

KATA PENGANTAR

Segala puji serta rasa syukur kita panjatkan kepada Allah SWT atas Rahmat dan karunia-Nya lah penulis dapat menyelesaikan laporan akhir yang berjudul Perencanaan Geometrik Dan Tebal Perkerasan Lentur Ruas Jalan Betung – Sungai Lilin Sta 72+981 - 80+675 Provinsi Sumatera Selatan ini dengan baik dan tepat waktu. Adapun maksud dan tujuan dari penyusunan laporan akhir ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan Pendidikan Diploma III pada Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Sriwijaya.

Keberhasilan dalam menyelesaikan Proposal Laporan Akhir ini tidak lepas dari bimbingan, pengarahan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu atas selesainya Proposal Laporan Akhir ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Ing. Ahmad Taqwa, M.T. Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
2. Bapak Ibrahim, S.T., M.T. Selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Bapak Andi Herius, S.T., M.T. Selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Sriwijaya
4. Bapak Andi Herius, S.T., M.T. Selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama proses pengerjaan Proposal Laporan Akhir ini.
5. Bapak Kiki Rizky Amalia, S.T., M.T. Selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama proses pengerjaan Proposal Laporan Akhir.
6. Seluruh Dosen dan Staf jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Sriwijaya yang telah memberikan ilmu dan pengarahan selama penelitian Proposal Laporan Akhir ini.
7. Kedua Orang tua yang telah memberikan doa serta dukungannya selama proses pengerjaan Proposal Laporan Akhir.

8. Seluruh Teman-teman Kelas 6 SM Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Sriwijaya dan semua pihak yang membantu selama proses penulisan Proposal Laporan Akhir ini.

Penyusun menyadari bahwa proposal laporan ini masih banyak mengandung kelemahan dan kekurangan, baik dari segi materi, penyajian maupun pemilihan kata-kata. Oleh karena itu, penyusun akan sangat menghargai kepada siapa saja yang berkenan memberikan masukan. Terlepas dari kelemahan dan kekurangan yang ada, semoga proposal laporan ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Palembang, Agustus 2023

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Pembatasan Masalah	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
 BAB II LANDASAN TEORI.....	 5
2.1 Perencanaan Geometrik Jalan	5
2.2 Parameter Perencanaan Geometrik Jalan	10
2.3 Klasifikasi Jalan	22
2.4 Penampang Melintang	28
2.5 Alinyemen Horizontal	32
2.6 Alinyemen Vertikal	53
2.7 Perencanaan Galian dan Timbunan.....	62
2.8 Perencanaan Tebal Perkerasann.....	63
2.9 Manajemen Proyek.....	89
 BAB III PERHITUNGAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN.....	 95
3.1 Perencanaan Geometrik Jalan	95
3.2 Perhitungan Alinyemen Horizontal.....	100
3.3 Perhitungan Alinyemen Vertikal	171
3.4 Perhitungan Galian dan Timbunan.....	180
3.5 Perhitungan Tebal Perkerasan	188

BAB IV MANAJEMEN PROYEK	201
4.1 Rencana Kerja Dan Syarat-Syarat (Rks)	201
4.2 Pengelolaan Proyek	225
BAB V PENUTUP	308
DAFTAR PUSTAKA.....	310

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%)	7
Tabel 2.2 Nilai R untuk Perhitungan CBR Segmen	8
Tabel 2.3 Dimensi Kendaraan Rencana	12
Tabel 2.4 Kecepatan Rencana (v_R) sesuai dengan fungsi dan klasifikasi	14
Tabel 2.5 Penentuan Faktor K dan F Berdasarkan Volume Lalu Lintas Rata-rata	15
Tabel 2.6 Penentuan Lebar Jalur dan Bahu Jalan	16
Tabel 2.7 Lebar lajur Ideal	16
Tabel 2.8 Jarak Pandang Henti Minimum.....	20
Tabel 2.9 Jarak Kendaraan Mendahului Kendaraan Datang (d)	20
Tabel 2.10 Panjang Jarak Pandang Mendahului berdasarkan VR.....	21
Tabel 2.11 Klasifikasi menurut kelas jalan.	24
Tabel 2.12 Klasifikasi menurut medan jalan.....	25
Tabel 2.13 Klasifikasi Menurut Volume Lalu Lintas	25
Tabel 2.14 Jumlah Jalur Lalu Lintas.....	29
Tabel 2.15 Lebar Median Jalan	31
Tabel 2.16 Panjang Bagian Lurus Maksimum	34
Tabel 2.17 Panjang Jari-jari Minimum (Dibulatkan) untuk emaks = 10%	35
Tabel 2.18 Jari-jari yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan.....	37
Tabel 2.19 Panjang Lengkung Peralihan Minimum Dan Superlevasi Yang Dibutuhkan (E Maksimum = 10% Metoda Bina Marga).....	37
Tabel 2.20 Jari-jari Tikungan yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan	40
Tabel 2.21 Tabel p dan k untuk $L_s = 1$	47
Tabel 2.22 Kelandaian Maksimum	55
Tabel 2.23 Panjang kritis (m)	55
Tabel 2.24 Ketentuan Tinggi jenis Jarak Pandang	58
Tabel 2.25 Contoh Perhitungan Galian Dan Timbunan.....	63
Tabel 2.26 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan.....	67
Tabel 2.27 Koefisien Distribusi Kendaraan Per Lajur Rencana (D_L).....	68
Tabel 2.28 Rekomendasi Tingkat Reliabilitas Untuk Berbagai Macam Klasifikasi Jalan.....	71
Tabel 2.29 Deviasi Normal Standar (Z_R) Untuk Berbagai Tingkat Kepercayaan (R)	72
Tabel 2.31 Koefisien Drainase (M) Untuk Memodifikasi Koefisien Kekuatan Relatif Material <i>Untreated Base</i> dan <i>Subbase</i>	78
Tabel 2.32 Indeks Pelayanan Perkerasan Lentur Pada Akhir Umur Rencana	79
Tabel 2.33 Indeks Pelayanan Pada Awal Umur Rencana (IP_0).....	79
Tabel 2.34 Nilai F Untuk Perhitungan CBR Segmen	81
Tabel 2.35 Koefisien Kekuatan Relatif Bahan Jalan (A).....	82

Tabel 2.36 Pemilihan Tipe Lapisan Beraspal Berdasarkan Lalu lintas Rencana dan Kecepatan Kendaraan	84
Tabel 2.37 Tebal Minimum Lapisan Perkerasan.....	85
Tabel 3.1 Data Lalu Lintas Kendaraan	96
Tabel 3.2 Pengelompokan Jenis Kendaraan.....	97
Tabel 3.3 Titik Koordinat.....	102
Tabel 3.5 Hasil Perhitungan Trase Jalan.....	107
Tabel 3.9 Sudut Tangen FC ($\Delta 3$).....	118
Tabel 3.8 Sudut Tangen SS ($\Delta 2$)	124
Tabel 3.7 Sudut Tangen SCS ($\Delta 1$).....	130
Tabel 3.9 Sudut Tangen FC ($\Delta 3$).....	134
Tabel 3.7 Sudut Tangen SCS ($\Delta 1$).....	140
Tabel 3.9 Sudut Tangen FC ($\Delta 3$).....	144
Tabel 3.9 Sudut Tangen FC ($\Delta 3$).....	148
Tabel 3.8 Sudut Tangen SS ($\Delta 2$)	154
Tabel 3.11 Kontrol <i>Overlapping</i>	156
Tabel 3.12 Hasil Perhitungan Kebebasan Samping Berdasarkan Jh	166
Tabel 3.13 Perhitungan Pelebaran Perkerasan pada Tikungan	170
Tabel 3.15 Perhitungan Manual Timbunan Pada STA STA 73+400.	181
Tabel 3.16 Perhitungan Luas dan Volume Galian dan Timbunan	183
Tabel 3.17 Data Lalu Lintas Harian Rata-rata 2021 (LHR).....	189
Tabel 3.18 Data Perencanaan	190
Tabel 3.20 Nilai faktor ekivalen beban (VDF5).....	193
Tabel 3.21 Pemilihan Tipe perkerasan.....	194
Tabel 3.22 Data CBR.....	195
Tabel 3.24 Struktur Perkerasan	198
Tabel 3.31 struktur Perkerasan Bahu Jalan	200
Tabel 4.1 Perhitungan Kuantitas Pekerjaan	225
Tabel 4.2 Perhitungan Biaya Sewa Alat <i>Excavator</i> Per Jam	274
Tabel 4.3 Perhitungan Biaya Sewa Alat <i>Bulldozer</i> Per Jam	275
Tabel 4.4 Perhitungan Biaya Sewa Alat <i>Wheel Loader</i> Per Jam	276
Tabel 4.5 Perhitungan Biaya Sewa Alat <i>Motor Grader</i> Per Jam	277
Tabel 4.6 Perhitungan Biaya Sewa Alat <i>Dump Truck</i> Per Jam	278
Tabel 4.8 Perhitungan Biaya Sewa Alat <i>Asphalt Sprayer</i> Per Jam	279
Tabel 4.9 Perhitungan Biaya Sewa Alat <i>Pneumatic Tire Roller</i> Per Jam	280
Tabel 4.10 Perhitungan Biaya Sewa Alat <i>Vibrator Roller</i> Per Jam.....	281
Tabel 4.11 Perhitungan Biaya Sewa Alat <i>Tandem Roller</i> Per Jam	282
Tabel 4.12 Perhitungan Biaya Sewa Alat <i>Asphalt Finisher</i> Per Jam.....	284
Tabel 4.13 Perhitungan Biaya Sewa Alat <i>Asphalt Mixing Plant</i>	285
Tabel 4.14 Perhitungan Hari Kerja Pekerjaan Pembersihan	287

Tabel 4.15 Perhitungan Hari Kerja Pekerjaan Galian.....	287
Tabel 4.16 Perhitungan Hari Kerja Pekerjaan Timbunan	288
Tabel 4.17 Perhitungan Hari Kerja Pekerjaan.....	288
Tabel 4.18 Perhitungan Hari Kerja Pekerjaan CTB	288
Tabel 4.19 Perhitungan Hari Kerja Pekerjaan Lapis AC-Base	289
Tabel 4.20 Perhitungan Hari Kerja Pekerjaan Lapis AC-BC.....	289
Tabel 4.21 Perhitungan Hari Kerja Pekerjaan Lapis AC-WC.....	290
Tabel 4.22 Perhitungan Hari Kerja Pekerjaan Prime Coar	290

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik CBR 90%	8
Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Kecil	12
Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Sedang	12
Gambar 2.4 Dimensi Kendaraan Besar.....	13
Gambar 2.5 Jarak pandang henti	20
Gambar 2.6 Penampang Jalan	32
Gambar 2.7 Grafik nilai (f), untuk emaks = 6%, 8% dan 10% (menurut AASHTO)	35
Gambar 2.8 Panjang Trase dari Titik A ke Titik B.....	38
Gambar 2.9 Sudut Azimuth dan Sudut Tangen.....	39
Gambar 2.10 Komponen Tikungan <i>Full Circle</i>	40
Gambar 2.11 Spiral- Cicle- Spiral	43
Gambar 2.12 Spiral – Spiral	46
Gambar 2.13 Perubahan Kemiringan Melintang Pada Tikungan.....	48
Gambar 2.14 Pencapaian Superelevasi Tikungan <i>Full Circle</i>	48
Gambar 2.15 Pencapaian Superelevasi Tikungan <i>Spiral-Circle-Spiral</i>	49
Gambar 2.17 Pelebaran Perkerasan Pada Tikungan	50
Gambar 2.18 Daerah Bebas Samping Di Tikungan Untuk $J_h < L_t$	51
Gambar 2.19 Daerah Bebas Samping Ditikungan Untuk $J_h > L_t$	52
Gambar 2.20 Tipikal Vertikal.....	56
Gambar 2.21 Lengkung Vertikal Cembung	58
Gambar 2.22 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung.....	59
Gambar 2.23 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan jarak pandang mendahului (J_d).....	60
Gambar 2.24 Lengkung Vertikal Cekung	60
Gambar 2.25 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung Berdasarkan Jarak Pandang Henti (J_h)	61
Gambar 2.26 Perkerasan lentur pada permukaan tanah asli.....	64
Gambar 2.27 Perkerasan lentur pada timbunan.....	64
Gambar 2.28 Geometrik Jalan (ERES-1999 Dalam LRRB-2009).....	73
Gambar 2.29 Grafik <i>Time Factor</i> Untuk Derajat Kejenuhan 50%.....	73
Gambar 2.30 Grafik Untuk Mengestimasi Koefisien Permeabilitas Drainase Granural Dan Material Filter (FHWA, 1990)	75
Gambar 2.31 Grafik Untuk Menetapkan Porositas Efektif, N_e (FHWA, 1990)....	75
Gambar 2.32 Tahapan Estimasi Biaya	90
Gambar 2.33 Sketsa <i>Network Planning</i>	92
Gambar 2.34 <i>Barchart</i>	94
Gambar 2.35 Kurva S	94

Gambar 3.1 Trase Jalan.....	100
Gambar 3.2 Titik Koordinat Trase.....	101
Gambar 3.3 Sudut Azimuth Titik A.....	108
Gambar 3.4 Sudut Azimuth Titik P1	108
Gambar 3.5 Sudut Azimuth Titik P2	109
Gambar 3.6 Sudut Azimuth Titik P3	110
Gambar 3.6 Sudut Azimuth Titik P4	110
Gambar 3.6 Sudut Azimuth Titik P5	111
Gambar 3.6 Sudut Azimuth Titik P6	112
Gambar 3.6 Sudut Azimuth Titik P7	113
Gambar 3.7 Sudut Azimuth Titik P8 dan B	114
Gambar 3.12 Tikungan <i>Full Circle</i>	117
Gambar 3.13 Superelevasi <i>Full Circle</i>	118
Gambar 3.12 Tikungan <i>Spiral-Spiral</i>	123
Gambar 3.11 Superelevasi <i>Spiral - Spiral</i>	123
Gambar 3.8 Tikungan Spiral Circle Spiral.....	129
Gambar 3.9 Superelevasi Spiral Circle Spiral.....	129
Gambar 3.12 Tikungan <i>Full Circle</i>	133
Gambar 3.13 Superelevasi <i>Full Circle</i>	134
Gambar 3.8 Tikungan Spiral Circle Spiral.....	139
Gambar 3.9 Superelevasi Spiral Circle Spiral.....	139
Gambar 3.12 Tikungan <i>Full Circle</i>	143
Gambar 3.13 Superelevasi <i>Full Circle</i>	144
Gambar 3.12 Tikungan <i>Full Circle</i>	147
Gambar 3.13 Superelevasi <i>Full Circle</i>	148
Gambar 3.12 Tikungan <i>Spiral-Spiral</i>	153
Gambar 3.11 Superelevasi <i>Spiral - Spiral</i>	153
Gambar 3.19 Perhitungan Timbunan Pada STA 73+400	180
Gambar 3.20 Grafik Desain ESA5 dan CBR Desain.....	199
Gambar 3.2`1 Jenis dan Tebal Perkerasan Lentur Rencana	199
Gambar 4.1 Sketsa Posisi Penghamparan Tanah Timbunan.....	255

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan merupakan suatu prasarana perhubungan darat yang sangat berperan penting bagi kehidupan manusia. Dengan adanya jalan maka akses logistik dari suatu tempat ke tempat lainnya akan lebih mudah dan cepat, sehingga akan mempercepat pertumbuhan ekonomi daerah tersebut. (*Ferdian, 2020*) Diharapkan dengan peningkatan kehidupan ekonomi sosial budaya ini akan berpengaruh pada pembangunan sehingga dapat dicapai pembangunan yang merata.

