungan lengkung peralihan (L_s)

1. Berdasarkan waktu tempuh maximum (3 detik) untuk melintasi lengkung peralihan:

$$\begin{aligned}
 L_s &= \frac{V_R \cdot T}{3,6} \\
 &= \frac{60,3}{3,6} \\
 &= 50 \text{ m}
 \end{aligned}$$

2. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal:

$$\begin{aligned}
 L_s &= \frac{0,022 \cdot V_R^3}{R_c \cdot C} - \frac{2,727 \cdot V_R \cdot e}{C} \\
 &= \frac{0,022 \cdot 60^3}{115 \cdot 0,4} - \frac{2,727 \cdot 60 \cdot 0,1}{0,4} \\
 &= 62,426 \text{ m}
 \end{aligned}$$

3. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian:

$$\begin{aligned}L_s &= \frac{(e_{\text{maks}} - e_n)}{3,6 \times r_e} V_R \\&= \frac{(0,1 - 0,02)}{3,6 \times 0,035} 60 \\&= 38,095 \text{ m}\end{aligned}$$

Dipakai nilai L_s yang terbesar yaitu 62,426 m. Digunakan $R_c = 115$ m dengan $e = 10\%$

4. Cek nilai p

$$\begin{aligned}p &= \frac{L_s^2}{24 \cdot R_c} \\&= \frac{62,426^2}{24 \cdot 115} \\&= 1,412 \text{ m}\end{aligned}$$

Jika nilai $p < 0,25$ m, maka lengkung peralihan tidak diperlukan sehingga tipe tikungan menjadi *Full Circle*. Nilai p yang di dapat adalah $1,412 \text{ m} > 0,25$ m, maka jenis tikungan bukan jenis *Full Circle*.

3) Perhitungan θ_s dan L_c

$$\begin{aligned}\theta_s &= \frac{90 L_s}{\pi R_c} \\&= \frac{90 \cdot 62,426}{\pi \cdot 115} \\&= 15,551^\circ \\L_c &= \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times \pi \times R_c \\&= \frac{(16,030 - 2 \cdot 15,551)}{180} \times \pi \times 115 \\&= -30,272 \text{ m}\end{aligned}$$

Syarat Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* adalah $L_c \geq 20$ m.

Karena $L_c = -30,272$ m < 20 m tidak memenuhi syarat tikungan jenis *Spiral-Circle-Spiral*. Maka jenis tikungan yang digunakan adalah *Spiral-Spiral*.

4) Perhitungan besaran-besaran tikungan

$$L_c = 0$$

$$\begin{aligned}\theta_s &= \frac{1}{2} \Delta \\ &= \frac{1}{2} (16,020) \\ &= 8,010^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L_s &= \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R_c}{90} \\ &= \frac{8,010 \cdot \pi \cdot 115}{90} \\ &= 32,154 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}p &= \frac{L_s^2}{6R_c} - R_c (1 - \cos \theta_s) \\ &= \frac{32,154^2}{6 \cdot 115} - 115 (1 - \cos 8,010) \\ &= 0,376 \text{ m}\end{aligned}$$

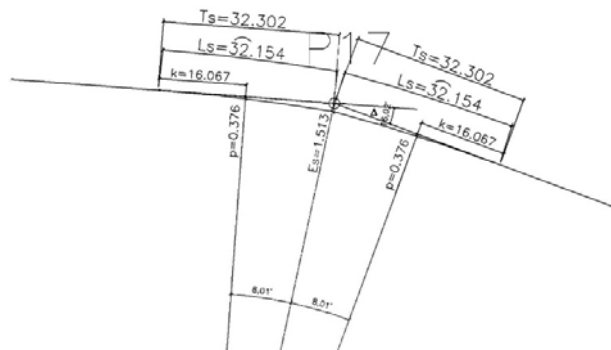
$$\begin{aligned}k &= L_s - \frac{L_s^3}{40 R_c^2} - R_c \sin \theta_s \\ &= 32,154 - \frac{32,154^3}{40 \cdot 115^2} - 115 \sin 8,010 \\ &= 16,067 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_s &= (R_c + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \\ &= (115 + 0,376) \tan \frac{1}{2} \cdot 16,020 + 16,067 \\ &= 32,302 \text{ m}\end{aligned}$$

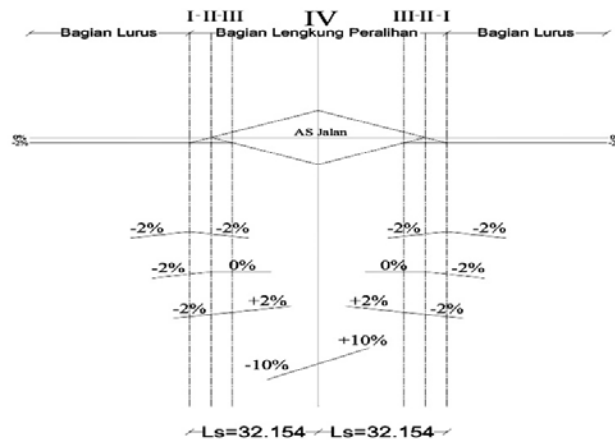
$$\begin{aligned}
 E_s &= (Rc + p) \sec \frac{1}{2} \Delta - Rc \\
 &= (115 + 0,376) \sec \frac{1}{2} \cdot 16,020 - 115 \\
 &= 1,513 \text{ m} \\
 L_{\text{total}} &= 2 L_s \\
 &= 2 \times 32,154 \\
 &= 64,308 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Syarat Tikungan *Spiral-Spiral* adalah $T_s > L_s$.

Karena $T_s = 32,302 \text{ m} > L_s = 32,154 \text{ m}$, maka tikungan jenis *Spiral-Spiral* dapat digunakan.



Gambar 4.11: Tikungan *Spiral-Spiral* di Titik P17



Gambar 4.12: Diagram Superelevasi Tikungan *Spiral-Spiral* di Titik P17

4.2.7 Tikungan di titik P18

Data dan klasifikasi desain:

$$\Delta_{17} = 13,725^\circ$$

$$V_R = 60 \text{ km/jam}$$

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

$$e_{\text{normal}} = 2\%$$

$$r_{e_{\max}} = 0,035 \text{ m/m/det}$$

$$\begin{aligned} f_{\max} &= -0,00065V_R + 0,192 \\ &= -0,00065(60) + 0,192 \\ &= 0,153 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{\min} &= \frac{V_R^2}{127(e_{\max} + f_{\max})} \\ &= \frac{60^2}{127(0,1 + 0,153)} \\ &= 112,04 \text{ m} \end{aligned}$$

$$R_c = 115 \text{ m}$$

$$R_c > R_{\min}$$

$$115\text{m} > 112,04 \text{ m}$$

1) Penghitungan super elevasi desain

$$\begin{aligned} D_{\max} &= \frac{181913,53 (e_{\max} + f_{\max})}{V_r^2} \\ &= \frac{181913,53 (0,1 + 0,153)}{60^2} \\ &= 12,784^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
D_d &= \frac{1432,39}{R_c} \\
&= \frac{1432,39}{115} \\
&= 12,456^\circ
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
e_d &= \frac{-e_{\max} \times D_d^2}{D_{\max}^2} + \frac{2 \times e_{\max} \times D_d}{D_{\max}} \\
&= \frac{-0,1 \times 12,456^2}{12,784^2} + \frac{2 \times 0,1 \times 12,456}{12,784} \\
&= 0,1 = 10\%
\end{aligned}$$

Syarat Tikungan *Full Circle* adalah $e \leq 3\%$

Karena $e = 10\% > 3\%$ tidak memenuhi syarat tikungan jenis *Full Circle*. Maka jenis tikungan yang digunakan adalah *Spiral-Circle-Spiral* atau *Spiral-Spiral*.

2) Penghitungan lengkung peralihan (L_s)

- a. Berdasarkan waktu tempuh maximum (3 detik) untuk melintasi lengkung peralihan:

$$\begin{aligned}
L_s &= \frac{V_R \cdot T}{3,6} \\
&= \frac{60,3}{3,6} \\
&= 50 \text{ m}
\end{aligned}$$

- b. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal:

$$\begin{aligned}
L_s &= \frac{0,022 \cdot V_R^3}{R_c \cdot C} - \frac{2,727 \cdot V_R \cdot e}{C} \\
&= \frac{0,022 \cdot 60^3}{115 \cdot 0,4} - \frac{2,727 \cdot 60 \cdot 0,1}{0,4} \\
&= 62,426 \text{ m}
\end{aligned}$$

c. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian:

$$\begin{aligned}L_s &= \frac{(e_{\text{maks}} - e_n)}{3,6 \times r_e} V_R \\&= \frac{(0,1 - 0,02)}{3,6 \times 0,035} 60 \\&= 38,095 \text{ m}\end{aligned}$$

Dipakai nilai L_s yang terbesar yaitu 62,426 m. Digunakan $R_c = 115$ m dengan $e = 10\%$

d. Cek nilai p

$$\begin{aligned}p &= \frac{L_s^2}{24 \cdot R_c} \\&= \frac{62,426^2}{24 \cdot 115} \\&= 1,412 \text{ m}\end{aligned}$$

Jika nilai $p < 0,25$ m, maka lengkung peralihan tidak diperlukan sehingga tipe tikungan menjadi *Full Circle*. Nilai p yang di dapat adalah $1,412 \text{ m} > 0,25$ m, maka jenis tikungan bukan jenis *Full Circle*.

3) Perhitungan θ_s dan L_c

$$\begin{aligned}\theta_s &= \frac{90 L_s}{\pi R_c} \\&= \frac{90 \cdot 62,426}{\pi \cdot 115} \\&= 15,551^\circ \\L_c &= \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times \pi \times R_c \\&= \frac{(13,725 - 2 \cdot 15,551)}{180} \times \pi \times 115 \\&= -34,879 \text{ m}\end{aligned}$$

Syarat Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* adalah $L_c \geq 20$ m.

Karena $L_c = -34,879$ m < 20 m tidak memenuhi syarat tikungan jenis *Spiral-Circle-Spiral*. Maka jenis tikungan yang digunakan adalah *Spiral-Spiral*.