Perencanaan Geometrik yang baik dan benar, akan memberikan kenyamanan, serta keamanan bagi pengendara atau masyarakat sekitar yang melalui/menggunakan akses jalan tersebut. Selain itu, yang menjadi ketentuan untuk konstruksi adalah struktur jalan, material, dan pelaksanaan pekerjaannya. Dengan perkembangan jalan yang semakin cepat, perkembangan teknologi telah melahirkan berbagai jenis kendaraan mulai dari roda dua, roda empat hingga lebih dari roda empat.

Pemerintah Kabupaten Banyuasin melalui Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan, telah merencanakan pembangunan akses jalan di kecamatan Sungai Lilin - Betung dengan tujuan agar kesejahteraan masyarakat setempat bisa melalui sistem transportasi dan melancarkan sarana hubungan lalu lintas dan logistik pada daerah tersebut.

Sehubungan dengan hal itu Laporan akhir ini berisi tentang gambaran bagaimana Perencanaan Geometrik dan Tebal Perkerasan Lentur di Kecamatan Betung-Sungai lilin Kabupaten Banyuasin pada STA 72+981 – 80+675. Provinsi Sumatera Selatan, dapat merencanakan bagaimana perencanaan geometrik jalan yang sesuai dengan teori-teori yang telah dipelajari selama di perkuliahan Politeknik Negeri Sriwijaya.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas maka dalam laporan akhir ini akan dibahas masalah mengenai:

1. Bagaimana spesifikasi Jalan di Kecamatan Betung-Sungai lilin Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan ?
2. Berapa tebal perkerasan yang digunakan pada Jalan di Kecamatan Betung-Sungai lilin Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan ?
3. Berapa jumlah volume galian dan timbunan pada jalan di Kecamatan Betung-Sungai lilin Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan ?
4. Bagaimana manajemen proyek pada perencanaan Jalan di Kecamatan Betung-Sungai lilin Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan ?

1.3 Tujuan

Tujuan dibuatnya laporan akhir dari proyek Jalan di Kecamatan Betung-Sungai lilin Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan adalah:

1. Untuk menganalisis spesifikasi Jalan di Kecamatan Betung-Sungai lilin Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan.
2. Menganalisis tebal perkerasan yang digunakan pada jalan di Kecamatan Betung-Sungai lilin Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan.
3. Menghitung volume galian dan timbunan pada jalan Kecamatan Betung-Sungai lilin Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan.
4. Merancang manajemen proyek pada perencanaan jalan di Kecamatan Betung-Sungai lilin Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan.

1.4 Manfaat

Manfaat dibuatnya laporan akhir dari proyek Jalan Kecamatan Betung-Sungai lilin Provinsi Sumatera Selatan adalah sebagai berikut:

1. Sebagai panduan dalam perencanaan jalan khususnya di Kecamatan Betung-Sungai lilin Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan.
2. Menjadi studi perbandingan Perencanaan terhadap Perencanaan sebelumnya.
3. Sebagai acuan dalam Manajemen Proyek Pembangunan jalan.

1.5 Pembatasan Masalah

Dalam pembuatan Laporan Akhir ini, agar permasalahan yang dibahas sesuai dengan judul yang diambil, maka penulis membatasi masalah pada Laporan Akhir ini sebagai berikut:

1. Perencanaan Geometrik Jalan
2. Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan
3. Perhitungan Galian Dan Timbunan
4. Perhitungan Rancangan Tebal Perkerasan
5. Pengelolaan dan Penjadwalan Proyek

Dalam perencanaan ini, penulis menentukan Rencana Kerja dan Persyaratan Teknis, Kuantitas Pekerjaan, Rencana Anggaran Biaya (RAB), *Network Planning*, *Barchart*, dan *Kurva S*

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan adalah urutan penulisan agar setiap permasalahan yang akan dibahas dapat segera diketahui dengan mudah. Adapun yang akan diuraikan dalam laporan ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini, diuraikan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika penulisan. Dalam bab ini juga diberikan penjelasan secara umum dan garis besar pembuatan Laporan Akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini, diuraikan mengenai dasar teori, rumusan dan penyusunan literatur yang menjadi sumber informasi yang relevan dalam Perencanaan Geometrik dan Tebal Perkerasan.

BAB III PERHITUNGAN

Dalam bab ini, diuraikan perhitungan dari jalan yang akan direncanakan meliputi perhitungan geometrik jalan, alinyemen horizontal, alinyemen vertikal, dan perhitungan tebal perkerasan jalan yang akan dibuat berdasarkan teori-teori dan rumusan yang terdapat pada bab sebelumnya.

BAB IV MANAJEMEN PROYEK

Dalam bab ini, diuraikan secara keseluruhan mengenai Rencana Anggaran Biaya (RAB), membuat Network Planning, Barchart, dan Kurva S dari proyek tersebut.

BAB V PENUTUP

Dalam bab ini, berisi tentang kesimpulan dan saran dari pembahasan yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Perencanaan Geometrik Jalan

Perencanaan geometrik jalan adalah perencanaan rute dari suatu ruas jalan secara lengkap, meliputi beberapa elemen yang disesuaikan dengan kelengkapan dan data yang ada atau tersedia dari hasil survey lapangan dan telah dianalisis, serta mengacu pada ketentuan yang berlaku. (*L. Herdansin Shirley, 2000*)

Tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan rasio tingkat penggunaan atau biaya pelaksanaan. (*Silvia Sukirman, 2010*).

Ada pun data yang diperlukan dalam perencanaan geometrik jalan sebagai berikut:

1. Data peta topografi
2. Data lalu lintas
3. Data penyelidikan tanah
4. Data penyelidikan material

2.1.1 Data Peta Topografi

Keadaan topografi dalam penetapan trase jalan memegang peranan penting, karena akan mempengaruhi penetapan alinyemen, kelandaian jalan, jarak pandang, penampang melintang, saluran tepi, dan lain sebagainya. Untuk daerah dengan lokasi datar, pengaruhnya tidak begitu nyata, penentuan trase dapat dengan bebas ditarik kemana saja disesuaikan dengan arah dan tujuan rute jalan raya yang direncanakan.

Untuk daerah pegunungan atau daerah perbukitan adalah sebaliknya, pemilihan topografi sangat mempengaruhi lokasi serta penetapan bagian-bagian jalan lainnya, bahkan sangat mungkin akan mempengaruhi penetapan tipe jalan. (Hamirham Saodang, 2004: 47)

Pengukuran peta topografi dimaksudkan untuk mengumpulkan data topografi yang cukup untuk digunakan dalam perencanaan geometrik. Data peta topografi digunakan untuk menentukan kecepatan sesuai dengan daerahnya. Pengukuran peta topografi dilakukan pada sepanjang trase jalan rencana. Pekerjaan pengukuran terdiri dari beberapa kegiatan berikut :

- a. Pekerjaan Perintisan berupa merintis atau membuka sebagian daerah yang akan diukur sehingga pengukuran dapat berjalan lancar.
- b. Kegiatan Pengukuran yang meliputi :
 1. Penentuan titik-titik kontur vertikal dan horizontal yang dipasang setiap interval 100 meter pada rencana as jalan.
 2. Pengukuran penampang melintang dan penampang memanjang.
 3. Pengukuran situasi pada bagian kiri dan kanan dari jalan yang dimaksud dan disebutkan serta tata guna tanah disekitar trase.
 4. Perhitungan perencanaan desain jalan dan penggambaran peta topografi berdasarkan titik-titik koordinat control di atas.

2.1.2 Data Lalu Lintas

Data lalu lintas adalah data utama yang diperlukan dalam perencanaan teknik jalan. Besarnya volume atau arus lalu lintas diperlukan untuk menentukan jumlah dan lebar jalan, pada satu lajur dalam penentuan karakteristik geometrik, sedangkan jenis kendaraan akan menentukan kelas beban atau muatan sumbu terberat yang akan berpengaruh langsung pada perencanaan konstruksi perkerasan. (Hamirhan Saodang, 2010)

Data lalu lintas didapatkan dengan melakukan pendataan kendaraan yang melintasi suatu ruas jalan, sehingga dari hasil pendataan ini kita dapat mengetahui volume lalu lintas yang melintasi jalan tersebut, namun data volume lalu lintas yang diperoleh dalam suatu kendaraan per jam (kend/jam).

Untuk perencanaan teknik jalan baru, survey lalu lintas tidak dapat dilakukan karena belum ada jalan. Untuk hal itu yang harus dilakukan sebagai berikut :

- ★ survei perhitungan lalu lintas dilakukan pada jalan yang sudah ada, yang diperkirakan mempunyai bentuk, kondisi dan keadaan komposisi lalu lintas kan serupa dengan jalan yang direncanakan.
- ★ survei asal dan tujuan yang dilakukan pada lokasi yang dianggap tepat dengan cara melakukan wawancara kepada pengguna jalan untuk mendapatkan gambaran rencana jumlah dan komposisi kendaraan.

Untuk menghitung Lalu Lintas Harian Rata-Rata pada akhir umur rencana, maka diperlukan faktor laju pertumbuhan lalu lintas (*i*). Jika tidak tersedia data, maka dapat digunakan faktor laju pertumbuhan lalu lintas (*i*) menurut Manual Perkerasan Jalan (Revisi Juni 2017) Nomor 04/SE/Db/2017.

Faktor laju pertumbuhan Lalu Lintas (*i*) pada tahun 2015-2035 dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (*i*) (%)

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-Rata Indonesia
Arteri dan Perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor Rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan Desa	1,00	1,00	1,00	1,00

(Sumber : Manual Perkerasan Jalan, 2017)

2.1.3 Data Penyelidikan Tanah

Data penyelidikan tanah didapat dengan cara melakukan penyelidikan tanah di lapangan, meliputi pekerjaan :

1. Penelitian

Penelitian data tanah yang terdiri dari sifat-sifat indeks, ketentuan Bina Marga, klasifikasi USCS dan AASTHO, serta pemadatan dan nilai CBR. Pengambilan data CBR di lapangan dilakukan sepanjang ruas jalan rencana, dengan interval 100 meter dengan menggunakan DCP (Dynamic Cone Penetrometer). Hasil tes DCP ini dievaluasi melalui penampilan grafik yang ada, sehingga menampilkan hasil nilai CBR di setiap titik lokasi. Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu:

a. Cara Analisis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analisis adalah :

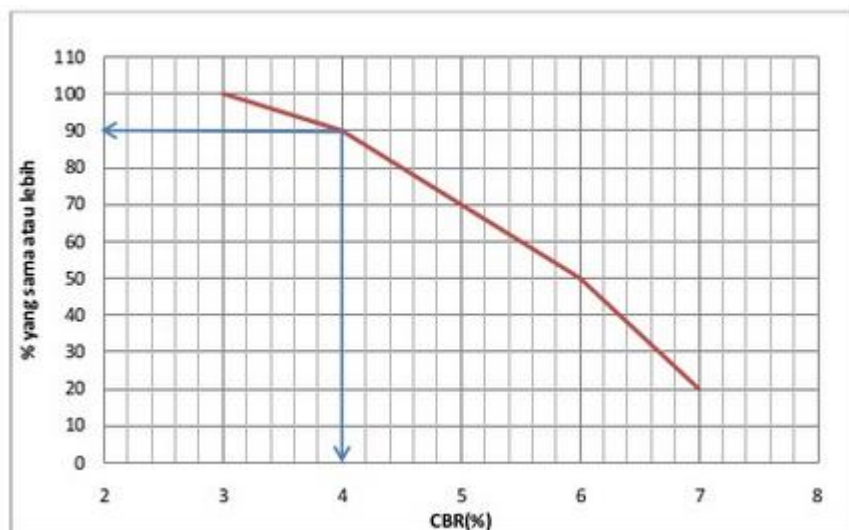
$$CBR_{\text{segmen}} = \frac{(CBR_{\text{rata-rata}} - CBR_{\text{min}})}{R} \dots \dots \dots (2.1)$$

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam suatu segmen. Nilai R untuk perhitungan CBR segmen diberikan pada tabel 2.2 di bawah ini:

Tabel 2.2 Nilai R untuk Perhitungan CBR Segmen

Jumlah Titik Pengamatan	Nilai R
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	2,57
7	2,83
8	2,96
9	3,08
>10	3,18

Sumber : Silvia Sukirman, *Perkerasan Lentur Jalan Raya Nova 1993*)



Gambar 2.1 Grafik CBR 90%

b. Cara Grafis

Prosedur adalah sebagai berikut :

- 1) Tentukan nilai CBR terendah

- 2) Tentukan berapa banyak nilai CBR yang sama atau lebih besar dari masing-masing nilai CBR kemudian disusun pada tabel, mulai dari CBR terkecil sampai yang terbesar.
- 3) Angka terbanyak diberi nilai 100%, angka yang lain merupakan persentase dari 100%.
- 4) Dibuat grafik hubungan antara harga CBR dengan persentase nilai tadi.
- 5) Nilai CBR segmen adalah nilai pada keadaan 90%.

2. Analisa

Melakukan analisa pada contoh tanah terganggu dan tidak terganggu, juga terhadap bahan konstruksi, dengan menggunakan metode Bina Marga, ASTM dan AASTHO maupun standar yang berlaku di Indonesia.

3. Pengujian Laboratorium

Uji bahan konstruksi untuk mendapatkan :

- a. Sifat-sifat *Indeks (Indeks Properties)* yaitu meliputi *Gs (Specific Gravity)*, *WC (Water Natural Content)*, γ (berat isi), *e* (angka pori), *n* (Porositas), dan *Sr* (derajat kejenuhan).
- b. Klasifikasi USCS dan AASTHO
 1. Analisa ukuran butir (*Grain Size Analysis*)
 - a. Analisa Saringan (*Sieve Analysis*)
 - b. Hidrometer (*Hydrometer Analysis*)
 2. Batas-batas Atteberg (*Atteberg Limits*)
 - a. *Liquid Limit (LL)* = batas cair
 - b. *Plastic Limit (PL)* = batas plastis
 - c. *Indeks Plastis (IP)* = $LL - PL$
3. Pemadatan : γ_d maks dan W_{opt}
 - a. Pemadatan standar
 - b. Pemadatan modifikasi
 - c. Di lapangan dicek dengan *Sandcone* $\pm 100\%$ γ_d maks
4. CBR laboratorium (CBR rencana), berdasarkan pemadatan γ_d maks dan W_{opt}

CBR lapangan : DCP $\rightarrow$ CBR lapangan

2.1.4 Data Penyelidikan Material

Data penyelidikan material dilakukan dengan melakukan penyelidikan material meliputi pekerjaan sebagai berikut :

1. Mengadakan penelitian terhadap semua data material yang ada, selanjutnya melakukan penyelidikan sepanjang proyek tersebut berdasarkan survey langsung di lapangan maupun dengan pemeriksaan laboratorium.
2. Penyelidikan lokasi sumber material yang ada beserta perkiraan jumlahnya untuk pekerjaan-pekerjaan penimbunan pada jalan dan jembatan serta bangunan pelengkap.

Pengindentifikasian material secara virtual yang dilakukan oleh teknisi tanah di lapangan hanya berdasarkan gradasi butiran dan karakteristik keplastisannya saja yaitu : tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus

a) Tanah berbutir kasar

Tanah yang termasuk dalam kelompok ini adalah kerikil, pasir, dan dominan kerikil.

b) Tanah berbutir halus

Dilapangan tanah kelompok ini untuk dibedakan secara visual antara lempung dan lanau, kecuali dengan cara perkiraan karakteristik plastisnya. (L.Hendarsin Shirley, 2000).

2.2 Parameter Perencanaan Geometrik Jalan

Dalam perencanaan geometrik jalan terdapat beberapa parameter perencanaan yang akan dibahas sebagai berikut:

1. kendaraan rencana
2. kecepatan rencana
3. volume lalu lintas
4. kapasitas jalan
5. tingkat pelayanan
6. jarak pandangan

7. daerah bebas samping di tikungan

Parameter – parameter ini merupakan penentu tingkat kenyamanan dan keamanan yang dihasilkan oleh suatu bentuk geometrik jalan.

2.2.1 Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan ditentukan oleh fungsi jalan dan jenis kendaraan dominan yang memakai jalan tersebut. Pertimbangan biaya tentu juga ikut menentukan kendaraan rencana yang dipilih sebagai kriteria perencanaan. (Sukirman Silvia, 1994)

Untuk perencanaan geometrik jalan, ukuran lebar kendaraan rencana akan mempengaruhi lebar lajur yang dibutuhkan. Sifat membelok kendaraan akan mempengaruhi perencanaan tikungan, dan lebar median dimana mobil diperkenankan untuk memutar (U turn). Daya kendaraan akan mempengaruhi tingkat kelandaian yang dipilih, dan tinggi tempat duduk pengemudi akan mempengaruhi jarak pandangan pengemudi.

Beberapa parameter perencanaan geometrik dari unsur karakteristik kendaraan antara lain :

- Dimensi Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana dikelompokkan dalam beberapa kategori, yaitu :

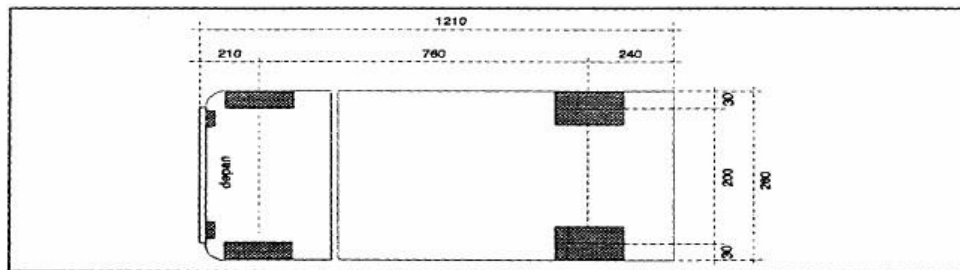
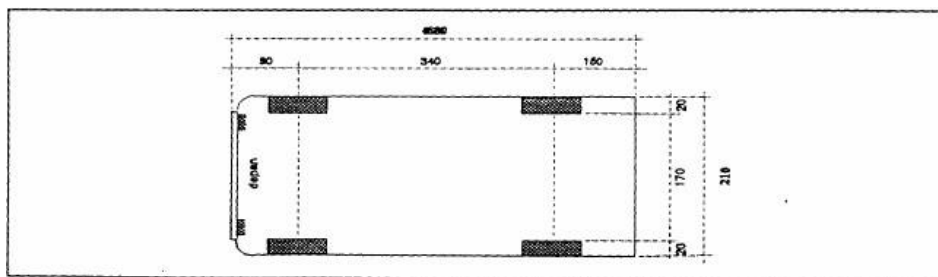
- (1) Kendaraan ringan/kecil, adalah kendaraan yang mempunyai dua as dengan empat roda dengan jarak as 2,00 - 3,00 meter. Meliputi mobil penumpang, microbus, pick - up, dan truk kecil sesuai dengan klasifikasi Bina Marga.
- (2) Kendaraan sedang, adalah kendaraan yang mempunyai dua as gandar, dengan jarak as 3,5 - 5,00 meter. Meliputi bus kecil, truk dua as dengan enam roda.
- (3) Kendaraan besar/berat, yaitu bus besar dengan dua atau tiga gandar dengan jarak as 5,00 - 6,00 meter.
- (4) Truk besar, yaitu truk dengan tiga gandar dan truk kombinasi tiga, dengan jarak gandar (gandar pertama ke gandar kedua) $< 3,50$ meter.
- (5) Sepeda motor, yaitu kendaraan bermotor dengan dua atau tiga roda, meliputi sepeda motor dan kendaraan roda tiga.

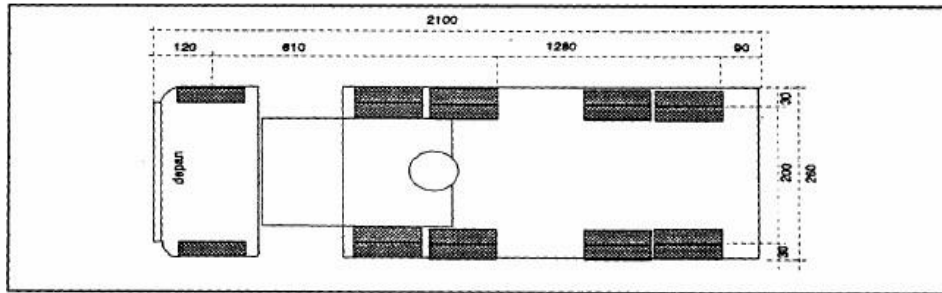
Tabel 2.3 Dimensi Kendaraan Rencana

Kategori kendaraan rencana	Dimensi kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius putar (cm)		Radius tonjolan (cm)
	tinggi	lebar	panjang	depan	belakang	min	maks	
Kecil	310	210	580	90	150	420	730	780
Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Besar	410	260	2100	90	90	290	1400	1370

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

Gambar 2.2 s.d 2.4 berikut menampilkan sketsa dimensi kendaraan rencana berdasarkan table 2.3

**Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Kecil****Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Sedang**



Gambar 2.4 Dimensi Kendaraan Besar

2.2.3 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana merupakan kecepatan yang dipilih untuk keperluan perencanaan setiap bagian jalan raya seperti tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang dan lain-lain. Kecepatan yang dipilih tersebut adalah kecepatan tertinggi menerus dimana kendaraan dapat berjalan dengan aman dan keamanan itu sepenuhnya tergantung dari bentuk jalan. (Sukirman Silvia, 1999)

Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya kecepatan rencana antara lain :

- Kondisi pengemudi dan kendaraannya yang bersangkutan
- Sifat fisik jalan dan keadaan medan sekitarnya
- Sifat dan tingkat penggunaan daerah
- Cuaca sekitar
- Adanya gangguan dari kendaraan lain
- Batasan kendaraan yang diizinkan

Kecepatan rencana inilah yang digunakan untuk perencanaan geometrik (alinyemen). Kecepatan rencana dari masing-masing kendaraan dapat ditetapkan pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Kecepatan Rencana (v_R) sesuai dengan fungsi dan klasifikasi

medan jalan

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

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, No. 038/T/BM/1997)

2.2.4 Volume lalu lintas

Sebagai pengukur jumlah dari arus lalu lintas digunakan "volume". Volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit). (Silvia Sukirman, 1999)

Volume lalu lintas yang tinggi membutuhkan lebar perkerasan jalan yang lebih lebar, sehingga tercipta kenyamanan dan keamanan. Sebaliknya jalan yang terlalu lebar untuk volume lalu lintas rendah cenderung membahayakan, karena pengemudi cenderung mengemudikan kendaraannya pada kecepatan yang lebih tinggi sedangkan kondisi jalan belum tentu memungkinkan. Dan disamping itu mengakibatkan peningkatan biaya pembangunan jalan yang jelas tidak pada tempatnya. (Sukirman Silvia, 1994)

Satuan volume lalu lintas yang umum dipergunakan sehubungan dengan penentuan jumlah dan lebar lajur adalah :

- Lalu Lintas Harian Rata – Rata
- Volume Jam Perencana
- Kapasitas

1. Lalu Lintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT)

LHRT adalah jumlah lalu lintas kendaraan rata-rata yang melewati satu jalur jalan selama 24 jam dan diperoleh dari data selama satu tahun penuh.

$$LHRT = \frac{\text{Jumlah Lalu Lintas dalam tahun}}{365}$$

2. Lalu-lintas harian rata-rata (LHR)

LHR adalah hasil bagi jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya pengamatan. (Silvia Sukirman, 1999)

$$LHR = \frac{\text{Jumlah Lalu lintas selama pengamatan}}{\text{Lamanya pengamatan}}$$

Tabel 2.5 Penentuan Faktor K dan F Berdasarkan Volume Lalu Lintas Rata-rata

VLHR	FAKTOR – K (%)	FAKTOR – F (%)
> 50.000	4 – 6	0,9 – 1
30.000 - 50.000	6 – 8	0,8 – 1
10.000 - 30.0000	6 – 8	0,8 - 1
5.000 - 10.000	8 – 10	0,6 – 0,8
1.000 - 5.000	10 – 12	0,6 – 0,8
< 1.000	12 – 16	< 0,6

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, No. 038/T/BM/1997)

2.2.5 Penentuan Lebar Jalur dan Lajur Lalu Lintas

Jalur lalu lintas adalah keseluruhan bagian perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk lalu lintas kendaraan. Jalur lalu lintas terdiri dari beberapa lajur kendaraan. Lajur kendaraan yaitu bagian dari jalur lalu lintas yang khusus diperuntukkan untuk dilewati oleh satu rangkaian kendaraan roda empat atau lebih dalam satu arah. Jadi jumlah lajur minimal untuk jalan dua arah adalah dua dan pada umumnya disebut sebagai jalan 2 lajur 2 arah. Jalur lalu lintas untuk satu arah minimal terdiri dari 1 lajur lalu lintas. (Silvia Sukirman, 1999: 22)

Pada tabel 2.5 menunjukkan lebar jalur dan bahu jalan sesuai dengan VLHR nya.

Tabel 2.6 Penentuan Lebar Jalur dan Bahu Jalan

VLHR	ARTERI				KOLEKTOR				LOKAL			
	ideal		minimum		Ideal		minimum		ideal		minimum	
	Lebar Jalur (m)		Lebar Bahu (m)		Lebar Jalur (m)		Lebar Bahu (m)		Lebar Jalur (m)		Lebar Bahu (m)	
<3.000	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,5	4,0	1,0	6,0	1,0	4,5	1,0
3.000-10.000	7,0	2,0	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,0
10.001-25.000	7,0	2,0	7,0	2,0	7,0	2,0						
>25.000	2n× 3,5	2,5	2n × 7,0	2,0	2n× 3,5	2,0						

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, No. 038/T/BM/1997)

Lebar lajur tergantung pada kecepatan dan kendaraan rencananya, yang dalam hal ini dinyatakan dengan fungsi dan kelas jalan seperti ditetapkan dalam tabel 2.6

Tabel 2.7 Lebar lajur Ideal

Fungsi	Kelas	Lebar Lajur Ideal (m)
Arteri	I	3,75
	II, III A	3,50
Kolektor	III A, III B	3,00
Lokal	III C	3,00

(Sumber : Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

2.2.6 Kapasitas Jalan

Kapasitas Jalan adalah arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan pada suatu penampang bagian jalan pada kondisi tertentu, dinyatakan dalam satuan mobil penumpang per jam. Ratio volume/kapasitas disebut RVK adalah perbandingan antara volume lalu lintas dengan kapasitas jalan. Kapasitas rencana adalah kapasitas ideal dikalikan dengan faktor kondisi

jalan yang dirncanakan (seperti terdapat dalam manual kapasitas jalan Indonesia, MKJI 1997). Sesuai dengan Permen PU No 19/PRT/M/2011 nilai RVK ditentukan sesuaidengan fungsi jalan, yaitu :

1. $RVK \leq 0,85$ untuk jalan arteri dan Jalan Kolektor.
2. $RVK \leq 0,90$ untuk jalan local dan Jalan Lingkungan.

Analisis menggunakan RVK selanjutnya ditetapkan kebutuhan akan jumlah dan lebar lajur, lebar bahu jalan, kecepatan rencana minimal yang diharapkan, sehingga terwujudnya kenyamanan dan keselamatan jalan.

2.2.6 Tingkat Pelayanan Jalan

Lebar dan jumlah lajur yang dibutuhkan tidak dapat direncanakan dengan baik walaupun VJP/LHR telah ditentukan. Hal ini disebabkan oleh karena tingkat kenyamanan dan keamanan yang akan diberikan oleh jalan rencana belum ditentukan. Lebar lajur yang dibutuhkan akan lebih lebar jika pelayanan dari jalan diharapkan lebih tinggi. Kebebasan bergerak yang dirasakan oleh pengemudi akan lebih baik pada jalan-jalan dengan kebebasan samping yang nremadai, tetapi hal tersebut tentu saja menuntut daerah manfaat jalan yang lebih lebar pula. (Silvia Sukirman, 1999)

Highway Capacity Manual membagi tingkat pelayanan jalan atas 6 keadaan yaitu :

1. Tingkat pelayanan A dengan ciri-ciri :
 - a. Arus lalu lintas bebas tanpa hambatan.
 - b. Volume & kepadatan lalu lintas rendah.
 - c. Kecepatan kendaraan merupakan pilihan pengemudi.
2. Tingkat pelayanan B, dengan ciri-ciri :
 - a. Arus lalu lintas stabil.
 - b. Kecepatan mulai dipengaruhi oleh keadaan lalu lintas, tetapi tetap dapat dipilih sesuai kehendak pengemudi.
3. Tingkat pelayanan C, dengan ciri-ciri :
 - a. Arus lalu lintas masih stabil.
 - b. Kecepatan perjalanan dan kebebasan bergerak sudah dipengaruhi oleh besarnya volume lalu lintas sehingga pengemudi tidak dapat lagi memilih kecepatan yang diinginkan.