4) Perhitungan besaran-besaran tikungan

$$L_c = 0$$

$$\begin{aligned}\theta_s &= \frac{1}{2} \Delta \\ &= \frac{1}{2} (13,725) \\ &= 6,863^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L_s &= \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R_c}{90} \\ &= \frac{6,863 \cdot \pi \cdot 115}{90} \\ &= 27,548 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}p &= \frac{L_s^2}{6R_c} - R_c(1 - \cos \theta_s) \\ &= \frac{27,548^2}{6 \cdot 115} - 115(1 - \cos 6,863) \\ &= 0,276 \text{ m}\end{aligned}$$

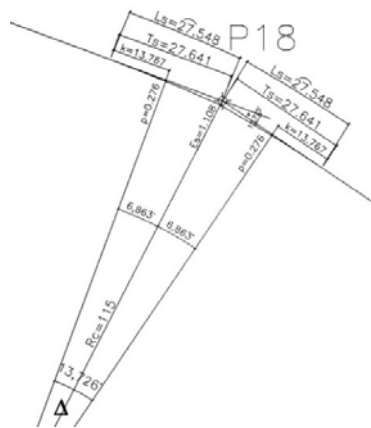
$$\begin{aligned}k &= L_s - \frac{L_s^3}{40 R_c^2} - R_c \sin \theta_s \\ &= 27,548 - \frac{27,548^3}{40 \cdot 115^2} - 115 \sin 6,863 \\ &= 13,767 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_s &= (R_c + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \\ &= (115 + 0,276) \tan \frac{1}{2} \cdot 13,725 + 13,767 \\ &= 27,641 \text{ m}\end{aligned}$$

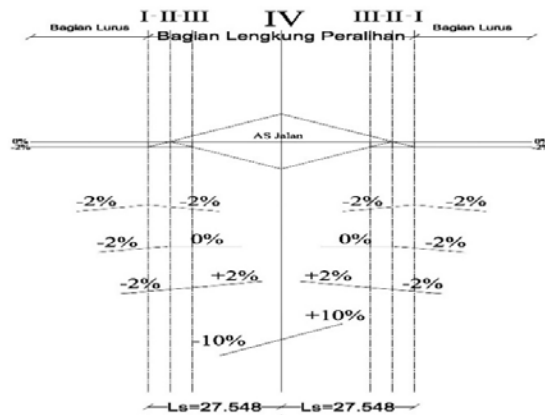
$$\begin{aligned}
 E_s &= (R_c + p) \sec \frac{1}{2} \Delta - R_c \\
 &= (115 + 0,276) \sec \frac{1}{2} \cdot 13,725 - 115 \\
 &= 1,108 \text{ m} \\
 L_{\text{total}} &= 2 L_s \\
 &= 2 \times 27,548 \\
 &= 55,096 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Syarat Tikungan *Spiral-Spiral* adalah $T_s > L_s$.

Karena $T_s = 27,641 \text{ m} > L_s = 27,548 \text{ m}$, maka tikungan jenis *Spiral-Spiral* dapat digunakan.



Gambar 4.13: Tikungan *Spiral-Spiral* di Titik P18



Gambar 4.14 Diagram Superelevasi Tikungan *Spiral-Spiral* di Titik P18

4.2.8 Tikungan di titik P20

Data dan klasifikasi desain:

$$\Delta_{20} = 55,602^\circ$$

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

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

$$e_{\text{normal}} = 2\%$$

$$r_{e_{\max}} = 0,035 \text{ m/m/det}$$

$$\begin{aligned} f_{\max} &= -0,00065V_R + 0,192 \\ &= -0,00065(60) + 0,192 \\ &= 0,166 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{\min} &= \frac{V_R^2}{127(e_{\max} + f_{\max})} \\ &= \frac{40^2}{127(0,1 + 0,166)} \\ &= 47,363 \text{ m} \end{aligned}$$

$$R_c = 50 \text{ m}$$

$$R_c > R_{\min}$$

$$50 > 47,363 \text{ m}$$

1) Penghitungan super elevasi desain

$$\begin{aligned} D_{\max} &= \frac{181913,53 (e_{\max} + f_{\max})}{V_R^2} \\ &= \frac{181913,53 (0,1 + 0,166)}{40^2} \\ &= 30,243^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
D_d &= \frac{1432,39}{R_c} \\
&= \frac{1432,39}{50} \\
&= 28,648^\circ \\
e_d &= \frac{-e_{\max} \times D_d^2}{D_{\max}^2} + \frac{2 \times e_{\max} \times D_d}{D_{\max}} \\
&= \frac{-0,1 \times 28,648^2}{30,243^2} + \frac{2 \times 0,1 \times 28,648}{30,243} \\
&= 0,1 = 10\%
\end{aligned}$$

Syarat Tikungan *Full Circle* adalah $e \leq 3\%$

Karena $e = 10\% > 3\%$ tidak memenuhi syarat tikungan jenis *Full Circle*. Maka jenis tikungan yang digunakan adalah *Spiral-Circle-Spiral* atau *Spiral-Spiral*.

2) Penghitungan lengkung peralihan (L_s)

- a. Berdasarkan waktu tempuh maximum (3 detik) untuk melintasi lengkung peralihan:

$$\begin{aligned}
L_s &= \frac{V_R \cdot T}{3,6} \\
&= \frac{40,3}{3,6} \\
&= 33,333 \text{ m}
\end{aligned}$$

- b. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal:

$$\begin{aligned}
L_s &= \frac{0,022 \cdot V_R^3}{R_c \cdot C} - \frac{2,727 \cdot V_R \cdot e}{C} \\
&= \frac{0,022 \cdot 40^3}{50 \cdot 0,4} - \frac{2,727 \cdot 40 \cdot 0,1}{0,4} \\
&= 43,206 \text{ m}
\end{aligned}$$

c. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian:

$$\begin{aligned}L_s &= \frac{(e_{\text{maks}} - e_n)}{3,6 \times r_e} V_R \\&= \frac{(0,1 - 0,02)}{3,6 \times 0,035} 40 \\&= 25,397 \text{ m}\end{aligned}$$

Dipakai nilai L_s yang terbesar yaitu 43,206 m. Digunakan $R_c = 50$ m dengan $e = 10\%$

d. Cek nilai p

$$\begin{aligned}p &= \frac{L_s^2}{24 \cdot R_c} \\&= \frac{43,206^2}{24 \cdot 50} \\&= 1,556 \text{ m}\end{aligned}$$

Jika nilai $p < 0,25$ m, maka lengkung peralihan tidak diperlukan sehingga tipe tikungan menjadi *Full Circle*. Nilai p yang di dapat adalah $1,556 \text{ m} > 0,25 \text{ m}$, maka jenis tikungan bukan jenis *Full Circle*.

3) Perhitungan θ_s dan L_c

$$\begin{aligned}\theta_s &= \frac{90 L_s}{\pi R_c} \\&= \frac{90 \cdot 43,206}{\pi \cdot 50} \\&= 24,755^\circ \\L_c &= \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times \pi \times R_c \\&= \frac{(55,602 - 2 \cdot 24,755)}{180} \times \pi \times 50 \\&= 5,316 \text{ m}\end{aligned}$$

Syarat Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* adalah $L_c \geq 20$ m.

Karena $L_c = 5,316$ m < 20 m tidak memenuhi syarat tikungan jenis *Spiral-Circle-Spiral*. Maka jenis tikungan yang digunakan adalah *Spiral-Spiral*.

4) Perhitungan besaran-besaran tikungan

$$L_c = 0$$

$$\begin{aligned}\theta_s &= \frac{1}{2} \Delta \\ &= \frac{1}{2} (55,602) \\ &= 27,801^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L_s &= \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R_c}{90} \\ &= \frac{27,801 \cdot \pi \cdot 50}{90} \\ &= 48,522 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}p &= \frac{L_s^2}{6R_c} - R_c(1 - \cos \theta_s) \\ &= \frac{48,522^2}{6 \cdot 50} - 50(1 - \cos 27,801) \\ &= 2,077 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}k &= L_s - \frac{L_s^3}{40 R_c^2} - R_c \sin \theta_s \\ &= 48,522 - \frac{48,522^3}{40 \cdot 50^2} - 50 \sin 27,801 \\ &= 24,059 \text{ m}\end{aligned}$$

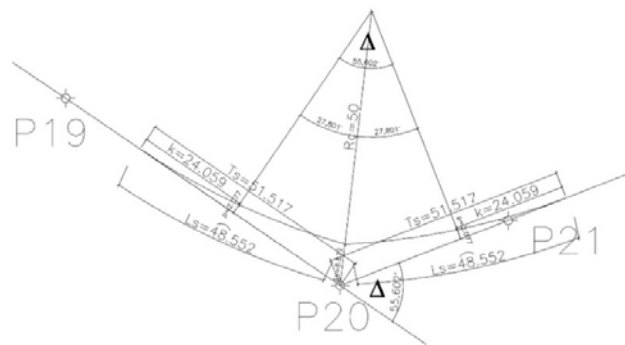
$$\begin{aligned}T_s &= (R_c + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \\ &= (50 + 2,077) \tan \frac{1}{2} \cdot 55,602 + 24,059 \\ &= 51,517 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_s &= (R_c + p) \sec \frac{1}{2} \Delta - R_c \\
 &= (50 + 2,077) \sec \frac{1}{2} \cdot 55,602 - 50 \\
 &= 8,872 \text{ m}
 \end{aligned}$$

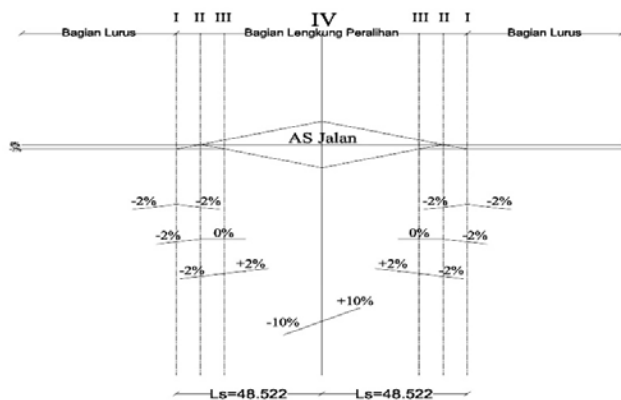
$$\begin{aligned}
 L_{\text{total}} &= 2 L_s \\
 &= 2 \times 48,522 \\
 &= 97,044 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Syarat Tikungan *Spiral-Spiral* adalah $T_s > L_s$.

Karena $T_s = 51,517 \text{ m} > L_s = 48,522 \text{ m}$, maka tikungan jenis *Spiral-Spiral* dapat digunakan.



Gambar 4.15: Tikungan *Spiral-Spiral* di Titik P20



Gambar 4.16 Diagram Superelevasi Tikungan *Spiral-Spiral* di Titik P20

4.2.9 Tikungan di titik P33

Data dan klasifikasi desain:

$$\begin{aligned}\Delta_{17} &= 3,987^\circ & T &= 3 \text{ detik} \\ V_R &= 60 \text{ km/jam} & C &= 0,4 \text{ m/det}^3\end{aligned}$$

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

$$e_{\text{normal}} = 2\%$$

$$r_{e_{\max}} = 0,035 \text{ m/m/det}$$

$$\begin{aligned}f_{\max} &= -0.00065V_R + 0,192 \\ &= -0.00065(60) + 0,192 \\ &= 0,153\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_{\min} &= \frac{V_R^2}{127(e_{\max} + f_{\max})} \\ &= \frac{60^2}{127(0,1 + 0,153)} \\ &= 112,04 \text{ m}\end{aligned}$$

$$R_c = 115 \text{ m}$$

$$R_c > R_{\min}$$

$$115\text{m} > 112,04 \text{ m}$$

1) Penghitungan super elevasi desain

$$\begin{aligned}D_{\max} &= \frac{181913,53 (e_{\max} + f_{\max})}{V_r^2} \\ &= \frac{181913,53 (0,1 + 0,153)}{60^2} \\ &= 12,784^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
D_d &= \frac{1432,39}{R_c} \\
&= \frac{1432,39}{115} \\
&= 12,456^\circ \\
e_d &= \frac{-e_{\max} \times D_d^2}{D_{\max}^2} + \frac{2 \times e_{\max} \times D_d}{D_{\max}} \\
&= \frac{-0,1 \times 12,456^2}{12,784^2} + \frac{2 \times 0,1 \times 12,456}{12,784} \\
&= 0,1 = 10\%
\end{aligned}$$

Syarat Tikungan *Full Circle* adalah $e \leq 3\%$

Karena $e = 10\% > 3\%$ tidak memenuhi syarat tikungan jenis *Full Circle*. Maka jenis tikungan yang digunakan adalah *Spiral-Circle-Spiral* atau *Spiral-Spiral*.

2) Penghitungan lengkung peralihan (L_s)

- a. Berdasarkan waktu tempuh maximum (3 detik) untuk melintasi lengkung peralihan:

$$\begin{aligned}
L_s &= \frac{V_R \cdot T}{3,6} \\
&= \frac{60,3}{3,6} \\
&= 50 \text{ m}
\end{aligned}$$

- b. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal:

$$\begin{aligned}
L_s &= \frac{0,022 \cdot V_R^3}{R_c \cdot C} - \frac{2,727 \cdot V_R \cdot e}{C} \\
&= \frac{0,022 \cdot 60^3}{115 \cdot 0,4} - \frac{2,727 \cdot 60 \cdot 0,1}{0,4} \\
&= 62,426 \text{ m}
\end{aligned}$$

c. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian:

$$\begin{aligned}L_s &= \frac{(e_{\text{maks}} - e_n)}{3,6 \times r_e} V_R \\&= \frac{(0,1 - 0,02)}{3,6 \times 0,035} 60 \\&= 38,095 \text{ m}\end{aligned}$$

Dipakai nilai L_s yang terbesar yaitu 62,426 m. Digunakan $R_c = 115$ m dengan $e = 10\%$

d. Cek nilai p

$$\begin{aligned}p &= \frac{L_s^2}{24 \cdot R_c} \\&= \frac{62,426^2}{24 \cdot 115} \\&= 1,412 \text{ m}\end{aligned}$$

Jika nilai $p < 0,25$ m, maka lengkung peralihan tidak diperlukan sehingga tipe tikungan menjadi *Full Circle*. Nilai p yang di dapat adalah $1,412 \text{ m} > 0,25$ m, maka jenis tikungan bukan jenis *Full Circle*.

2) Perhitungan θ_s dan L_c

$$\begin{aligned}\theta_s &= \frac{90 L_s}{\pi R_c} \\&= \frac{90 \cdot 62,426}{\pi \cdot 115} \\&= 15,551^\circ \\L_c &= \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times \pi \times R_c \\&= \frac{(3,987 - 2 \cdot 15,551)}{180} \times \pi \times 115 \\&= -54,424 \text{ m}\end{aligned}$$

Syarat Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* adalah $L_c \geq 20$ m.

Karena $L_c = -54,424$ m ≥ 20 m tidak memenuhi syarat tikungan jenis *Spiral-Circle-Spiral*. Maka jenis tikungan yang digunakan adalah *Spiral-Spiral*.

3) Perhitungan besaran-besaran tikungan

$$L_c = 0$$

$$\begin{aligned}\theta_s &= \frac{1}{2} \Delta \\ &= \frac{1}{2} (3,987) \\ &= 1,994^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L_s &= \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R_c}{90} \\ &= \frac{1,994 \cdot \pi \cdot 115}{90} \\ &= 8,002 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}p &= \frac{L_s^2}{6R_c} - R_c(1 - \cos \theta_s) \\ &= \frac{8,002^2}{6 \cdot 115} - 115(1 - \cos 1,994) \\ &= 0,023 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}k &= L_s - \frac{L_s^3}{40 R_c^2} - R_c \sin \theta_s \\ &= 8,002 - \frac{8,002^3}{40 \cdot 115^2} - 115 \sin 1,994 \\ &= 4,001 \text{ m}\end{aligned}$$

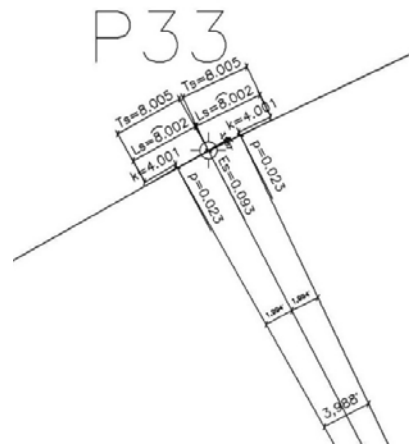
$$\begin{aligned}T_s &= (R_c + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \\ &= (115 + 0,023) \tan \frac{1}{2} \cdot 3,987 + 4,001 \\ &= 8,005 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Es &= (Rc + p) \sec \frac{1}{2} \Delta - Rc \\
 &= (115 + 0,023) \sec \frac{1}{2} \cdot 3,987 - 115 \\
 &= 0,093 \text{ m}
 \end{aligned}$$

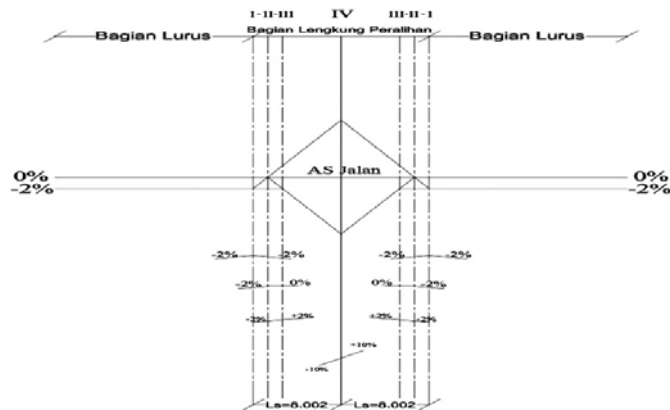
$$\begin{aligned}
 L_{total} &= 2 Ls \\
 &= 2 \times 8,002 \\
 &= 55,096 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Syarat Tikungan *Spiral-Spiral* adalah $Ts > Ls$.

Karena $Ts = 8,005 \text{ m} > Ls = 8,002 \text{ m}$, maka tikungan jenis *Spiral-Spiral* dapat digunakan.



Gambar 4.17: Tikungan *Spiral-Spiral* di Titik P33



Gambar 4.18: Tikungan *Spiral-Spiral* di Titik P33

4.3 Perhitungan Jarak Pandang

4.3.1 Jarak Pandang di Tikungan P1

Data yang harus diketahui sebelumnya :

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan rencana } (V_R) &= 60 \text{ km/jam} \\ f_p &= \text{dipakai } 0,35 \\ m &= \text{dipakai } 15 \text{ km/jam}\end{aligned}$$

a. Jarak Pandang Henti

$$\begin{aligned}J_h &= 0,694 V_R + 0,004 \frac{V_R^2}{f_p} \\ &= 0,694(60) + 0,004 \frac{60^2}{0,35} \\ &= 82,783 \text{ m}\end{aligned}$$

b. Jarak Pandang Mendahului

$$J_d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

$$\begin{aligned}a &= 2,052 + 0,0036 V_R \\ &= 2,052 + 0,0036 (60) \\ &= 2,268 \text{ m/det}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_1 &= 2,12 + 0,026 V_R \\ &= 2,12 + 0,026 (60) \\ &= 3,680 \text{ m/det}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_2 &= 6,56 + 0,048 V_R \\ &= 6,56 + 0,048 (60) \\ &= 9,440 \text{ m/det}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_1 &= 0,278 T_1 \left(V_R - m + \frac{a \cdot T_1}{2} \right) \\ &= 0,278 (3,680) \left(60 - 15 + \frac{2,268 \cdot (3,680)}{2} \right) \\ &= 50,306 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_2 &= 0,278 V_R T_2 \\
 &= 0,278 (60) (9,440) \\
 &= 157,459 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$d_3 = \text{dipakai } 30 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 d_4 &= \frac{2}{3} d_2 \\
 &= \frac{2}{3} (157,459) \\
 &= 104,973 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 J_d &= d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \\
 &= 50,306 + 157,459 + 30 + 104,973 \\
 &= 342,738 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Maka Jarak pandang henti yang diperlukan adalah sebesar 82,783 m dan jarak pandang mendahului yang diperlukan adalah sebesar 342,738 m.