4. Tingkat pelayanan D, dengan ciri-ciri :
 - a. Arus lalu lintas sudah mulai tidak stabil.
 - b. Perubahan volume lalu lintas sangat mempengaruhi besarnya kecepatan perjalanan.
5. Tingkat pelayanan E, dengan ciri-ciri :
 - a. Arus lalu lintas sudah tidak stabil.
 - b. Volume kira-kira dengan kapasitas.
 - c. Sering terjadi kemacetan.
6. Tingkat perjalanan F, dengan ciri-ciri :
 - a. Arus lalu lintas tertahan pada kecepatan rendah.
 - b. Sering terjadi kemacetan dan arus lalu lintas rendah.

2.2.7 Jarak Pandang

Keamanan dan kenyamanan pengemudi kendaraan untuk dapat melihat dengan jelas dan menyadari situasinya pada saat mengemudi, sangat tergantung pada jarak yang dapat dilihat dari tempat kedudukannya. Panjang jalan di depan kendaraan yang masih dapat dilihat dengan jelas diukur dari titik kedudukan pengemudi, disebut jarak pandangan. (Silvia Sukirman, 1999). Jarak pandang dapat dibagi menjadi 2 yaitu:

1. Jarak Pandang Henti (J_h)

Jarak Pandang Henti Adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan begitu melihat adanya halangan di depan. Setiap titik di sepanjang jalan harus memenuhi Jarak Pandang Henti (J_h). Jarak pandang henti diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi pengemudi adalah 105 Cm dan tinggi halangan adalah 15 Cm, diukur dari permukaan jalan.

Jarak pandang henti terdiri dari dua komponen, yaitu adalah sebagai berikut :

- Jarak tanggap adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.
- Jarak pengereman adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

rumus :

$$J_h = (J_{ht}) + (J_{hr}) \dots\dots\dots$$

$$J_h = \frac{VR}{3,6} T + \frac{\left(\frac{VR}{3,6}\right)^2}{2gf} \dots\dots\dots$$

Dimana :

V_R : kecepatan rencana (km/Jam)

T : waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

g : percepatan gravitasi, ditetapkan $9,8 \text{ m/det}^2$

f : koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal,

AASHTO menetapkan $f = 0,28 - 0,45$

(f semakin kecil jika V_R semakin tinggi, dan sebaliknya). Bina

Marga menetapkan $f = 0,35 - 0,55$.

G : Percepatan gravitasi, ditetapkan $9,8 \text{ m/det}^2$

T : Waktu tanggap 2,5 detik

Rumus diatas dapat di sederhanakan menjadi :

- Untuk jalan datar :

$$J_h = 0,278 V_R T + \frac{VR^2}{254f} \dots\dots\dots$$

- Untuk jalan dengan kelandaian tertentu

$$J_h = 0,278 V_R T + \frac{VR^2}{254(f \pm L)} \dots\dots\dots$$

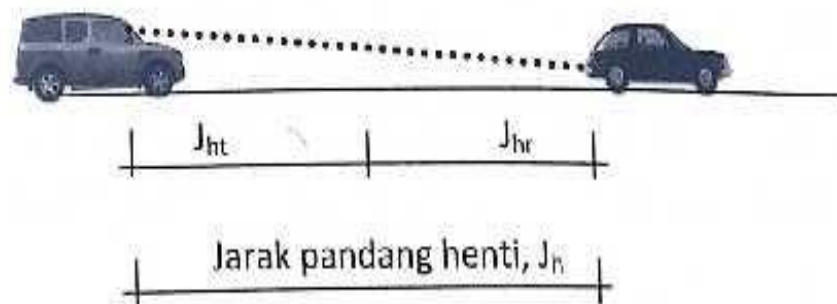
Dimana L = Landai Jalan (%) atau persatuan

Nilai jarak pandang henti (J_h) minimum dapat dilihat berdasarkan nilai V_r pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.8 Jarak Pandang Henti Minimum

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

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota,



No.038/T/BM/1997)

Gambar 2.5 Jarak pandang henti

2. Jarak pandang mendahului (J_d)

Jarak pandang mendahului (J_d) adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain didepannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula. (Hamirham Saodang, 2004: 40)

Jarak pandang mendahului diukur berdasarkan asumsi tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 105 cm. Jarak kendaraan mendahului dengan kendaraan datang dan jarak pandang mendahului sesuai dengan VR dapat dilihat pada tabel 2.9 dan 2.10 dibawah ini.

Tabel 2.9 Jarak Kendaraan Mendahului Kendaraan Datang (d)

V (km/jam)	50 - 65	65 - 80	80 - 95	95 - 100
J_h Minimum (m)	30	55	75	90

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota
No.038/T/BM/1997)

Tabel 2.10 Panjang Jarak Pandang Mendahului berdasarkan VR

V (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jd	800	675	550	350	250	200	150	100

(sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997)

Jarak pandang mendahului (J_d), dalam satuan meter ditentukan sebagai berikut :

$$(J_d) = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \dots \dots \dots (2.6)$$

$$d_1 = 0,278 (V_R - m + \frac{a.T_1}{2}) \dots \dots \dots (2.7)$$

$$d_2 = 0,278 V_R.T_2 \dots \dots \dots (2.8)$$

$$d_3 = \text{antara } 30 - 100 \text{ meter} \dots \dots \dots (2.9)$$

$$d_4 = 2/3 d_2 \dots \dots \dots (2.10)$$

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 beda berlawanan setelah proses mendahului selesai (m).

d_4 = Jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah

yang berlawanan yang besarnya diambil sama dengan $2/3$

$d_2(m)$.

T_1 = waktu dalam detik $2,12 + 0,026 V_R$

A = percepatan rata-rata km/jam/ detik $2,052 + 0,0036 V_R$

M = perbedaan kecepatan dari kendaraan yang mendahului dan kendaraan yang didahului (biasanya diambil (10-15 km/jam).

V_R = Kecepatan kendaraan rata-rata dalam keadaan mendahului Kecepatan Rencana (km/jam).

2.2.8 Daerah Bebas Samping di Tikungan

Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang di tikungan sehingga J_h dipenuhi. Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan ditikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh E (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan J_h dipenuhi. (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, No. 038/T/BM/1997).

2.3 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan atau hierarki jalan adalah cara penggolongan atau pengelompokkan jalan menurut fungsinya pada jaringan transportasi jalan suatu wilayah. Penentuan klasifikasi jalan terkait dengan besarnya volume lalu lintas yang menggunakan jalan tersebut, besarnya kapasitas jalan, keekonomian dari jalan tersebut serta pembiayaan pembangunan dan perawatan jalan.

Ada pun klasifikasi jalan yang sudah umum dikenal sebagai berikut:

1. Klasifikasi jalan berdasarkan fungsi jalan
2. Klasifikasi jalan berdasarkan kelas jalan
3. Klasifikasi jalan berdasarkan wewenang pembinaan
4. Klasifikasi jalan berdasarkan medan jalan
5. Klasifikasi jalan berdasarkan volume lalu lintas
6. Klasifikasi jalan berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana

2.3.1 Klasifikasi Jalan berdasarkan Fungsi Jalan

.Klasifikasi fungsional seperti ini diangkat dari klasifikasi di Amerika Serikat dan Canada. Di atas arteri masih ada *Freeway*.

1. Jalan Arteri merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk (akses) dibatasi.

2. Jalan Kolektor merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.
3. Jalan Lokal merupakan jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
4. Jalan Lingkungan merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata-rata rendah.

2.3.2 Klasifikasi Jalan berdasarkan Kelas Jalan

Dalam penentuan kelas jalan sangat diperlukan adanya data lalu Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR), baik itu merupakan data jalan sebelumnya bila jalan yang akan direncanakan tersebut merupakan peningkatan atau merupakan data yang didapat dari jalan sekitar bila jalan yang akan dibuat merupakan jalan baru.

Salah satu penentuannya adalah dengan cara menghitung LHR akhir umur rencana. LHR akhir umur rencana adalah jumlah perkiraan kendaraan dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP) yang akan dicapai pada akhir tahun rencana dengan mempertimbangkan perkembangan jumlah kendaraan mulai dan saat merencanakan dan pelaksanaan jalan itu dikerjakan.

Setelah di dapat nilai LHR yang direncanakan dan dikalikan dengan faktor (FE), maka didapat klasifikasi kelas jalan tersebut.

Menurut UU No. 22 tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, klasifikasi jalan berdasarkan kelas jalan adalah sebagai berikut:

- a. Kelas Jalan I Jalan arteri dan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan adalah 10 ton.
- b. Kelas Jalan II Jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 12.000 milimeter, ukuran tinggi 4.200 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan adalah 8 ton.
- c. Kelas Jalan III Jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.100 milimeter,

ukuran panjang tidak melebihi 9.000 milimeter, ukuran paling tinggi 3.500 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan adalah 8 ton.

- d. Kelas Jalan Khusus Jalan arteri, yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang melebihi 18.000 milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 milimeter, dan muatan sumbu terberat lebih dari 10 ton.

Tabel 2.11 Klasifikasi menurut kelas jalan.

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat MST(ton)
Arteri	I	>10
	II	10
	IIIA	8
Kolektor	IIIA	8
	IIIB	8

(Sumber :Perencanaan Geometrik Jalan No. 038/TBM/1997)

2.3.3 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Wewenang Pembinaan

Menurut PP No. 34 tahun 2006 tentang Jalan dan UU No. 22 tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, berdasarkan wewenang pembinaan jalan dapat dibedakan sebagai berikut:

1. Jalan Nasional, yang termasuk kelompok ini adalah jalan arteri primer, jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi dan jalan lain yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan nasional.
2. Jalan Provinsi, yang termasuk kelompok jalan provinsi adalah jalan kolektor primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota Kabupaten/Kotamadya atau antar ibukota Kabupaten/ Kotamadya.
3. Jalan Kabupaten, yang termasuk kelompok jalan Kabupaten adalah jalan kolektor primer yang tidak termasuk jalan nasional dan jalan provinsi, jalan lokasi primer, jalan sekunder dan jalan lain yang tidak termasuk dalam kelompok jalan nasional atau jalan provinsi serta jalan kotamadya.

4. Jalan Kotamadya, yang termasuk kelompok jalan Kotamadya adalah jalan sekunder di dalam kotamadya.
5. Jalan Tol, adalah jalan yang dibangun dimana kepemilikan dan penyelenggaraannya ada pada pemerintah atas usul Menteri, Presiden menetapkan suatu ruas jalan tol dan haruslah merupakan alternatif lintas jalan yang ada.

2.3.4 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Medan Jalan

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur. Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam Tabel 2.12.

Tabel 2.12 Klasifikasi menurut medan jalan

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

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometri Jalan Raya, 1970)

2.3.5 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Volume Lalu Lintas

Klasifikasi jalan menurut volume lalu lintas sesuai dengan Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya (PPCGR) No. 13/1970 sebagai berikut :

Tabel 2.13 Klasifikasi Menurut Volume Lalu Lintas

No	Fungsi	Kelas	LHR dalam smp
1	Utama	I	>20.000
2	Sekunder	IIA IIB IIC	6.000 sampai 20.000 1.500 sampai 8.000 <20.000
3	Penghubung	III	-

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometri Jalan Raya, 1970)

a. Kelas I

Kelas jalan ini mencakup semua kelas jalan utama dan dimaksudkan untuk dapat melayani lalu lintas cepat dan berat.

b. Kelas II

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan sekunder. Dalam komposisi lalu lintas terdapat lalu lintas lambat. Kelas jalan ini selanjutnya berdasarkan komposisi dan sifat lalu lintasnya, dibagi dalam tiga kelas yaitu II A, II B, II C.

c. Kelas III

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan penghubung dan merupakan konstruksi jalan berjalur tunggal atau dua. Konstruksi permukaan jalan yang paling tinggi adalah peleburan dengan aspal.

2.3.6 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Spesifikasi Penyediaan Prasarana

Jalan Menurut Peraturan Pemerintah No. 34 Tahun 2006 Kelas jalan dikelompokkan berdasarkan penggunaan jalan dan kelancaran lalu lintas dan angkutan jalan, serta spesifikasi penyediaan prasarana jalan. Kelas jalan berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan dikelompokkan sebagai berikut:

1. Jalan Bebas Hambatan (Freeway)

Spesifikasi jalan bebas hambatan sebagaimana dimaksud meliputi pengendalian jalan masuk secara penuh, tidak ada persimpangan sebidang, dilengkapi pagar ruang milik jalan, dilengkapi dengan median, paling sedikit mempunyai 2 (dua) lajur setiap arah, dan lebar lajur paling sedikit 3,5 meter.

2. Jalan Raya

Spesifikasi jalan raya sebagaimana dimaksud adalah jalan umum untuk lalu lintas secara menerus dengan pengendalian jalan masuk secara terbatas dan dilengkapi dengan median, paling sedikit 2 (dua) lajur setiap arah, lebar lajur paling sedikit 3,5 meter.

3. Jalan Sedang

Spesifikasi jalan sedang sebagaimana dimaksud adalah jalan umum dengan lalu lintas jarak sedang dengan pengendalian jalan masuk tidak dibatasi, paling sedikit 2 (dua) lajur untuk 2 (dua) arah dengan lebar jalur paling sedikit 7 (tujuh) meter.

4. Jalan Kecil

Spesifikasi jalan kecil sebagaimana dimaksud dalam Pasal 31 ayat (3) adalah jalan umum untuk melayani lalu lintas setempat, paling sedikit 2 (dua) lajur untuk 2 (dua) arah dengan lebar jalur paling sedikit 5,5 meter.

2.3 Bagian-bagian Jalan

Jalan memiliki bagian-bagian yang sangat penting, bagian-bagian tersebut dikelompokkan menjadi 4 bagian, yaitu bagian yang berguna untuk lalu lintas, bagian yang berguna untuk drainase jalan, bagian pelengkap jalan, dan bagian konstruksi jalan

1. Bagian yang berguna untuk lalu lintas terdiri dari:
 - a. Jalur lalu lintas
 - b. Lajur lalu lintas
 - c. Bahu
 - d. Trotoar
 - e. Median
2. Bagian yang berguna untuk drainase jalan antara lain:
 - a. Saluran samping
 - b. Kemiringan melintang
 - c. Kemiringan melintang bahu
 - d. Kemiringan lereng
3. Bagian Pelengkap Jalan meliputi:
 - a. Kereb (*kerb*)
 - b. Pengaman Tepi
4. Bagian konstruksi jalan meliputi:
 - a. Lapisan perkerasan jalan
 - b. Lapisan pondasi atas
 - c. Lapisan pondasi bawah
 - d. Lapisan tanah dasar

2.4 Penampang Melintang

Penampang melintang jalan adalah suatu potongan jalan yang tegak lurus pada sumbu jalan yang menunjukkan bentuk serta susunan bagian-bagian jalan yang bersangkutan dalam arah melintang. (Silvia Sukirman, 1999) Pada potongan melintang jalan dapat terlihat bagian-bagian jalan. Bagian – bagian jalan yang utama dapat dikelompokkan sebagai berikut :

- 1) Jalur dan lajur lalu lintas
- 2) Bahu jalan
- 3) Talud
- 4) Drainase
- 5) Median
- 6) Trotoar

2.4.1 Jalur dan Lajur Lalu Lintas.

Jalur lalu lintas (*travelled way = carriage way*) adalah keseluruhan bagian perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk lalu lintas kendaraan. Jalur lalu lintas terdiri dari beberapa lajur (*lane*) kendaraan.

Lajur kendaraan yaitu bagian dari jalur lalu lintas yang khusus diperuntukkan untuk dilewati oleh satu rangkaian kendaraan beroda empat atau lebih dalam satu arah. Oleh sebab itu, jumlah lajur minimal untuk jalan 2 arah adalah 2 dan pada umumnya disebut sebagai jalan 2 lajur 2 arah.

Jalur lalu lintas untuk 1 arah minimal terdiri dari 1 lajur lalu lintas.

➤ Jalan perkotaan :

1. Jalan dua-lajur dua-arah (2/2 UD).
2. Jalan empat-lajur dua-arah.
 - a) Tak-terbagi (tanpa median) (4/2 UD).
 - b) Terbagi (dengan median) (4/2 D).
3. Jalan enam-lajur dua-arah terbagi (6/2 D).
4. Jalan satu-arah (1-3/1).

➤ Jalan Luar Kota :

1. Jalan dua-lajur dua-arah tak terbagi (2/2UD)
2. Jalan empat-lajur dua-arah
 - a) Tak terbagi (tanpa median) (4/2 UD).
 - b) Terbagi (dgn Median) (4/2 D)
3. Jalan enam-lajur dua-arah terbagi (6/2 D)

Jumlah jalur yang dibutuhkan untuk memenuhi persyaratan rencana volume lalu lintas harian ditentukan seperti pada tabel berikut:

Tabel 2.14 Jumlah Jalur Lalu Lintas

VLR (smp/hr)	Medan	Fungsi	Lajur
≥ 138.000	D, B	Jalan Arteri	6
$36.000 \leq 138.000$			4
< 36.000			2
≥ 156.000	G		6
$41.000 \leq 156.000$			4
< 41.000			2
≥ 36.000	D, B	Jalan Kolektor	4
≤ 36.000			2
≥ 41.000	G		4
≤ 41.000			2

(Sumber : SSPGJLK, 1990)

2.4.2 Bahu Jalan

Bahu jalan adalah bagian mafaat jalan yang berdampingan dengan jalur lalu lintas untuk menampung kendaraan yang berhenti, keperluan darurat dan pendukung samping bagi lapis pondasi tanah, pondasi atas dan pondasi permukaan. Fungsi utama bahu jalan adalah:

1. Untuk melindungi bagian utama jalan
2. Sebagai tempat berhenti kendaraan yang mogok atau sekedar berhenti untuk berorientasi terhadap jurusan yang akan dituju.
3. Menyediakan ruang bebas samping bagi lalu lintas.
4. Meningkatkan jarak pandangan pada tikungan.
5. Sebagai trotoar jika tidak ada trotoar.
6. Tempat meletakkan rambu-rambu lalu lintas, dll.

Berdasarkan tipe perkerasannya, bahu jalan dapat dibedakan atas:

- a) Bahu yang tidak diperkeras
- b) Bahu yang diperkeras
Dilihat dari letaknya bahu terhadap arah arus lalu lintas, maka bahu jalan dapat dibedakan atas :
 - Bahu kiri/bahu luar (*left shoulder/outer shoulder*), adalah bahu yang terletak di tepi sebelah kiri dari jalur lalu lintas.
 - Bahu kanan/bahu dalam (*right inner shoulder*), adalah bahu yang terletak di tepi sebelah kanan dari jalur lalu lintas

2.4.3 Talud

Talud merupakan bagian tepi perkerasan yang diberi kemiringan, untuk menyalurkan air ke saluran tepi. Dapat juga berarti lereng kiri-kanan jalan dari suatu perbukitan, yang dipotong untuk pembentukan badan jalan

Talud berfungsi untuk menahan badan jalan. Talud juga merupakan lereng parit yang dapat bertindak sebagai bagian dari bahu. Talud dapat terdiri dari tanah, rumput atau pasangan penahan tanah.

2.4.4 Drainase

Perlengkapan drainase merupakan bagian yang penting pada suatu jalan dan harus direncanakan berdasarkan data-data hidrologi seperti intensitas, lama dan frekuensinya, besar dan sifat alirannya dan lain-lain. Drainase haruslah dapat membebaskan pengaruh buruk akibat air terhadap konstruksi perkerasan.

2.4.5 Median

Jalan raya yang mempunyai 4 jalur atau lebih harus mempunyai median. Fungsi utama median adalah untuk memisahkan dua jurusan arus lalu lintas demi keamanan, dengan demikian memungkinkan kecepatan yang tinggi, guna membatasi belokan U agar lalu lintas lancar, untuk membentuk jalur belok kanan pada persimpangan dan untuk mengurangi sorotan lampu.

Median dengan lebar sampai 5 meter sebaiknya ditinggikan dengan kereb atau dilengkapi dengan pembatas agar tidak dilanggar kendaraan. Semakin lebar median semakin baik bagi lalu lintas tetapi semakin mahal biaya yang dibutuhkan.

Lebar median jalan dapat dilihat pada Tabel 2.15 berikut :

Tabel 2.15 Lebar Median Jalan

Kelas	1 & 1*	2	3 & 3*
Lebar minimum mutlak median	0,5	0,5	0,5
Lebar minimum standar batas	2	1,5	1

(Sumber : SSPGJLK, 1990)

2.4.6 Trotoar

Trotoar tidak dibutuhkan pada jalan raya diluar kota jika lalu lintas dan kepadatan penduduk rendah. Sebagian bahu jalan dapat menggantikan fungsi trotoar. Jika volume lalu lintas atau jumlah pejalan kaki lebih tinggi, maka harus dipakai bahu jalan yang lebih lebar. Lebar trotoar tergantung pada kondisi, dan sebaiknya selebar 3,0 m.

2.4.7 Lebar Manfaat Jalan

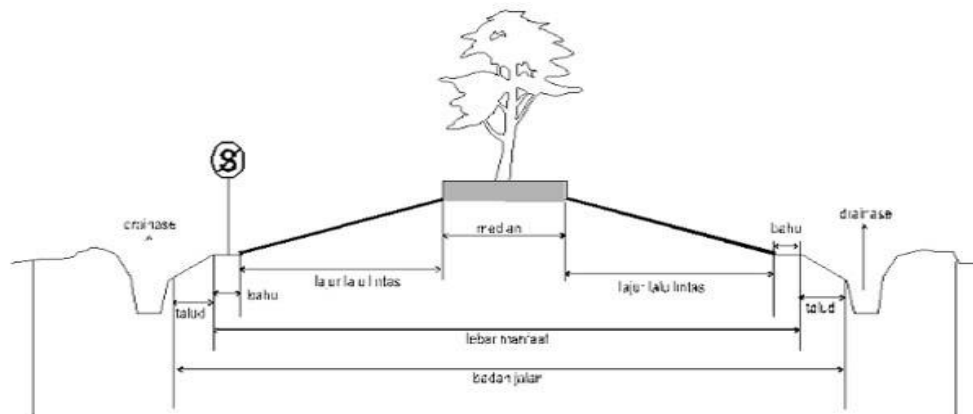
Lebar manfaat adalah bagian dari jalan raya yang berguna langsung untuk lalu lintas.

2.4.8 Badan Jalan

Badan Jalan adalah bagian penting bagi pemakai jalan dan meliputi jalur lalu lintas, median dan bahu jalan.

2.4.9 Daerah Pembebasan

Daerah pembebasan adalah daerah yang disediakan untuk keperluan jalan dan perlengkapannya.



Gambar 2.6 Penampang Jalan

Ada beberapa istilah dalam penampang melintang jalan:

- Daerah Milik Jalan (DAMIJA) adalah seluruh daerah manfaat jalan berikut jalur tertentu di luar daerah manfaat jalan tersebut yang ditujukan untuk memenuhi kondisi ruang bagi pemanfaat jalan.
- Daerah Manfaat Jalan (DAMAJA) adalah meliputi seluruh jalur lalu lintas (badan jalan, saluran tepi dan ambang pemangaman).
- Daerah Pengawasan Jalan (DAWASJA) ditujukan untuk penjagaan terhadap terhalangnya pandangan pengendara bermotor dan untuk konstruksi jalan, jika ruang daerah milik jalan tidak mencukupi.

2.5 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal terdiri dari garis-garis lurus (biasa disebut tangen), yang dihubungkan dengan garis-garis lengkung. Garis lengkung dapat terdiri dari busur lingkaran ditambah dengan lengkung peralihan atau busur peralihan saja ataupun busur lingkaran saja. (Silvia Sukirman, 1999) Ditinjau secara umum penempatan alinyemen horizontal harus dapat menjamin keselamatan dan kenyamanan bagi pengguna jalan.

Untuk itu perlu diperhatikan hal-hal berikut :

- a. Sedapat mungkin menghindari *broken back*, artinya tikungan searah yang hanya dipisahkan oleh tangen yang sangat pendek yang dapat mengurangi keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan.
 - b. Pada bagian yang relatif lurus dan panjang trase tiba-tiba terdapat tikungan yang tajam yang dapat membahayakan pengemudi.
 - c. Kalau tidak terpaksa jangan menggunakan radius minimum sebab jalan tersebut akan sulit mengikuti perkembangan yang akan terjadi dimasa yang akan datang.
 - d. Apabila terpaksa menghadapi tikungan ganda maka dalam perencanaan harus diusahakan agar jari-jari (R_1) lebih kecil atau sama dengan jari-jari lengkung kedua (R_2) x 1,5.
 - e. Hindari sedapat mungkin lengkung yang terbalik dengan mendadak.
 - f. Hindarkan lengkung yang tajam pada timbunan yang tinggi.
- Aspek-aspek penting pada alinyemen horizontal mencakup :
1. Gaya sentrifugal.
 2. Bentuk-bentuk busur peralihan.
 3. Bentuk-bentuk tikungan.
 4. Diagram Superelevasi.
 5. Pelebaran Perkerasan pada tikungan.
 6. Jarak pandang pada tikungan.

Pada perencanaan alinyemen horizontal umumnya akan ditemui 2 jenis bagian jalan yaitu bagian lurus dan bagian lengkung atau disebut tikungan. Tikungan terdiri dari 3 jenis yaitu, tikungan *Full Circle* (FC), *Spiral-Circle-Spiral* (SCS) dan *Spiral-Spiral* (SS).

1. Bagian Lurus

Panjang maksimum bagian lurus, harus dapat ditempuh dalam waktu $\leq 2,5$ menit sesuai V_r dengan pertimbangan keselamatan pengemudi akibat dari kelelahan.

Tabel 2.16 Panjang Bagian Lurus Maksimum

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

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, No. 038/T/BM/1997)

2. Tikungan

a. Jari – jari minimum

Kendaraan pada saat melalui tikungan dengan kecepatan (V) akan menerima gaya sentrifugal yang menyebabkan kendaraan tidak stabil. Untuk mengimbangi gaya sentrifugal tersebut, perlu dibuat suatu kemiringan melintang jalan pada tikungan yang disebut 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).

Rumus umum untuk lengkung horizontal adalah :

$$R = \frac{V^2}{127 (e+f)} \dots\dots\dots$$

$$D = \frac{25}{2\pi R} \times 360^\circ \dots\dots\dots$$

Dimana : R = Jari-jari lengkung (m)

D = Derajat lengkung (°)

Untuk menghindari terjadinya kecelakaan, maka untuk kecepatan tertentu dapat dihitung jari-jari minimum untuk superelevasi maksimum dan koefisien gesekan maksimum.

$$R_{min} = \frac{Vr^2}{127 (e maks+f maks)} \dots\dots\dots$$

$$D_{maks} = \frac{181913,53 (e maks+f maks)}{Vr} \dots\dots\dots$$

Dimana : Rmin = Jari-jari tikungan minimum (m)

V_r = Kecepatan kendaraan rencana (km/jam)

E_{maks} = Superelevasi maksimum (%)

F_{maks} = Koefisien gesekan melintang maksimum

D_{maks} = Derajat Maksimum

Untuk pertimbangan perencanaan, digunakan $e_{maks} = 10\%$ dan f_{maks} sesuai gambar 2.7 yang hasilnya dibulatkan. Untuk berbagai variasi kecepatan dapat digunakan tabel 2.17



Gambar 2.7 Grafik nilai (f), untuk $e_{maks} = 6\%$, 8% dan 10% (menurut AASHTO)

Tabel 2.17 Panjang Jari-jari Minimum (Dibulatkan) untuk $e_{maks} = 10\%$

V_r (km/jam)	120	100	90	80	60	50	40	30	20
R_{min} (m)	600	370	280	210	115	80	50	30	15

(Sumber: TPGJAK–No.038/T/BM97)

b. Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan adalah lengkung yang disisipkan di antara bagian lurus jalan dan bagian lengkung jalan berjari-jari tetap R ; berfungsi mengantisipasi perubahan alinyemen jalan dari bentuk lurus (R tak terhingga) sampai bagian lengkung jalan berjari-jari tetap R sehingga gaya sentrifugal

yang bekerja pada kendaraan saat berjalan di tikungan berubah secara berangsur-angsur, baik ketika kendaraan mendekati tikungan maupun meninggalkan tikungan. Bentuk lengkung peralihan dapat berupa parabola atau spiral (*clothoid*). Dengan adanya lengkung peralihan, maka tikungan menggunakan jenis SCS. (Shirley L.Hendarsin, 2000).