4.3.2 Jarak Pandang di Tikungan P6

Data yang harus diketahui sebelumnya :

$$\begin{aligned}
 \text{Kecepatan rencana } (V_R) &= 35 \text{ km/jam} \\
 f_p &= \text{dipakai } 0,35 \\
 m &= \text{dipakai } 15 \text{ km/jam}
 \end{aligned}$$

a. Jarak Pandang Henti

$$\begin{aligned}
 J_h &= 0,694 V_R + 0,004 \frac{V_R^2}{f_p} \\
 &= 0,694 (35) + 0,004 \frac{35^2}{0,35} \\
 &= 38,290 \text{ m}
 \end{aligned}$$

b. Jarak Pandang Mendahului

$$J_d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

$$\begin{aligned} a &= 2,052 + 0,0036 V_R \\ &= 2,052 + 0,0036 (35) \\ &= 2,178 \text{ m/det}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_1 &= 2,12 + 0,026 V_R \\ &= 2,12 + 0,026 (35) \\ &= 3,030 \text{ m/det} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_2 &= 6,56 + 0,048 V_R \\ &= 6,56 + 0,048 (35) \\ &= 8,240 \text{ m/det} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_1 &= 0,278 T_1 \left(V_R - m + \frac{a \cdot T_1}{2} \right) \\ &= 0,278 (3,030) \left(35 - 15 + \frac{2,178 \cdot (3,030)}{2} \right) \\ &= 19,626 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_2 &= 0,278 V_R T_2 \\ &= 0,278 (35) (8,240) \\ &= 80,175 \text{ m} \end{aligned}$$

$$d_3 = \text{dipakai } 30 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} d_4 &= \frac{2}{3} d_2 \\ &= \frac{2}{3} (80,175) \\ &= 53,450 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
J_d &= d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \\
&= 19,626 + 80,175 + 30 + 53,450 \\
&= 183,252 \text{ m}
\end{aligned}$$

Maka Jarak pandang henti yang diperlukan adalah sebesar 38,290 m dan jarak pandang mendahului yang diperlukan adalah sebesar 183,252 m.

4.3.3 Jarak Pandang di Tikungan P13

Data yang harus diketahui sebelumnya :

$$\begin{aligned}
\text{Kecepatan rencana } (V_R) &= 60 \text{ km/jam} \\
f_p &= \text{dipakai } 0,35 \\
m &= \text{dipakai } 15 \text{ km/jam}
\end{aligned}$$

a. Jarak Pandang Henti

$$\begin{aligned}
J_h &= 0,694 V_R + 0,004 \frac{V_R^2}{f_p} \\
&= 0,694(60) + 0,004 \frac{60^2}{0,35} \\
&= 82,783 \text{ m}
\end{aligned}$$

b. Jarak Pandang Mendahului

$$\begin{aligned}
J_d &= d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \\
a &= 2,052 + 0,0036 V_R \\
&= 2,052 + 0,0036 (60) \\
&= 2,268 \text{ m/det}^2 \\
T_1 &= 2,12 + 0,026 V_R \\
&= 2,12 + 0,026 (60) \\
&= 3,680 \text{ m/det}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
T_2 &= 6,56 + 0,048 V_R \\
&= 6,56 + 0,048 (60) \\
&= 9,440 \text{ m/det} \\
d_1 &= 0,278 T_1 \left(V_R - m + \frac{a \cdot T_1}{2} \right) \\
&= 0,278 (3,680) \left(60 - 15 + \frac{2,268 \cdot (3,680)}{2} \right) \\
&= 50,306 \text{ m} \\
d_2 &= 0,278 V_R T_2 \\
&= 0,278 (60) (9,440) \\
&= 157,459 \text{ m} \\
d_3 &= \text{dipakai } 30 \text{ m} \\
d_4 &= \frac{2}{3} d_2 \\
&= \frac{2}{3} (157,459) \\
&= 104,973 \text{ m} \\
J_d &= d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \\
&= 50,306 + 157,459 + 30 + 104,973 \\
&= 342,738 \text{ m}
\end{aligned}$$

Maka Jarak pandang henti yang diperlukan adalah sebesar 82,783 m dan jarak pandang mendahului yang diperlukan adalah sebesar 342,738 m.

4.3.4 Jarak Pandang di Tikungan P15

Data yang harus diketahui sebelumnya :

$$\begin{aligned}
\text{Kecepatan rencana } (V_R) &= 60 \text{ km/jam} \\
f_p &= \text{dipakai } 0,35 \\
m &= \text{dipakai } 15 \text{ km/jam}
\end{aligned}$$

a. Jarak Pandang Henti

$$\begin{aligned} J_h &= 0,694 V_R + 0,004 \frac{V_R^2}{f_p} \\ &= 0,694(60) + 0,004 \frac{60^2}{0,35} \\ &= 82,783 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Jarak Pandang Mendahului

$$J_d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

$$\begin{aligned} a &= 2,052 + 0,0036 V_R \\ &= 2,052 + 0,0036 (60) \\ &= 2,268 \text{ m/det}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_1 &= 2,12 + 0,026 V_R \\ &= 2,12 + 0,026 (60) \\ &= 3,680 \text{ m/det} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_2 &= 6,56 + 0,048 V_R \\ &= 6,56 + 0,048 (60) \\ &= 9,440 \text{ m/det} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_1 &= 0,278 T_1 \left(V_R - m + \frac{a \cdot T_1}{2} \right) \\ &= 0,278 (3,680) \left(60 - 15 + \frac{2,268 \cdot (3,680)}{2} \right) \\ &= 50,306 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_2 &= 0,278 V_R T_2 \\ &= 0,278 (60) (9,440) \\ &= 157,459 \text{ m} \end{aligned}$$

$$d_3 = \text{dipakai } 30 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 d_4 &= \frac{2}{3} d_2 \\
 &= \frac{2}{3} (157,459) \\
 &= 104,973 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 J_d &= d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \\
 &= 50,306 + 157,459 + 30 + 104,973 \\
 &= 342,738 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Maka Jarak pandang henti yang diperlukan adalah sebesar 82,783 m dan jarak pandang mendahului yang diperlukan adalah sebesar 342,738 m.

4.3.5 Jarak Pandang di Tikungan P16

Data yang harus diketahui sebelumnya :

$$\begin{aligned}
 \text{Kecepatan rencana } (V_R) &= 60 \text{ km/jam} \\
 f_p &= \text{dipakai } 0,35 \\
 m &= \text{dipakai } 15 \text{ km/jam}
 \end{aligned}$$

c. Jarak Pandang Henti

$$\begin{aligned}
 J_h &= 0,694 V_R + 0,004 \frac{V_R^2}{f_p} \\
 &= 0,694(60) + 0,004 \frac{60^2}{0,35} \\
 &= 82,783 \text{ m}
 \end{aligned}$$

d. Jarak Pandang Mendahului

$$\begin{aligned}
 J_d &= d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \\
 a &= 2,052 + 0,0036 V_R \\
 &= 2,052 + 0,0036 (60) \\
 &= 2,268 \text{ m/det}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
T_1 &= 2,12 + 0,026 V_R \\
&= 2,12 + 0,026 (60) \\
&= 3,680 \text{ m/det} \\
T_2 &= 6,56 + 0,048 V_R \\
&= 6,56 + 0,048 (60) \\
&= 9,440 \text{ m/det} \\
d_1 &= 0,278 T_1 \left(V_R - m + \frac{a \cdot T_1}{2} \right) \\
&= 0,278 (3,680) \left(60 - 15 + \frac{2,268 \cdot (3,680)}{2} \right) \\
&= 50,306 \text{ m} \\
d_2 &= 0,278 V_R T_2 \\
&= 0,278 (60) (9,440) \\
&= 157,459 \text{ m} \\
d_3 &= \text{dipakai } 30 \text{ m} \\
d_4 &= \frac{2}{3} d_2 \\
&= \frac{2}{3} (157,459) \\
&= 104,973 \text{ m} \\
J_d &= d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \\
&= 50,306 + 157,459 + 30 + 104,973 \\
&= 342,738 \text{ m}
\end{aligned}$$

Maka Jarak pandang henti yang diperlukan adalah sebesar 82,783 m dan jarak pandang mendahului yang diperlukan adalah sebesar 342,738 m.

4.3.6 Jarak Pandang di Tikungan P17

Data yang harus diketahui sebelumnya :

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan rencana } (V_R) &= 60 \text{ km/jam} \\ f_p &= \text{dipakai } 0,35 \\ m &= \text{dipakai } 15 \text{ km/jam}\end{aligned}$$

a. Jarak Pandang Henti

$$\begin{aligned}J_h &= 0,694 V_R + 0,004 \frac{V_R^2}{f_p} \\ &= 0,694 (60) + 0,004 \frac{60^2}{0,35} \\ &= 82,783 \text{ m}\end{aligned}$$

b. Jarak Pandang Mendahului

$$J_d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

$$\begin{aligned}a &= 2,052 + 0,0036 V_R \\ &= 2,052 + 0,0036 (60) \\ &= 2,268 \text{ m/det}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_1 &= 2,12 + 0,026 V_R \\ &= 2,12 + 0,026 (60) \\ &= 3,680 \text{ m/det}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_2 &= 6,56 + 0,048 V_R \\ &= 6,56 + 0,048 (60) \\ &= 9,440 \text{ m/det}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_1 &= 0,278 T_1 \left(V_R - m + \frac{a \cdot T_1}{2} \right) \\ &= 0,278 (3,680) \left(60 - 15 + \frac{2,268 \cdot (3,680)}{2} \right) \\ &= 50,306 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_2 &= 0,278 V_R T_2 \\
&= 0,278 (60) (9,440) \\
&= 157,459 \text{ m} \\
d_3 &= \text{dipakai } 30 \text{ m} \\
d_4 &= \frac{2}{3} d_2 \\
&= \frac{2}{3} (157,459) \\
&= 104,973 \text{ m} \\
J_d &= d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \\
&= 50,306 + 157,459 + 30 + 104,973 \\
&= 342,738 \text{ m}
\end{aligned}$$

Maka Jarak pandang henti yang diperlukan adalah sebesar 82,783 m dan jarak pandang mendahului yang diperlukan adalah sebesar 342,738 m.