Panjang lengkung peralihan (L_s), menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Raya Antar Kota 1997, diambil nilai yang terbesar dari tiga persamaan di bawah ini :

- 1) Berdasarkan waktu tempuh maksimum (3 detik) di lengkung peralihan

$$L_s = \frac{VR}{3,6} \cdot T \dots\dots\dots$$

- 2) Berdasarkanantisipasi gaya sentrifugal

$$L_s = 0,222 \cdot \frac{VR^3}{R \cdot C} - 2,727 \cdot \frac{VR \cdot e}{C} \dots\dots\dots$$

- 3) Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_s = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 \cdot r_e} \cdot VR \dots\dots\dots$$

Keterangan :

T = Waktu tempuh (3 detik)

R = Jari-jari busur lingkaran

C = Perubahan percepatan, 0,3 – 1,0 disarankan 0,4 m/det²

VR = Kecepatan rencana (km/jam)

E = Superelevasi

E_m = Superelevasi maksimum

R_e = Tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan, sebagai berikut :

Untuk $VR \leq 70$ km/jam $r_e \text{ maks} = 0,035$ m/m/det

Untuk $VR \geq 80$ km/jam $r_e \text{ maks} = 0,025$ m/m/det

Tabel 2.18 Jari-jari yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

VR(km/jam)	120	100	90	80	60	50	40	30	20
Rmin(m)	2500	1500	900	210	500	350	250	130	60

(Sumber:TPGJAK–No.038/T/BM97)

Tabel 2.19 Panjang Lengkung Peralihan Minimum Dan Superlevasi Yang Dibutuhkan (E Maksimum = 10% Metoda Bina Marga)

(e_{max} = 10%)

R	V _R = 120 km/jam			V _R = 100 km/jam			V _R = 80 km/jam			V _R = 60 km/jam						
	e	Ls (m)		e	Ls (m)		e	Ls (m)		e	Ls (m)					
	(m)	(%)	2 Lajur	4 Lajur	(%)	2 Lajur	4 Lajur	(%)	2 Lajur	4 Lajur	(%)	2 Lajur	4 Lajur			
7000	LN	0	0	LN	0	0	LN	0	0	LN	0	0	0			
5000	LN	0	0	LN	0	0	LN	0	0	LN	0	0	0			
3000	2,5	23	35	RC	16	25	LN	0	0	LN	0	0	0			
2500	2,9	28	42	2,2	18	27	LN	0	0	LN	0	0	0			
2000	3,6	34	52	2,7	22	33	RC	14	22	LN	0	0	0			
1500	4,8	45	68	3,5	29	43	2,4	17	26	LN	0	0	0			
1400	5,1	48	72	3,8	31	46	2,6	19	28	RC	12	18	18			
1300	5,4	52	77	4,0	33	49	2,8	20	30	RC	12	18	18			
1200	5,9	56	83	4,3	35	53	3,0	21	32	RC	12	18	18			
1000	6,9	66	99	5,1	42	63	3,5	25	38	2,2	13	20	20			
900	7,6	72	108	5,6	46	69	3,9	28	42	2,5	15	22	22			
800	8,5	80	120	6,2	51	76	4,3	31	46	2,7	16	25	25			
700	9,4	89	134	6,9	57	85	4,8	35	52	3,1	19	28	28			
600	10,0	95	142	7,9	64	97	5,5	40	59	3,6	21	32	32			
500	R _{min} = 590			9,0	73	110	6,4	46	69	4,2	25	37	37			
400				9,9	81	121	7,5	54	81	5,0	30	45	45			
300				R _{min} = 365			9,0	65	97	6,3	38	56	56			
250							9,7	70	105	7,1	43	64	64			
200							R _{min} = 210			8,2	49	74	74			
175										8,8	53	79	79			
150										9,4	56	85	85			
140										9,6	58	87	87			
130										9,8	59	88	88			
120										10,0	60	90	90			
110										10,0	60	90	90			
										R _{min} = 110						

emax	: superelevasi maksimum 10%
R	: Jari-jari lengkung
V _R	: Asumsi kecepatan rencana
e	: Tingkat superelevasi
Ls	: Panjang minimum pencapaian superelevasi run off (tidak termasuk panjang pencapaian superelevasi run out)
LN	: Lereng Normal
RC	: Lereng luar diputar sehingga perkerasan mendapat kemiringan melintang sebesar lereng normal

(Sumber : Metode Bina Marga)

2.5.1 Menentukan Titik Koordinat

Berdasarkan gambar trase jalan rencana yang telah dibuat, setelah itu dapat menentukan posisi titik koordinat. Posisi koordinat titik dari jalan diperoleh dengan menggunakan program *Google earth* dan *Autocad*.

2.5.2 Menghitung Panjang Garis Tangen

Perencanaan geometrik jalan raya merupakan perencanaan bentuk fisik jalan dalam tiga dimensi. Untuk mempermudah dalam penggambaran bagian-bagian perencanaan, maka bentuk fisik jalan digambarkan dalam bentuk alinyemen horizontal atau trase jalan, alinyemen vertikal atau penampang memanjang jalan dan potongan melintang jalan. (Hamirhan Saodang, 2004)

Adapun perhitungan jarak titik-titik penting yang diperoleh dari pemilihan rencana alinyemen horizontal dapat menggunakan rumus berikut ini.

$$d = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2} \dots\dots\dots(2.20)$$

Keterangan :

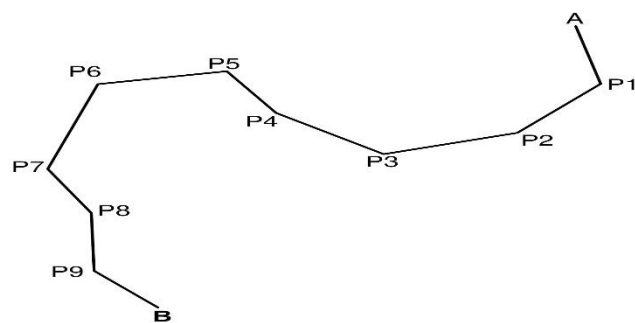
d = Jarak titik A titik P1

X₂ = Koordinat titik P1.1 pada sumbu X

X₁ = Koordinat titik A pada sumbu X

Y₂ = Koordinat titik P1.1 pada sumbu Y

Y₃ = Koordinat titik A pada sumbu Y



Gambar 2.8 Panjang Trase dari Titik A ke Titik B

2.5.3 Menghitung Sudut Azimuth dan Sudut Antara Dua Tangen (Δ)

Setelah menentukan koordinat dan menghitung panjang garis tangen maka selanjutnya menghitung sudut azimuth dan sudut antara dua tangen dengan rumus berikut ini :

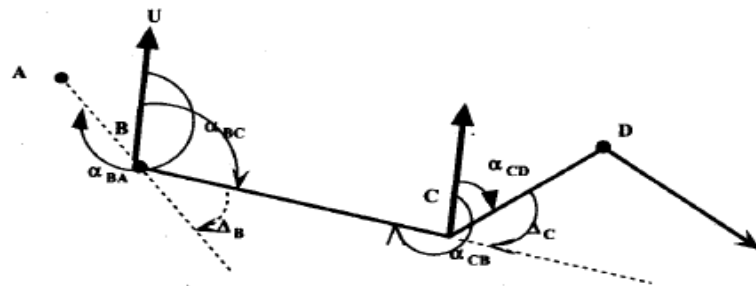
$$\alpha_A = \arctan \frac{x_{p1} - x_A}{y_{p1} - y_A} \dots\dots\dots$$

$$\text{Azimuth A} = 180^\circ - \alpha_A \dots\dots\dots$$

$$\alpha_{p1} = \arctan \frac{x_{p2} - x_{p1}}{y_{p2} - y_{p1}} \dots\dots\dots$$

$$\text{Azimuth P1} = 180^\circ - \alpha_{p1} \dots\dots\dots$$

$$\text{Azimuth } \alpha_A \text{ (terbesar)} - \text{Azimuth } \alpha_{p1} \text{ (terkecil)} \dots\dots\dots$$



Gambar 2.9 Sudut Azimuth dan Sudut Tangen

2.5.4 Menghitung Medan Jalan

Berdasarkan perhitungan rata-rata dari ketinggian muka tanah lokasi rencana, maka dapat diketahui lereng melintang yang digunakan untuk menentukan golongan medan, apakah medan jalan tersebut datar, perbukitan atau pegunungan.

2.5.5 Bentuk – Bentuk Tikungan

1. Lingkaran (*Full Circle* = FC)

FC (Full Circle) 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.

Rumus yang digunakan pada tikungan *full circle* yaitu :

$$F_m = -0,00065 \cdot V_r + 0,192 \text{ (untuk kec. } < 80 \text{ km/jam) } \dots\dots\dots$$

$$X = \frac{(ep+en) \cdot \frac{3}{4} L_s}{L_s} - en \dots\dots\dots$$

$$R_{min} = \frac{V_r^2}{127 (e_{maks} + f_{maks})} \dots\dots\dots$$

$$D_{maks} = \frac{181913,53 (e_{maks} + f_{maks})}{V_r} \dots\dots\dots$$

$$D = -\frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots$$

$$e = -\frac{e_{max}}{D^2_{max}} D^2 + \frac{2 \cdot e_{max}}{D_{max}} D \dots\dots\dots$$

$$\theta_s = \frac{\Delta}{2} \dots\dots\dots$$

$$T_c = R \cdot \tan^{1/2} \Delta \dots\dots\dots$$

$$E_c = R \cdot \tan^{1/4} \Delta \dots\dots\dots$$

$$L_c = \frac{\pi}{180} \cdot \Delta \cdot R \cdot \frac{ep+en}{L_s} \cdot \frac{x+en}{\frac{3}{4} L_s} \dots\dots\dots$$

$$\text{Kontrol} = 2 \cdot T_c > L_c$$

Keterangan :

Δ = Sudut tikungan ($^\circ$)

O = Sudut Pusat Lingkaran ($^\circ$)

T_c = panjang tangen jarak dari TC ke P1 atau P1 ke CT (m)

R_c = Jari-jari lingkaran (m)

L_c = Panjang Busur Lingkaran (m)

E_c = Jarak luar dari P1 ke busur lingkaran (m)

2. *Spiral Circle Spiral (SCS)*

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

Bentuk tikungan ini digunakan pada daerah-daerah perbukitan atau pegunungan, karena tikungan jenis ini memiliki lengkung peralihan yang memungkinkan perubahan menikung tidak secara mendadak dan tikungan tersebut menjadi aman.

Panjang lengkung peralihan, L_s menurut TPGJAK 1997 diambil nilai yang terbesar dari tiga persamaan dibawah ini :

- a. Berdasarkan waktu tempuh maksimum (3 detik), untuk melintasi lengkung peralihan, maka panjang lengkung :

$$L_s = \frac{V_R}{3.6} T \dots\dots\dots$$

- b. Berdasarkan antipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus *modifikasi short*, sebagai berikut :

$$L_s = 0,022 \frac{V_R^3}{R_c.C} T - 2,727 \frac{V_R - e}{C} \dots\dots\dots$$

- c. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian :

$$L_s = \frac{(e_m - e_n)}{3.6re} V_R \dots\dots\dots$$

Dimana :

T = Waktu tempuh (3 detik)

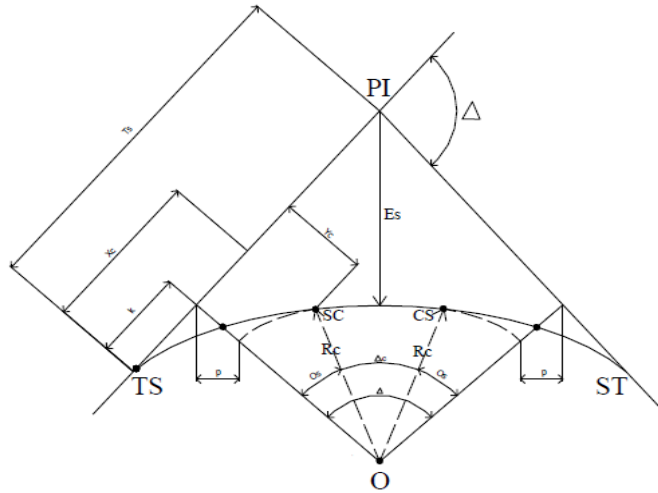
R_c = Jari-jari busur lingkaran (m)

C = Perubahan Kecepatan 0,3 – 1,0 m/detik

Γe = Tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan

Untuk $V \leq 70$ km/jam, $\Gamma e = 0,035$ m/m/dt

Untuk $V_R \geq 80$ km/jam, $\Gamma e = 0,025$ m/m/dt



Gambar 2.11 Spiral- Circle- Spiral

Rumus yang berlaku dalam perencanaan tikungan *Spiral-Circle-Spiral* ini adalah :

$$F_m = -0,00065 \cdot V_r + 0,192 \text{ (untuk } v_r < 80 \text{ km/jam) } \dots\dots\dots$$

$$R_{min} = \frac{V_r^2}{127 (e_{maks} + f_{maks})} \dots\dots\dots$$

$$D_{maks} = \frac{181913,53 (e_{maks} + f_{maks})}{V_r} \dots\dots\dots$$

$$D = -\frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots$$

$$e = -\frac{e_{max}}{D^2_{max}} D^2 + \frac{2 \cdot e_{max}}{D_{max}} D \dots\dots\dots$$

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40 R_c^2} \right) \dots\dots\dots$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 R_c} \dots\dots\dots$$

$$\theta_s = \frac{90 L_s}{\pi R_c} \dots\dots\dots$$

$$\Delta_c = \Delta - 2 \cdot \theta_s \dots\dots\dots$$

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

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40 R_c^2} - R_c \sin \theta_s \dots\dots\dots$$

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

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

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

$$L_{tot} = L_c + 2 L_s \dots\dots\dots$$

$$\text{Kontrol} = L_{total} < 2. T_s$$

Keterangan :

X_s = absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS ke SC
(jarak lurus lengkung peralihan).(m)

Y_s = Koordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, jarak tegak lurus ke titik SC pada lengkung.(m)

L_s = Panjang lengkung peralihan (panjang dari titik TS ke SC
atau CS ke ST).(m)

L_c = Panjang busur lingkaran (panjang dari titik TS Ke SC
atau CS ke ST).(m)

T_s = Panjang tangen dari titik P1 ke TS atau ke titik ST.(m)

TS = Titik dari tangen ke spiral.(m)

SC = Titik dari spiral ke lingkaran.(m)

E_s = Jarak dari P1 Ke busur lingkaran.(m)

θ_s = Sudut lengkung spiral ($^\circ$)

R_c = Jari-jari lingkaran.(m)

p = Pergeseran tangen terhadap spiral (m)

k = absis dari p pada garis tengen spiral (m)

3. Spiral - Spiral (SS)

Bentuk tikungan ini digunakan pada keadaan yang sangat tajam. Lengkung horizontal berbentuk spiral-spiral adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga SC berimpit dengan titik CS. Adapun semua rumus dan aturannya sama seperti berikut.

$$F_m = -0,00065 \cdot V_r + 0,192 \text{ (untuk } v_{\text{kec}} < 80 \text{ km/jam)} \dots\dots\dots$$

$$R_{\min} = \frac{V_r^2}{127 (e_{\text{maks}} + f_{\text{maks}})} \dots\dots\dots$$

$$D_{\text{maks}} = \frac{181913,53 (e_{\text{maks}} + f_{\text{maks}})}{V_r} \dots\dots\dots$$

$$D = -\frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots$$

$$E = -\frac{e_{\max}}{D^2_{\max}} D^2 + \frac{2 \cdot e_{\max}}{D_{\max}} D \dots\dots\dots$$

$$\theta_s = \frac{\Delta}{2} \dots\dots\dots$$

Untuk menentukan nilai L_s dapat digunakan beberapa pendekatan sebagai berikut :