4.3.7 Jarak Pandang di Tikungan P18

Data yang harus diketahui sebelumnya :

$$\begin{aligned}
\text{Kecepatan rencana } (V_R) &= 60 \text{ km/jam} \\
f_p &= \text{dipakai } 0,35 \\
m &= \text{dipakai } 15 \text{ km/jam}
\end{aligned}$$

a. Jarak Pandang Henti

$$\begin{aligned}
J_h &= 0,694 V_R + 0,004 \frac{V_R^2}{f_p} \\
&= 0,694 (60) + 0,004 \frac{60^2}{0,35} \\
&= 82,783 \text{ m}
\end{aligned}$$

b. Jarak Pandang Mendahului

$$J_d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

$$\begin{aligned} a &= 2,052 + 0,0036 V_R \\ &= 2,052 + 0,0036 (60) \\ &= 2,268 \text{ m/det}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_1 &= 2,12 + 0,026 V_R \\ &= 2,12 + 0,026 (60) \\ &= 3,680 \text{ m/det} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_2 &= 6,56 + 0,048 V_R \\ &= 6,56 + 0,048 (60) \\ &= 9,440 \text{ m/det} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_1 &= 0,278 T_1 \left(V_R - m + \frac{a \cdot T_1}{2} \right) \\ &= 0,278 (3,680) \left(60 - 15 + \frac{2,268 \cdot (3,680)}{2} \right) \\ &= 50,306 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_2 &= 0,278 V_R T_2 \\ &= 0,278 (60) (9,440) \\ &= 157,459 \text{ m} \end{aligned}$$

$$d_3 = \text{dipakai } 30 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} d_4 &= \frac{2}{3} d_2 \\ &= \frac{2}{3} (157,459) \\ &= 104,973 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
J_d &= d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \\
&= 50,306 + 157,459 + 30 + 104,973 \\
&= 342,738 \text{ m}
\end{aligned}$$

Maka Jarak pandang henti yang diperlukan adalah sebesar 82,783 m dan jarak pandang mendahului yang diperlukan adalah sebesar 342,738 m.

4.3.8 Jarak Pandang di Tikungan P20

Data yang harus diketahui sebelumnya :

$$\begin{aligned}
\text{Kecepatan rencana } (V_R) &= 40 \text{ km/jam} \\
f_p &= \text{dipakai } 0,35 \\
m &= \text{dipakai } 15 \text{ km/jam}
\end{aligned}$$

a. Jarak Pandang Henti

$$\begin{aligned}
J_h &= 0,694 V_R + 0,004 \frac{V_R^2}{f_p} \\
&= 0,694 (40) + 0,004 \frac{40^2}{0,35} \\
&= 46,046 \text{ m}
\end{aligned}$$

b. Jarak Pandang Mendahului

$$\begin{aligned}
J_d &= d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \\
a &= 2,052 + 0,0036 V_R \\
&= 2,052 + 0,0036 (40) \\
&= 2,196 \text{ m/det}^2 \\
T_1 &= 2,12 + 0,026 V_R \\
&= 2,12 + 0,026 (40) \\
&= 3,160 \text{ m/det}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
T_2 &= 6,56 + 0,048 V_R \\
&= 6,56 + 0,048 (40) \\
&= 4,480 \text{ m/det} \\
d_1 &= 0,278 T_1 \left(V_R - m + \frac{a \cdot T_1}{2} \right) \\
&= 0,278 (3,160) \left(40 - 15 + \frac{2,196 \cdot (3,160)}{2} \right) \\
&= 25,010 \text{ m} \\
d_2 &= 0,278 V_R T_2 \\
&= 0,278 (40) (4,480) \\
&= 94,298 \text{ m} \\
d_3 &= \text{dipakai } 30 \text{ m} \\
d_4 &= \frac{2}{3} d_2 \\
&= \frac{2}{3} (94,298) \\
&= 62,865 \text{ m} \\
J_d &= d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \\
&= 25,010 + 94,298 + 30 + 62,865 \\
&= 212,172 \text{ m}
\end{aligned}$$

Maka Jarak pandang henti yang diperlukan adalah sebesar 46,046 m dan jarak pandang mendahului yang diperlukan adalah sebesar 212,172 m.

4.3.9 Jarak Pandang di Tikungan P33

Data yang harus diketahui sebelumnya :

$$\begin{aligned}
\text{Kecepatan rencana } (V_R) &= 60 \text{ km/jam} \\
f_p &= \text{dipakai } 0,35 \\
m &= \text{dipakai } 15 \text{ km/jam}
\end{aligned}$$

a. Jarak Pandang Henti

$$\begin{aligned} J_h &= 0,694 V_R + 0,004 \frac{V_R^2}{f_p} \\ &= 0,694(60) + 0,004 \frac{60^2}{0,35} \\ &= 82,783 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Jarak Pandang Mendahului

$$J_d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

$$\begin{aligned} a &= 2,052 + 0,0036 V_R \\ &= 2,052 + 0,0036(60) \\ &= 2,268 \text{ m/det}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_1 &= 2,12 + 0,026 V_R \\ &= 2,12 + 0,026(60) \\ &= 3,680 \text{ m/det} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_2 &= 6,56 + 0,048 V_R \\ &= 6,56 + 0,048(60) \\ &= 9,440 \text{ m/det} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_1 &= 0,278 T_1 \left(V_R - m + \frac{a \cdot T_1}{2} \right) \\ &= 0,278 (3,680) \left(60 - 15 + \frac{2,268 \cdot (3,680)}{2} \right) \\ &= 50,306 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_2 &= 0,278 V_R T_2 \\ &= 0,278 (60) (9,440) \\ &= 157,459 \text{ m} \end{aligned}$$

$$d_3 = \text{dipakai } 30 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 d_4 &= \frac{2}{3} d_2 \\
 &= \frac{2}{3} (157,459) \\
 &= 104,973 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 J_d &= d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \\
 &= 50,306 + 157,459 + 30 + 104,973 \\
 &= 342,738 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Maka Jarak pandang henti yang diperlukan adalah sebesar 82,783 m dan jarak pandang mendahului yang diperlukan adalah sebesar 342,738 m.

4.4 Perhitungan Daerah Bebas Samping

4.4.1 Daerah Bebas Samping di Tikungan P1

Data-data yang diketahui:

$$\begin{aligned}
 R_c &= 115 \text{ m} \\
 \text{Lebar Jalan (W)} &= 9 \text{ m} \\
 L_{\text{total}} (L_t) &= 138,576 \text{ m} \\
 J_h &= 82,783 \text{ m} \\
 R' &= R_c - \frac{1}{2} W \\
 &= 115 - \frac{1}{2} (9) \\
 &= 110,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Disimpulkan bahwa :

$$J_h < L_t$$

Maka:

$$E = R' \left\{ 1 - \cos \left(\frac{90^\circ J_h}{\pi R'} \right) \right\}$$

$$= 110,5 \left\{ 1 - \cos \left(\frac{90 (82,783)}{\pi (110,5)} \right) \right\}$$

$$= 7,662 \text{ m}$$

Daerah bebas samping berdasarkan jarak pandang henti adalah sebesar 7,662 m.

4.4.2 Daerah Bebas Samping di Tikungan P6

Data-data yang diketahui:

$$\begin{aligned} R_c &= 40 \text{ m} \\ \text{Lebar Jalan (W)} &= 7 \text{ m} \\ L_{\text{total}} (L_t) &= 117,467 \text{ m} \\ J_h &= 38,290 \text{ m} \\ R' &= R_c - \frac{1}{2} W \\ &= 40 - \frac{1}{2} (7) \\ &= 36,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Disimpulkan bahwa :

$$J_h < L_t$$

Maka:

$$\begin{aligned} E &= R' \left\{ 1 - \cos \left(\frac{90^\circ J_h}{\pi R'} \right) \right\} \\ &= 36,5 \left\{ 1 - \cos \left(\frac{90 (38,290)}{\pi (36,5)} \right) \right\} \\ &= 4,907 \text{ m} \end{aligned}$$

Daerah bebas samping berdasarkan jarak pandang henti adalah sebesar 4,907 m.

4.4.3 Daerah Bebas Samping di Tikungan P13

Data-data yang diketahui:

$$\begin{aligned}R_c &= 115 \text{ m} \\ \text{Lebar Jalan (W)} &= 7 \text{ m} \\ L_{\text{total}} (L_t) &= 18,181 \text{ m} \\ J_h &= 82,783 \text{ m} \\ R' &= R_c - \frac{1}{2} W \\ &= 115 - \frac{1}{2} (7) \\ &= 111,5 \text{ m}\end{aligned}$$

Disimpulkan bahwa :

$$J_h > L_t$$

Maka:

$$\begin{aligned}E &= R' \left(1 - \cos\left(\frac{90^\circ J_h}{\pi R'}\right)\right) + \frac{1}{2} (J_h - L_t) \sin\left(\frac{90^\circ J_h}{\pi R'}\right) \\ &= 111,5 \times \left(1 - \cos\left(\frac{90 (82,783)}{\pi (111,5)}\right)\right) + \frac{1}{2} (82,783 - 18,181) \sin\left(\frac{90 (82,783)}{\pi (111,5)}\right) \\ &= 19,312 \text{ m}\end{aligned}$$

Daerah bebas samping berdasarkan jarak pandang henti adalah sebesar 19,312 m

4.4.4 Daerah Bebas Samping di Tikungan P15

Data-data yang diketahui:

$$\begin{aligned}R_c &= 115 \text{ m} \\ \text{Lebar Jalan (W)} &= 7 \text{ m} \\ L_{\text{total}} (L_t) &= 23,190 \text{ m} \\ J_h &= 82,783 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
R' &= R_c - \frac{1}{2} W \\
&= 115 - \frac{1}{2} (7) \\
&= 111,5 \text{ m}
\end{aligned}$$

Disimpulkan bahwa :

$$J_h > L_t$$

Maka:

$$\begin{aligned}
E &= R' \left(1 - \cos\left(\frac{90^\circ J_h}{\pi R'}\right)\right) + \frac{1}{2} (J_h - L_t) \sin\left(\frac{90^\circ J_h}{\pi R'}\right) \\
&= 111,5 \times \left(1 - \cos\left(\frac{90 (82,783)}{\pi (111,5)}\right)\right) + \frac{1}{2} (82,783 - 23,190) \sin\left(\frac{90 (82,783)}{\pi (111,5)}\right) \\
&= 18,404 \text{ m}
\end{aligned}$$

Daerah bebas samping berdasarkan jarak pandang henti adalah sebesar 18,404 m.

4.4.5 Daerah Bebas Samping di Tikungan P16

Data-data yang diketahui:

$$\begin{aligned}
R_c &= 115 \text{ m} \\
\text{Lebar Jalan (W)} &= 7 \text{ m} \\
L_{\text{total}} (L_t) &= 10,634 \text{ m} \\
J_h &= 82,783 \text{ m} \\
R' &= R_c - \frac{1}{2} W \\
&= 115 - \frac{1}{2} (7) \\
&= 111,5 \text{ m}
\end{aligned}$$

Disimpulkan bahwa :

$$J_h > L_t$$

Maka:

$$\begin{aligned} E &= R' \left(1 - \cos\left(\frac{90^\circ J_h}{\pi R'}\right)\right) + \frac{1}{2} (J_h - L_t) \sin\left(\frac{90^\circ J_h}{\pi R'}\right) \\ &= 111,5 \times \left(1 - \cos\left(\frac{90 (82,783)}{\pi (111,5)}\right)\right) + \frac{1}{2} (82,783 - 10,634) \sin\left(\frac{90 (82,783)}{\pi (111,5)}\right) \\ &= 20,681 \text{ m} \end{aligned}$$

Daerah bebas samping berdasarkan jarak pandang henti adalah sebesar 20,681 m.

4.4.6 Daerah Bebas Samping di Tikungan P17

Data-data yang diketahui:

$$\begin{aligned} R_c &= 115 \text{ m} \\ \text{Lebar Jalan (W)} &= 7 \text{ m} \\ L_{\text{total}} (L_t) &= 64,308 \text{ m} \\ J_h &= 82,783 \text{ m} \\ R' &= R_c - \frac{1}{2} W \\ &= 115 - \frac{1}{2} (7) \\ &= 111,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Disimpulkan bahwa :

$$J_h > L_t$$

Maka:

$$\begin{aligned} E &= R' \left(1 - \cos\left(\frac{90^\circ J_h}{\pi R'}\right)\right) + \frac{1}{2} (J_h - L_t) \sin\left(\frac{90^\circ J_h}{\pi R'}\right) \\ &= 111,5 \times \left(1 - \cos\left(\frac{90 (82,783)}{\pi (111,5)}\right)\right) + \frac{1}{2} (82,783 - 64,308) \sin\left(\frac{90 (82,783)}{\pi (111,5)}\right) \\ &= 10,946 \text{ m} \end{aligned}$$

Daerah bebas samping berdasarkan jarak pandang henti adalah sebesar 10,946 m.

4.4.7 Daerah Bebas Samping di Tikungan P18

Data-data yang diketahui:

$$\begin{aligned}R_c &= 115 \text{ m} \\ \text{Lebar Jalan (W)} &= 5 \text{ m} \\ L_{\text{total}} (L_t) &= 55,096 \text{ m} \\ J_h &= 82,783 \text{ m} \\ R' &= R_c - \frac{1}{2} W \\ &= 115 - \frac{1}{2} (5) \\ &= 112,5 \text{ m}\end{aligned}$$

Disimpulkan bahwa :

$$J_h > L_t$$

Maka:

$$\begin{aligned}E &= R' \left(1 - \cos\left(\frac{90^\circ J_h}{\pi R'}\right)\right) + \frac{1}{2} (J_h - L_t) \sin\left(\frac{90^\circ J_h}{\pi R'}\right) \\ &= 112,5 \times \left(1 - \cos\left(\frac{90 (82,783)}{\pi (112,5)}\right)\right) + \frac{1}{2} (82,783 - 55,096) \sin\left(\frac{90 (82,783)}{\pi (112,5)}\right) \\ &= 12,508 \text{ m}\end{aligned}$$

Daerah bebas samping berdasarkan jarak pandang henti adalah sebesar 12,508 m.

4.4.8 Daerah Bebas Samping di Tikungan P20

Data-data yang diketahui:

$$\begin{aligned}R_c &= 50 \text{ m} \\ \text{Lebar Jalan (W)} &= 5 \text{ m} \\ L_{\text{total}} (L_t) &= 97,044 \text{ m} \\ J_h &= 46,046 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
R' &= R_c - \frac{1}{2} W \\
&= 50 - \frac{1}{2} (5) \\
&= 47,5 \text{ m}
\end{aligned}$$

Disimpulkan bahwa :

$$J_h < L_t$$

Maka:

$$\begin{aligned}
E &= R' \left\{ 1 - \cos \left(\frac{90^\circ J_h}{\pi R'} \right) \right\} \\
&= 47,5 \left\{ 1 - \cos \left(\frac{90 (46,046)}{\pi (47,5)} \right) \right\} \\
&= 5,471 \text{ m}
\end{aligned}$$

Daerah bebas samping berdasarkan jarak pandang henti adalah sebesar 5,471 m.

4.4.9 Daerah Bebas Samping di Tikungan P33

Data-data yang diketahui:

$$\begin{aligned}
R_c &= 115 \text{ m} \\
\text{Lebar Jalan (W)} &= 5 \text{ m} \\
L_{\text{total}} (L_t) &= 16,005 \text{ m} \\
J_h &= 82,783 \text{ m} \\
R' &= R_c - \frac{1}{2} W \\
&= 115 - \frac{1}{2} (5) \\
&= 112,5 \text{ m}
\end{aligned}$$

Disimpulkan bahwa :

$$J_h > L_t$$

Maka:

$$\begin{aligned}
 E &= R \left(1 - \cos\left(\frac{90^\circ Jh}{\pi R}\right)\right) + \frac{1}{2} (Jh - Lt) \sin\left(\frac{90^\circ Jh}{\pi R}\right) \\
 &= 111,5 \times \left(1 - \cos\left(\frac{90 (82,783)}{\pi (111,5)}\right)\right) + \frac{1}{2} (82,783 - 16,005) \sin\left(\frac{90 (82,783)}{\pi (111,5)}\right) \\
 &= 19,538 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Daerah bebas samping berdasarkan jarak pandang henti adalah sebesar 19,538 m.

4.5 Rekapitulasi Perhitungan

Tabel 4.1: Rekapitulasi hasil perhitungan tikungan

No	Perhitungan	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
1	Δ (°)	34,521	89,741	4,529	5,777	2,649	16,020	13,725	55,602	3,987
2	Vr (km/jam)	60	35	60	60	60	60	60	40	60
3	f maks	0,153	0,169	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153	0,166	0,153
4	re maks	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035
4	R min (m)	112,041	35,824	112,041	112,041	112,041	112,041	112,041	47,363	112,041
5	Rc (m)	115	40	115	115	115	115	115	50	115
6	D maks (°)	12,784	39,984	12,784	12,784	12,784	12,784	12,784	30,243	12,784
Coba FC Cara 1										
8	a). Dd (°)	12,456	35,810	12,456	12,456	12,456	12,456	12,456	28,648	12,456
	b). ed (%)	10	9,89	10	10	10	10	10	10	10
	Check Jenis Tikungan FC	Bukan FC	Bukan FC	Bukan FC	Bukan FC	Bukan FC	Bukan FC	Bukan FC	Bukan FC	Bukan FC
Coba FC Cara 2										
9	a). LS1 (m)	50	29,167	50	50	50	50	50	33,333	50
	b). LS2 (m)	62,426	35,352	62,426	62,426	62,426	62,426	62,426	43,206	62,426
	c). LS3 (m)	38,095	22,222	38,095	38,095	38,095	38,095	38,095	25,397	38,095
	d). LS Terpakai (m)	62,426	35,352	62,426	62,426	62,426	62,426	62,426	43,206	62,426
10	P Check	1,412	1,302	1,412	1,412	1,412	1,412	1,412	1,556	1,412
Jika Bukan F-C										
11	a). Θ_s (°)	15,551	25,319	15,551	15,551	15,551	15,551	15,551	24,755	15,551
	b). Lc (m)	6,862	27,299	-53,336	-50,831	-57,110	-30,272	-34,879	5,316	-54,424
	Jenis Tikungan	S-S	S-C-S	S-S	S-S	S-S	S-S	S-S	S-S	S-S
	a). Xc (m)	-	35,042	-	-	-	-	-	-	-
	b). Yc (m)	-	5,207	-	-	-	-	-	-	-
	c). p (m)	1,779	1,365	0,030	0,049	0,010	0,376	0,276	2,077	0,023
	d). k (m)	34,537	17,555	4,545	5,797	2,658	16,067	13,767	24,059	4,001
12	e). Ts (m)	70,821	58,734	9,094	11,602	5,318	32,302	27,641	51,517	8,005
	f). Es (m)	7,286	18,367	0,120	0,195	0,041	1,513	1,108	8,872	0,093
	g). Le (m)	0	27,299	0	0	0	0	0	0	0
	h). Ls (m)	69,288	-	9,090	11,595	5,317	32,154	27,548	48,522	8,002
	i). Θ_s (°)	17,261	-	2,265	2,889	1,325	8,010	6,863	27,801	1,994
	j). L Total (m)	138,576	98,003	18,181	23,190	10,634	64,308	55,096	97,044	16,005
13	Jarak henti (Jh) (m)	82,783	38,290	82,783	82,783	82,783	82,783	82,783	46,046	82,783
14	Jarak Menyiap (Jd) (m)	342,738	183,252	342,738	342,738	342,738	342,738	342,738	212,173	342,738
15	Daerah Bebas Samping (m)	7,662	4,907	19,312	18,404	20,681	10,946	12,508	5,471	19,538

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari pembahasan yang disajikan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Alinemen horizontal (tikungan) pada ruas jalan Kisaran-Air Joman-Watas Kota Tanjung Balai *Section I* STA 158+800 s.d. STA 162+150, dibuat oleh pihak instansi menggunakan Metode Bina Marga tetapi dari hasil evaluasi yang dilakukan telah didapat bahwa perhitungan tikungan lama masih ada yang tidak memenuhi standar Metode Bina Marga tersebut. Maka beberapa tikungan disimpulkan tidak memenuhi Standar Metode Bina Marga.
2. Dari 9 tikungan terdapat 7 tikungan yang jari-jarinya tidak memenuhi kriteria jenis tikungan *Full Circle*, setelah dilakukan perhitungan ulang dengan jari-jari yang sama, maka di dapat jenis tikungan tersebut yang sesuai adalah *Spiral-Spiral*.
3. Faktor-faktor yang mempengaruhi jenis tikungan dalam desain geometrik jalan yaitu peta topografi, pemilihan kecepatan rencana (V_R), jari-jari lengkung rencana (R_c), jari-jari lengkung rencana minimum (R_{min}), superelevasi rencana (e), panjang tangen (T_s) dan panjang busur lingkaran (L_c) yang didapat dari perhitungan.