- a) Berdasarkan table Bina Marga

$$L_s 1 = 50 \text{ m} \dots\dots\dots$$

- b) Berdasarkan waktu tempuh maksimum 3 detik

$$L_s 2 = \frac{VR}{3,6} \cdot T \dots\dots\dots$$

- c) Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$L_s 3 = 0,222 \cdot \frac{VR^3}{R \cdot C} - 2,727 \cdot \frac{VR \cdot e}{C} \dots\dots\dots$$

- d) Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_s 4 = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 \cdot re} \cdot VR \dots\dots\dots$$

$$L_s \text{ yang digunakan adalah sebagai berikut : } L_s 5 = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R}{90}$$

$L_s 5 > L_s \text{ min}$, maka L_s yang digunakan $L_s 5$

$$L_c = 0 \text{ dan } \theta_s = \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots$$

$$L_{\text{tot}} = 2 L_s \dots\dots\dots$$

Untuk menentukan nilai p dan k dapat dilihat pada tabel 2.14 dibawah ini

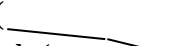
Tabel 2.21 Tabel p dan k untuk $L_s = 1$

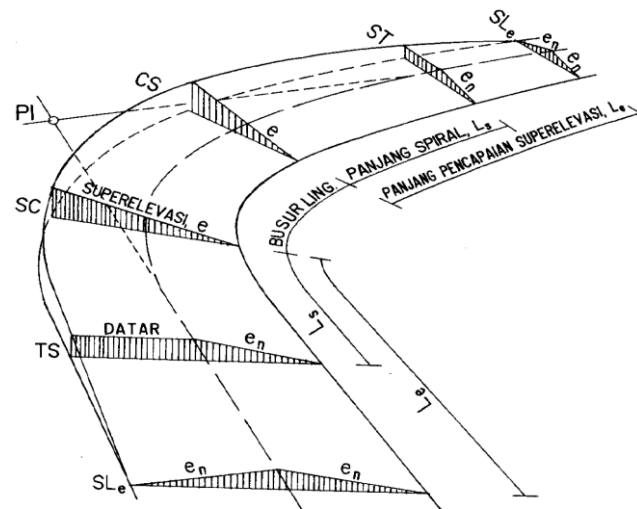
qs (°)	p*	k*	qs (°)	p*	k*	qs (°)	p*	k*
0.5	0.0007272	0.4999987	14.0	0.0206655	0.4989901	27.5	0.0422830	0.4959406
1.0	0.0014546	0.4999949	14.5	0.0214263	0.4989155	28.0	0.0431365	0.4957834
1.5	0.0021820	0.4999886	15.0	0.0221896	0.4988381	28.5	0.0439946	0.4956227
2.0	0.0029098	0.4999797	15.5	0.0229553	0.4987580	29.0	0.0448572	0.4954585
2.5	0.0036378	0.4999683	16.0	0.0237236	0.4986750	29.5	0.0457245	0.4952908
3.0	0.0043663	0.4999543	16.5	0.0244945	0.4985892	30.0	0.0465966	0.4951196
3.5	0.0050953	0.4999377	17.0	0.0252681	0.4985005	30.5	0.0474735	0.4949448
4.0	0.0058249	0.4999187	17.5	0.0260445	0.4984090	31.0	0.0483550	0.4947665
4.5	0.0065551	0.4998970	18.0	0.0268238	0.4983146	31.5	0.0492422	0.4945845
5.0	0.0072860	0.4998728	18.5	0.0276060	0.4982172	32.0	0.0501340	0.4943988
5.5	0.0080178	0.4998461	19.0	0.0283913	0.4981170	32.5	0.0510310	0.4942094
6.0	0.0094843	0.4998167	19.5	0.0291797	0.4980137	33.0	0.0519333	0.4940163
6.5	0.0102191	0.4997848	20.0	0.0299713	0.4979075	33.5	0.0528408	0.4938194
7.0	0.0102191	0.4997503	20.5	0.0307662	0.4977983	34.0	0.0537536	0.4936187
7.5	0.0109550	0.4997132	21.0	0.0315644	0.4976861	34.5	0.0546719	0.4934141
8.0	0.0116922	0.4997350	21.5	0.0323661	0.4975708	35.0	0.0555957	0.4932057
8.5	0.0124307	0.4993120	22.0	0.0331713	0.4974525	35.5	0.0562500	0.4929933
9.0	0.0131706	0.4995862	22.5	0.0339801	0.4973311	36.0	0.0574601	0.4927769
9.5	0.0139121	0.4995387	23.0	0.0347926	0.4972065	36.5	0.0584008	0.4925566
10.0	0.0146551	0.4994884	23.5	0.0356088	0.4970788	37.0	0.0593473	0.4923322
10.5	0.0153997	0.4994356	24.0	0.0364288	0.4969479	37.5	0.0602997	0.4921037
11.0	0.0161461	0.4993800	24.5	0.0372528	0.4968139	38.0	0.0612581	0.4918711
11.5	0.0168943	0.4993218	25.0	0.0380807	0.4966766	38.5	0.0622224	0.4916343
12.0	0.0176444	0.4992609	25.5	0.0389128	0.4965360	39.0	0.0631929	0.4913933
12.5	0.0183965	0.4991973	26.0	0.0397489	0.4963922	39.5	0.0641694	0.4911480
13.0	0.0191507	0.4991310	26.5	0.0405893	0.4962450	40.0	0.0651522	0.4908985
13.5	0.0199070	0.4990619	27.0	0.0414340	0.4960945			

(Sumber : Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan, 1999)

2.5.6 Pencapaian Superelevasi

Superelevasi adalah suatu kemiringan melintang di tikungan yang berfungsi mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima pada saat berjalan melalui tikungan pada kecepatan V_r . Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang harus sampai ke kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.

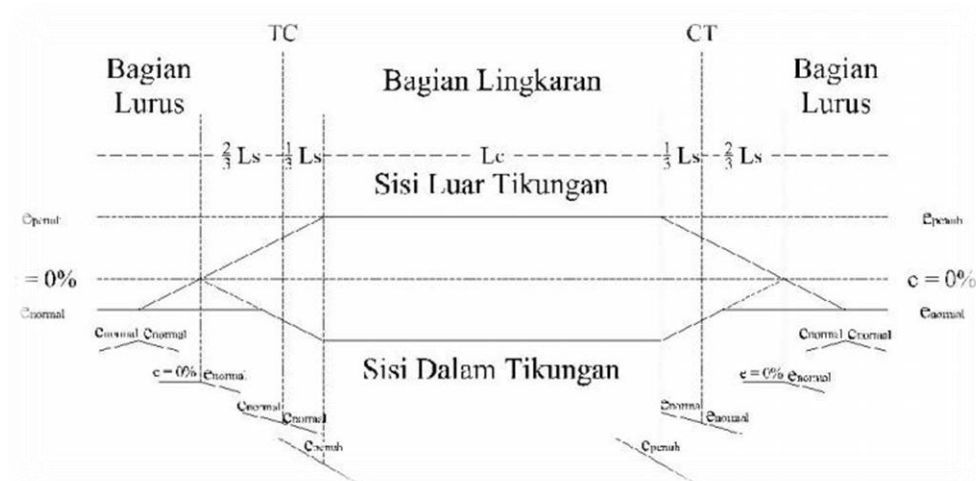
Pada tikungan SCS, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bentuk normal () sampai awal lengkung peralihan (TS) yang berbentuk () pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh () pada akhir bagian lengkung peralihan (SC).



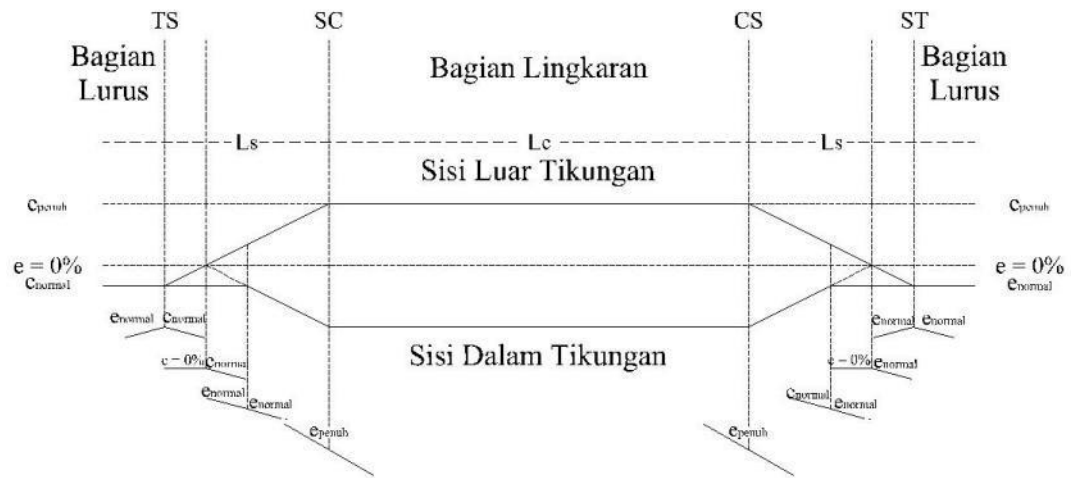
Gambar 2.13 Perubahan Kemiringan Melintang Pada Tikungan

Metoda atau cara untuk melakukan superelevasi yaitu merubah lereng potongan melintang, dilakukan dengan bentuk profil dari tepi perkerasan yang dibundarkan, tetapi disarankan cukup untuk mengambil garis lurus saja. Ada tiga cara untuk mendapatkan superelevasi yaitu :

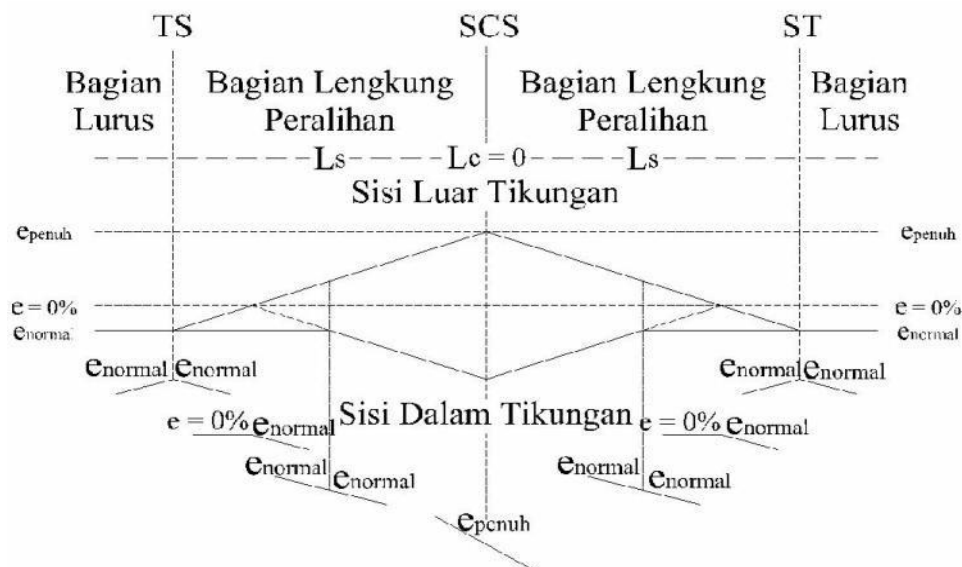
- Memutar perkerasan jalan terhadap profil sumbu
- Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah dalam
- Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah luar



Gambar 2.14 Pencapaian Superelevasi Tikungan Full Circle



Gambar 2.15 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

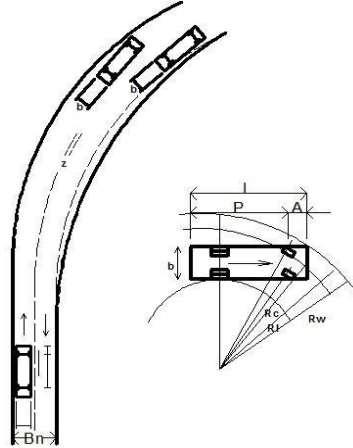


Gambar 2.16 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-Spiral*

2.5.7 Pelebaran di tikungan

Pelebaran perkerasan atau jalur lalu lintas di tikungan, dilakukan untuk mempertahankan kendaraan tetap pada lintasannya sebagaimana pada bagian lurus. Hal ini terjadi karena pada kecepatan tertentu kendaraan pada tikungan cenderung untuk keluar jalur akibat posisi roda depan dan roda belakang yang tidak sama. (Shirley L. Hendarsin, 2000: 106)

Penentuan lebar pelebaran jalur lalu lintas di tikungan ditinjau dari elemen-elemen : keluar lajur (*off tracking*) dan kesukaran dalam mengemudi di tikungan.



Gambar 2.17 Pelebaran Perkerasan Pada Tikungan

Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung pelebaran perkerasan pada tikungan menurut Hamirhan Saodang (2004) sebagai berikut :

$$B = \sqrt{(\sqrt{R_c^2 - 64} + 1,25)^2 + 64} - \sqrt{R_c^2 - 64} + 1,25 \dots\dots\dots$$

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

$$B_t = n (B + C) + Z \dots\dots\dots$$

$$\Delta b = B_t - B_n \dots\dots\dots$$

Dimana :

B = Lebar perkerasan yang ditempatiskan kendaraan di tikungan pada lajur
Sebelah dalam (m)

R_c = Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan

R = Jari-jari busur lingkaran pada tikungan (m)

B_n = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

b = Lebar Kendaraan Rencana (m)

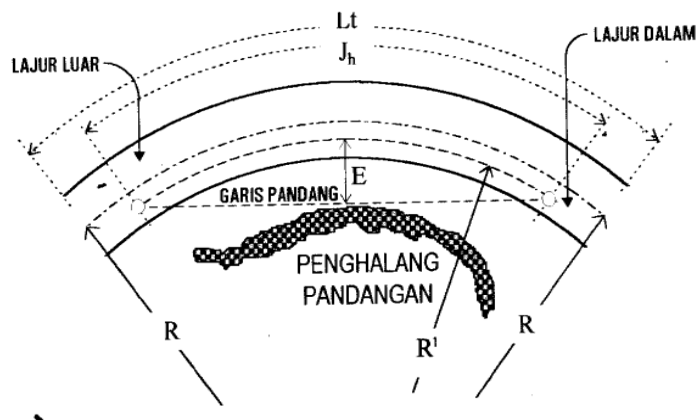
Z = Lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi tikungan (m)

Δb = Tambahan lebar perkerasan di tikungan (m)

2.5.8 Daerah bebas samping di Tikungan

Jarak pandang pengemudi pada lengkung horizontal (di tikungan) adalah pandangan bebas pengemudi dari halangan benda-benda di sisi jalan (daerah bebas samping). Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang di tikungan sehingga J_h dipenuhi.

Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh E (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan J_h dipenuhi.