5.2 Saran

Hasil evaluasi perhitungan yang telah dilakukan pada ruas jalan Kisaran-Air Joman-Watas Kota Tanjung Balai *Section I*, STA 158+800 s.d. STA 162+150 pada tikungan yang ditinjau masih ada yang berbeda dengan standar Bina Marga yang dipakai, untuk itu perlu disarankan bagi pengambil kebijakan dan instansi terkait mengenai masalah di daerah tinjauan ini perlu diperbaiki atau bila tidak memungkinkan untuk diperbaiki maka perlu dipasang rambu dan marka jalan yang sesuai dengan spesifikasi dan acuan standar yang ada agar dapat memaksimalkan tingkat keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan serta dapat meminimalisir tingkat kecelakaan yang terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2013. Panduan Penulisan Skripsi Mahasiswa S1 Program Studi Teknik Sipil. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- [DPU]. Departemen Pekerjaan Umum. 1997. Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997. Jakarta (ID) : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Sukirman, Silvia. 1999. Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan. Bandung: Nova
- Saodang, IR. Hamirhan. 2004. Konstruksi Jalan Raya Buku 1 Geometrik Jalan. Bandung: Nova
- Hendarsin, Shirley L. 2000, Perencanaan Teknik Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung: Bandung.
- Widyastuti Sri. 2010. Perencanaan Geometrik, Tebal Perkerasan Dan Rencana Anggaran Biaya (Ruas Jalan Blumbang Kidul - Bulakrejo) Kabupaten Karanganyar. Skripsi. Teknik Sipil Transportasi Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret: Surakarta
- Pau, D. I., & Aron, S. 2018. Analisis Desain Geometrik Jalan Pada Lengkung Horizontal (Tikungan) Dengan Metode Bina Marga Dan Aashto (Studi Kasus Ruas Jalan Km 180–Waerunu Sta. 207+500 s/d Sta. 207+700). *Jurnal Siartek*, 4, 29–35.
- Qomaruddin, M., Sudarno, & Saputro, Y. A. 2016. Analisis Alinyemen Horizontal Pada Tikungan Depan Gardu Pln Ngabul Di Kabupaten Jepara. *Jurnal Disprotek*, 7(2), 36–42.
- Tribhuwana, Awliya. 2018. Analisis Kelayakan Alinyemen Horisontal Ruas Jalan Munjul - Jatigede. *Logika XXII* (1): 1–9.
- Asyrof, Al. 2016. Perencanaan Geometrik Jalan. Skripsi. Teknik Sipil Politeknik Negeri Sriwijaya: Palembang.
- Unknown, 2013, Azimuth dan Back Azimuth. Diakses pada 18 November 2019 melalui <http://argopura.blogspot.com/2013/10/azimuth-dan-back-azimuth.html>
- Unknown, 2015, Sudut Jurusan (Azimuth). Diakses pada 18 November 2019 melalui <http://sipilberkarya.blogspot.com/2015/09/sudut-jurusan-azimut.html>

LAMPIRAN

Data survei LHR Kisaran – Air Joman – Watas Kota Tanjung Balai – dari Kisaran ke Tanjung Balai (Bina Marga, 2018)

GOLONGAN	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	7c	8
TANGGAL	Sepeda motor, scooter, dan kendaraan roda 3	Sedan, jeep dan station wagon	Combi, minibus	Pick up, Micro Truck, Mobil Hantaran, Pick up box	Bus Kecil	Bus Besar	Colt Diesel Truck Ringan 2 sumbu	Truck Sedang 2 sumbu	Truck as 3 sumbu	Truck Gandeng	Truck Semi Trailer	Sepeda, Becak, Andong/ Dokar, Gerobak Sapi
02/11/2018	3870	205	4	145	0	0	81	8	0	0	0	82
03/11/2018	7564	335	0	134	1	0	72	0	0	0	0	77
04/11/2018	6808	302	0	121	1	0	65	0	0	0	0	70
05/11/2018	4257	226	5	160	0	0	90	9	0	0	0	91
06/11/2018	4064	216	5	153	0	0	86	9	0	0	0	87
07/11/2018	7262	322	0	129	1	0	70	0	0	0	0	74
08/11/2018	5805	308	6	218	0	0	122	12	0	0	0	123

Data survei LHR Kisaran – Air Joman – Watas Kota Tanjung Balai-dari Tanjung Balai ke Kisaran (Bina Marga,2018)

GOLONGAN	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	7c	8
TANGGAL	Sepeda motor, scooter, dan kendaraan roda 3	Sedan, jeep dan station wagon	Combi, minibus	Pick up, Micro Truck, Mobil Hantaran, Pick up box	Bus Kecil	Bus Besar	Colt Diesel Truck Ringan 2 sumbu	Truck Sedang 2 sumbu	Truck as 3 sumbu	Truck Gandeng	Truck Semi Trailer	Sepeda, Becak, Andong/ Dokar, Gerobak Sapi
02/11/2018	4362	243	2	143	0	0	121	1	7	0	0	41
03/11/2018	8223	428	0	166	0	0	89	0	0	0	0	48
04/11/2018	7401	386	0	150	0	0	81	0	0	0	0	44
05/11/2018	4799	268	3	158	0	0	134	2	8	0	0	46
06/11/2018	4581	256	3	151	0	0	128	2	8	0	0	44
07/11/2018	7895	411	0	160	0	0	86	0	0	0	0	47
08/11/2018	6543	365	3	215	0	0	182	2	11	0	0	62
total	83438	4271	31	2203	3	0	1407	45	34	0	0	936
rata-rata	11920	611	5	315	1	0	201	7	5	0	0	134

DATA KOORDINAT TITIK

No.	Titik	Koordinat	
		X	Y
1	P0	570079,000	329826,000
2	P1	570134,873	329900,665
3	P2	570139,000	330004,000
4	P3	570140,000	330105,000
5	P4	570145,000	330205,000
6	P5	570149,000	330304,000
7	P6	570151,179	330357,931
8	P7	570205,000	330356,000
9	P8	570308,515	330352,286
10	P9	570402,000	330351,000
11	P10	570505,803	330345,760
12	P11	570602,000	330342,000
13	P12	570702,000	330337,000
14	P13	570803,000	330329,000
15	P14	570902,000	330329,000
16	P15	571003,000	330327,000
17	P16	571102,000	330315,000
18	P17	571263,000	330303,000
19	P18	571355,000	330269,000
20	P19	571438,000	330213,000
21	P20	571496,334	330173,130
22	P21	571532,000	330187,000
23	P22	571622,000	330222,000
24	P23	571715,000	330258,000
25	P24	571810,000	330297,000
26	P25	571902,000	330333,000
27	P26	571996,000	330369,000
28	P27	572088,000	330408,000
29	P28	572180,000	330443,000
30	P29	572279,000	330482,000
31	P30	572367,000	330520,000
32	P31	572463,000	330564,000
33	P32	572546,000	330604,000
34	P33	572638,000	330656,000
35	P34	572724,000	330697,000
36	P35	572812,000	330736,000

DATA LETAK KOORDINAT TIKUNGAN

No.	Titik	Koordinat	
		X	Y
1	P1 (PI 1)	570134,873	329900,665
2	P6 (PI 2)	570151,179	330357,931
3	P13 (PI 3)	570803,000	330329,000
4	P15 (PI 4)	571003,000	330327,000
5	P16 (PI 5)	571102,000	330315,000
6	P17 (PI 6)	571263,000	330303,000
7	P18 (PI 7)	571355,000	330269,000
8	P20 (PI 8)	571496,334	330173,130
9	P33 (PI 9)	572638,000	330656,000

DATA ELEVASI EKSISTING DAN ELEVASI RENCANA (1)

No.	STA		Panjang (m)	Elevasi	Elevasi Rencana
				Existing Tanah	Timbunan
1	158+800	158+850	50	19,19	19,29
2	158+850	158+900	50	20,29	20,39
3	158+900	158+950	50	19,86	19,96
4	158+950	159+000	50	19,56	19,66
5	159+000	159+050	50	19,61	19,71
6	159+050	159+100	50	20,14	20,24
7	159+100	159+150	50	20,39	20,49
8	159+150	159+200	50	20,23	20,33
9	159+200	159+250	50	20,31	20,41
10	159+250	159+300	50	20,33	20,43
11	159+300	159+350	50	20,35	20,45
12	159+350	159+400	50	20,29	20,39
13	159+400	159+450	50	20,25	20,35
14	159+450	159+500	50	20,15	20,25
15	159+500	159+550	50	20,06	20,16
16	159+550	159+600	50	19,87	19,97
17	159+600	159+650	50	20,29	20,39
18	159+650	159+700	50	20,19	20,29
19	159+700	159+750	50	19,92	20,02
20	159+750	159+800	50	19,69	19,79
21	159+800	159+850	50	19,83	19,93
22	159+850	159+900	50	20,00	20,10
23	159+900	159+950	50	19,84	19,94
24	159+950	160+000	50	19,76	19,86
25	160+000	160+050	50	20,22	20,32
26	160+050	160+100	50	20,26	20,36
27	160+100	160+150	50	20,14	20,24
28	160+150	160+200	50	19,96	20,06
29	160+200	160+250	50	19,93	20,03
30	160+250	160+300	50	20,08	20,18
31	160+300	160+350	50	20,11	20,21
32	160+350	160+400	50	20,03	20,13
33	160+400	160+450	50	19,96	20,06
34	160+450	160+500	50	20,16	20,26
35	160+500	160+550	50	20,08	20,18
36	160+550	160+600	50	20,06	20,16
37	160+600	160+650	50	20,04	20,14
38	160+650	160+700	50	20,23	20,33
39	160+700	160+750	50	19,85	19,95
40	160+750	160+800	50	20,20	20,30

DATA ELEVASI EKSISTING DAN ELEVASI RENCANA (2)

No.	STA		Panjang (m)	Elevasi Existing Tanah	Elevasi Rencana Timbunan
41	160+800	160+850	50	20,18	20,28
42	160+850	160+900	50	20,06	20,16
43	160+900	160+950	50	19,88	19,98
44	160+950	161+000	50	19,95	20,05
45	161+000	161+050	50	20,24	20,34
46	161+050	161+100	50	20,07	20,17
47	161+100	161+150	50	20,07	20,17
48	161+150	161+200	50	20,23	20,33
49	161+200	161+250	50	20,04	20,14
50	161+250	161+300	50	19,73	19,83
51	161+300	161+350	50	19,50	19,60
52	161+350	161+400	50	20,25	20,35
53	161+400	161+450	50	20,05	20,15
54	161+450	161+500	50	19,99	20,09
55	161+500	161+550	50	19,95	20,05
56	161+550	161+600	50	20,02	20,12
57	161+600	161+650	50	20,38	20,48
58	161+650	161+700	50	20,52	20,62
59	161+700	161+750	50	20,42	20,52
60	161+750	161+800	50	20,21	20,31
61	161+800	161+850	50	20,02	20,12
62	161+850	161+900	50	19,84	19,94
63	161+900	161+950	50	19,85	19,95
64	161+950	162+000	50	20,03	20,13
65	162+000	162+050	50	20,46	20,56
66	162+050	162+100	50	19,73	19,83
67	162+100	162+150	50	19,68	19,78
68	162+150	162+200	50	20,19	20,29



PEMERINTAH PROVINSI SUMATERA UTARA
 DINAS BINA MARGA
 BIDANG PENGATURAN DAN EVALUASI
 PROVINSI SUMATERA UTARA

PERENCANAAN TEKNIS JALAN
 WILAYAH KABUPATEN ASAHAN - 3

Ruas No. _____
 Nama Jalan
 Kab./Kota/Propinsi

KISARAN - AIR JOMAN -
 WATAS TANJUNGBALAI
 Asahan / Sumatera Utara

CV. PRIMA DESIGN

()

KONSULTAN PERENCANA

Draftman

Team Leader

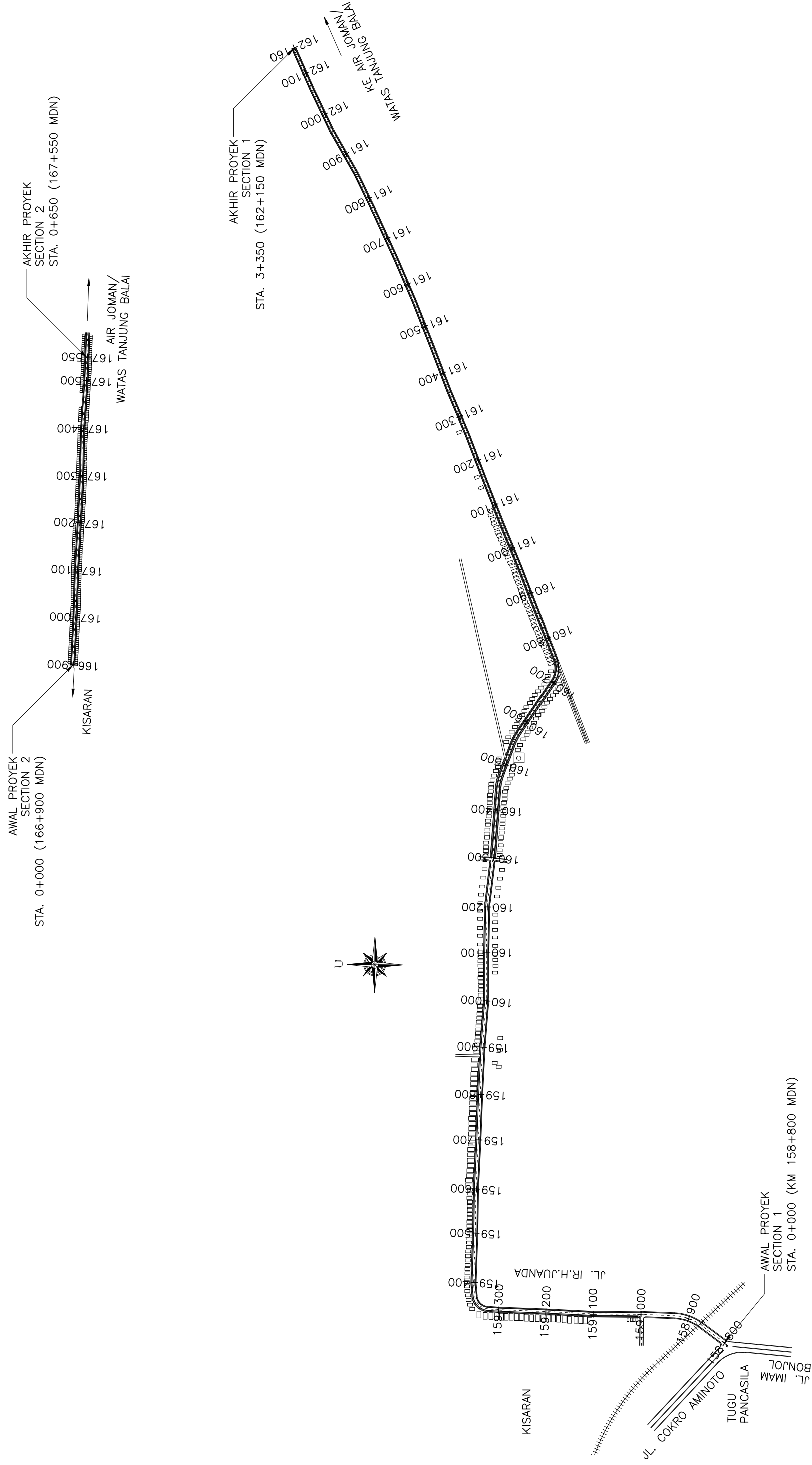
Judul :

LAYOUT RUAS JALAN
 KISARAN - AIR JOMAN - WATAS
 TANJUNGBALAI

Lembar No. : 1

Skala : 1 : 8000

Tanggal : 15 NOPEMBER 2016





PEMERINTAH PROVINSI SUMATERA UTARA
 DINAS BINA MARGA
 BIDANG PENGATURAN DAN EVALUASI
 PROVINSI SUMATERA UTARA

PERENCANAAN TEKNIS JALAN
 WILAYAH KABUPATEN ASAHAN - 3

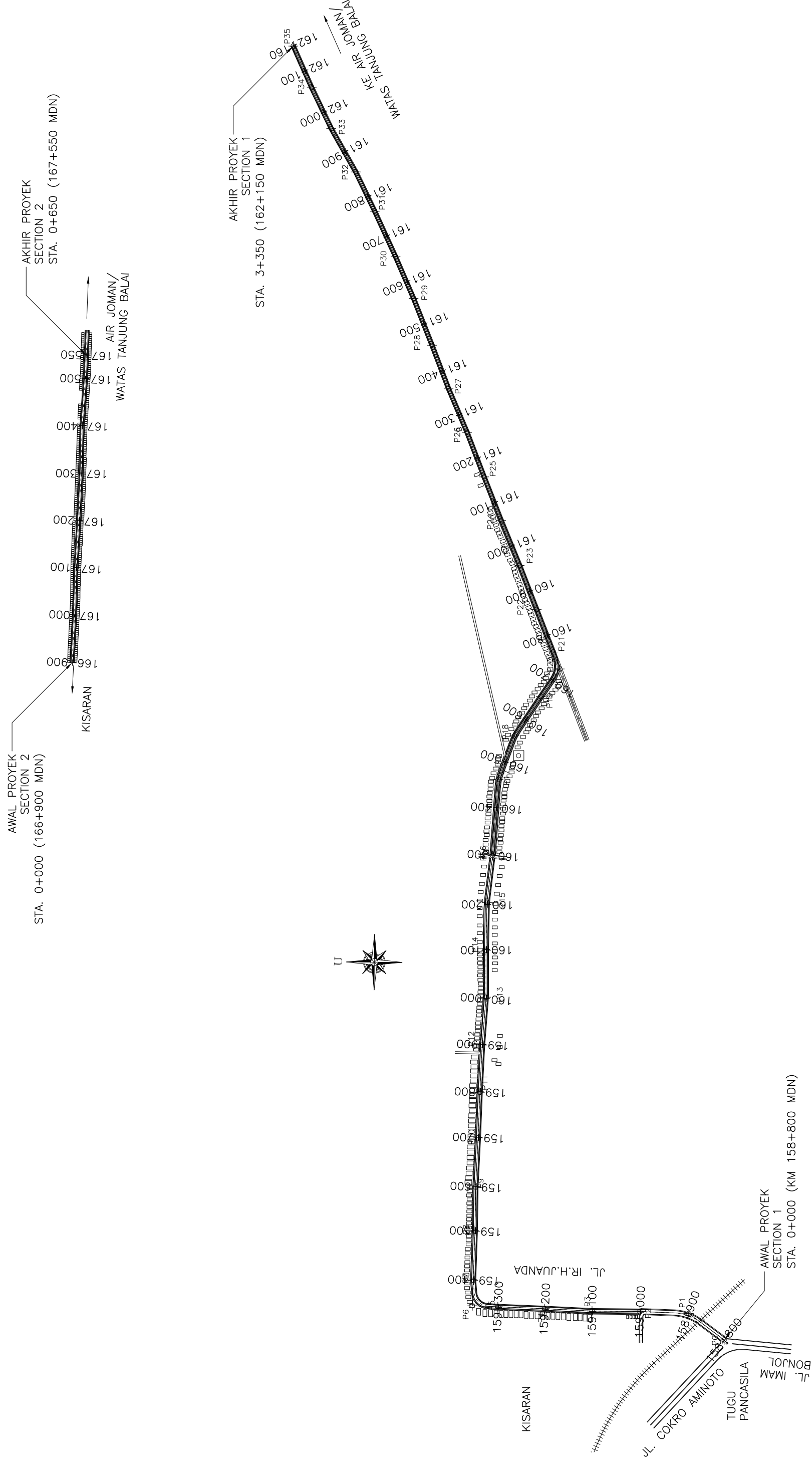
Ruas No. _____
 Nama Jalan KISARAN - AIR JOMAN -
 WATAS TANJUNGBALAI
 Kab./Kota/Propinsi Asahan / Sumatera Utara

CV. PRIMA DESIGN
 ()

KONSULTAN PERENCANA
 Draftman ()
 Team Leader ()

Judul :
 LAYOUT RUAS JALAN
 KISARAN - AIR JOMAN - WATAS
 TANJUNGBALAI

Lembar No. : 1
 Skala : 1 : 8000
 Tanggal : 15 NOPEMBER 2018



DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Ade Irma SM. Siregar
Nama Pangilan : Ade
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 08 September 1995
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Alamat : Jln. Marelan V Gg. Pertama Lk. 17 No. 2
Nomor HP : 081370980342
E-mail : ade.irma0809@gmail.com
Nama Orang Tua
Ayah : Sori Muda Siregar
Ibu : Nurma Sari Daulay

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1707210167P
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl.Kapten Muchtar Basri No.3 Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	Sekolah Dasar	SD MELATI MEDAN	2007
2	SMP	SMP PERTIWI MEDAN	2010
3	SMA	SMA DHARMAWANGSA MEDAN	2013
4	Perguruan Tinggi	D3 POLITEKNIK NEGERI MEDAN	2016
5	Melanjutkan Kuliah S1 di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2017 sampai selesai.		