Gambar 2.18 Daerah Bebas Samping Di Tikungan Untuk $J_h < L_t$

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

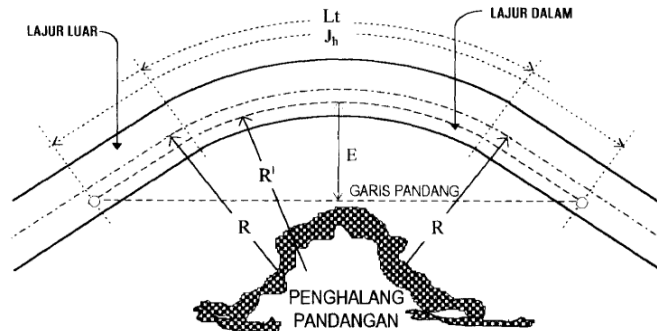
Dimana :

E = Jarak bebas samping (m)

R = Jari-jari tikungan (m)

R' = Jari-jari sumbu jalur dalam (m)

J_h = jarak pandang henti (m)



Gambar 2.19 Daerah Bebas Samping Ditikungan Untuk $J_h > L_t$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{90 \cdot J_h}{\pi \cdot R} \right) + \left(\frac{J_h - L_t}{2} \right) \sin \frac{28,65 \cdot J_h}{R'} \dots\dots\dots$$

Dimana :

E = Jarak bebas samping (m)

R = Jari-jari tikungan (m)

R' = Jari-jari sumbu jalur dalam (m)

J_h = jarak pandang henti (m)

L_t = Panjang tikungan (m)

Daerah bebas samping tikungan dihitung berdasarkan jarak pandang mendahului menggunakan rumus-rumus sebagai berikut :

$$M = R' (1 - \cos \Theta) + \frac{1}{2} (J_d - L) \sin \Theta \dots\dots\dots$$

Dimana :

M = Jarak dari sumbu penghalang ke sumbu lajur sebelah dalam (m)

Θ = Setengah sudut pusat sepanjang L

R' = Radius sumbu lajur sebelah dalam (m)

J_d = Jarak pandangan (m)

L = Panjang tikungan (m)

2.6 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan untuk jalan 2 lajur 2 arah atau melalui tepi dalam masing-masing perkerasan untuk jalan dengan median. Sering kali disebut juga sebagai penampang memanjang jalan. (Silvia, Sukirman, 1999).

Perencanaan alinyemen vertikal sangat dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain :

- a. Kondisi tanah dasar
- b. Keadaan medan
- c. Fungsi jalan
- d. Muka air banjir
- e. Muka air tanah
- f. Kelandaian yang masih memungkinkan

Pada perencanaan alinyemen vertikal akan ditemui kelandaian positif (tanjakan) dan kelandaian negatif (turunan), sehingga kombinasinya berupa lengkung cembung dan lengkung cekung. Disamping kedua lengkung tersebut ditemui pula kelandaian datar (Shirley L. Hendarsin, 2000).

Faktor-faktor yang mempengaruhi desain Alinyemen Vertikal Jalan adalah sebagai berikut :

1. Kondisi Lapisan Tanah sepanjang Badan Jalan.

Karakteristik Badan Jalan didapatkan dari Uji Pemboran atau Geo Listrik dan secara rinci bias didapatkan dari *Standar Penetration Test* (SPT) serta Uji Lab terhadap benda Uji *Undisturbed*. Informasi karakteristik Badan Jalan akan memberikan masukan informasi kepada perencana terkait dengan Jenis Perkerasan serta banyaknya galian maupun timbunan yang diperlukan.

2. Kondisi Tanah disekitar daerah Galian.

Kondisi tanah pada segmen Galian ini, diperlukan agar perencana mempertimbangkan :

- a) Kestabilan lereng daerah Galian.
- b) Keberadaan wilayah *Aquifer* yang sering menjadi masalah dikemudian hari.
- c) Rembesan air (*seepage*) pada daerah lereng.

3. Muka Air Tanah dan Muka Air banjir.

Posisi Muka Air Tanah/Muka Air Banjir terhadap Perkerasan Jalan, diperlukan perencana pada saat menentukan system Drainase Jalan pada bagian segmen tersebut.

4. Fungsi Jalan.

Fungsi jalan mewakili karakter lalu-lintas yang akan melewati ruas jalan. Jalan Arteri dengan karakteristik Kendaraan seperti : kecepatan Tinggi, kendaraan barang dengan volume besar tentunya memerlukan desain geometrik yang berbeda misalnya dengan jalan Lokal dengan ciri kendaraan lambat dan volume barang yang relative sedikit. Terutama terkait dengan kelandaian jalan.

5. Keseimbangan Antara galian dan Timbunan.

Keseimbangan antara galian dan timbunan lebih menekankan pada nilai keekonomian pembangunan jalan.

6. Pertimbangan Lingkungan.

Alinyemen Vertikal didesain dengan mempertimbangkan tuntutan lalu-lintas untuk masa yang akan datang, dan juga tidak merusak lingkungan jalan yang ada.

2.6.1 Kelandaian Alinyemen Vertikal

Untuk menghitung dan merencanakan lengkung vertikal, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu :

1. Karakteristik Kendaraan Pada Kelandaian Hampir seluruh kendaraan penumpang dapat berjalan dengan baik dengan kelandaian 7 - 8 % tanpa adanya perbedaan dibandingkan dengan bagian datar.
2. Kelandaian Maksimum Kelandaian maksimum berdasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh mampu bergerak dengan kecepatan tidak kurang dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah.

Tabel 2.22 Kelandaian Maksimum

V _r (km/jam)	20	10	00	0	0	0	0	40
Kelandaian Maksimum (%)							0	0

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

3. Kelandaian Minimum Pada jalan yang menggunakan kereb pada tepi perkerasannya perlu dibuat kelandaian minimum 0,5 % untuk keperluan saluran kemiringan melintang jalan dengan kreb hanya cukup untuk mengalirkan air kesamping.
4. Panjang Kritis Suatu Kelandaian Panjang diperlukan sebagai batasan panjang kelandaian maksimum agar pengurangan kecepatan kendaraan tidak lebih banyak dari separuh V_R, lama perjalanan pada panjang kritis tidak lebih dari satu menit.

Tabel 2.23 Panjang kritis (m)

Kecepatan pada awal tanjakan (km/jam)	Kelandaian (%)						
	4	5	6	7	8	9	10
80	630	460	360	270	230	230	200
60	320	210	160	120	110	90	80

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

5. Lajur Pendakian Pada Kelandaian Khusus Pada jalur jalan dengan rencana volume lalu lintas yang tinggi, terutama untuk tipe 2/2 TB, maka kendaraan berat akan berjalan pada lajur pendakian dengan kecepatan V_R, sedangkan

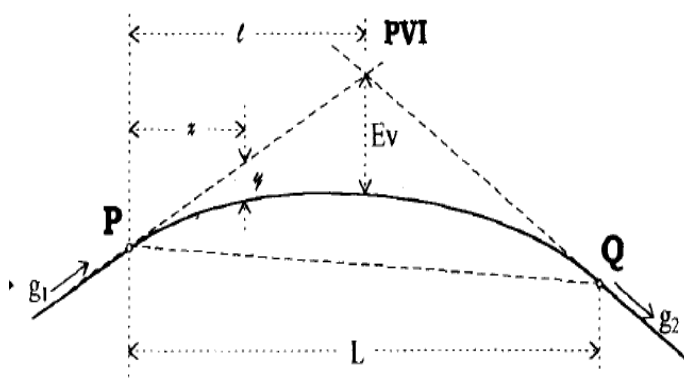
kendaraan lain masih dapat bergerak dengan kecepatan VR, sebaliknya dipertimbangkan untuk dibuat lajur tambahan pada bagian kiri dengan ketentuan untuk jalan baru menurut MKJI didasarkan pada BHS (Biaya Siklus Hidup). Lebar lajur pendakian sama dengan lebar lajur rencana. Lajur pendakian dimulai 30 meter dari awal perubahan kelandaian dengan serongan sepanjang 45 meter dan berakhir 50 meter sesudah puncak kelandaian dengan serongan sepanjang 45 meter.

2.6.2 Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal adalah pergantian dari satu kelandaian ke kelandaian yang lain dilakukan dengan mempergunakan lengkung vertikal. Pergantian dari satu kelandaian ke kelandaian yang lain dilakukan dengan menggunakan lengkung vertikal. Titik perpotongan dua bagian tangent vertikal dinamakan Titik Perpotongan Vertikal (TPV), dikenal dengan nama Point of Vertical Intersection (PVI) atau sering disebut Poin Perpotongan Vertikal (PPV).

Lengkung Vertikal berbentuk lengkung parabola sederhana. Penentuan panjang lengkung vertikal dan elevasi setiap titik pada lengkung digunakan asumsi sebagai berikut :

- Panjang lengkung vertikal sama dengan panjang proyeksi lengkung vertikal.
- Titik PPV terletak di tengah-tengah garis proyeksi lengkung vertikal.



Gambar 2.20 Tipikal Vertikal

Rumus yang digunakan :

$$A = g_2 - g_1 \dots\dots\dots$$

$$EV = \frac{A.L}{800} \dots\dots\dots$$

$$EPLV = EPV \pm g \cdot \frac{1}{2} \dots\dots\dots$$

$$Y = \frac{A.(x)^2}{200 \cdot L} \dots\dots\dots$$

Dimana :

x = Jarak dari titik PLV ke titik yang ditinjau STA

y = Perbedaan elevasi antara titik PLV dan titik yang ditinjau pada STA,
(m)

L = Panjang lengkung vertikal parabola, yang merupakan jarak proyeksi
dari titik PLV dan titik PTV, (STA)

g₁ = Kelandaian tangent dari titik PLV, (%)

g₂ = Kelandaian tangent dari titik PTV, (%)

A = Perbedaan Aljabar Kelandaian

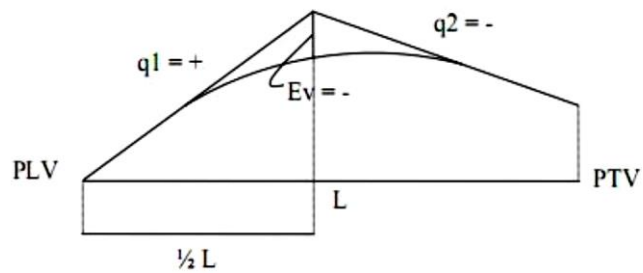
Lengkung vertikal terdiri dari dua jenis yaitu :

a. Lengkung vertikal cembung

Lengkung vertikal cembung, yaitu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada dibawah permukaan jalan.

Lengkung Vertikal Cembung, adalah lengkung dimana titik PPV berada diatas permukaan jalan. Lengkung Vertikal Cembung dirancang berbentuk parabola, sedangkan panjang lengkung ditentukan dengan memperhatikan hal hal sebagai berikut :

- a. Jarak pandang
- b. Drainase
- c. Kenyamanan



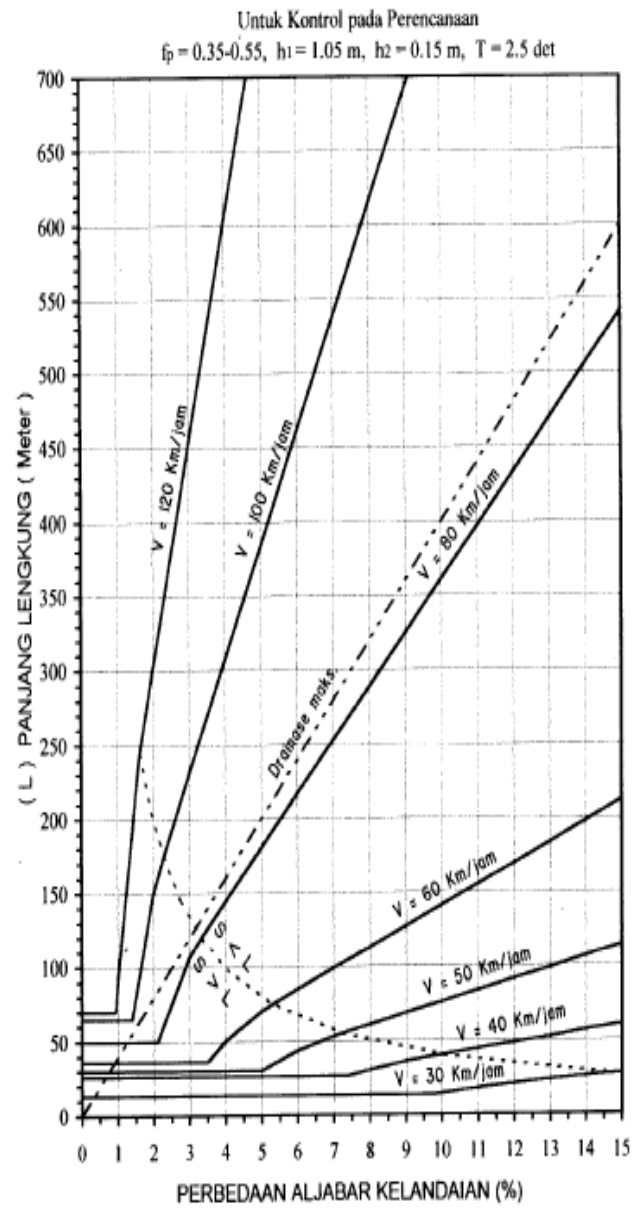
Gambar 2.21 Lengkung Vertikal Cembung

Ketentuan tinggi menurut Bina Marga (1997) untuk lengkung cembung seperti pada tabel 2.24

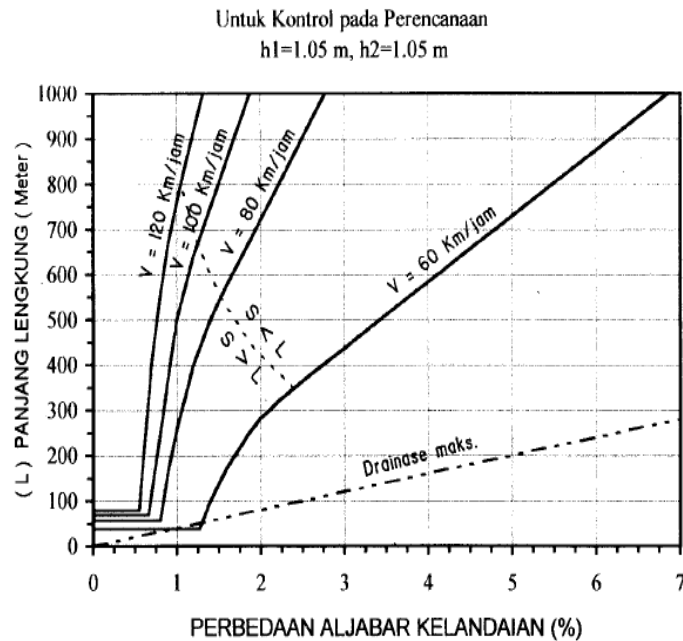
Tabel 2.24 Ketentuan Tinggi jenis Jarak Pandang

Untuk Jarak Pandang	h1 (m) Tinggi Mata	h2 Tinggi Objek
Henti (Jh)	1,05	0,15
Mendahului (Jd)	1.05	1,05

(Sumber : TPGJAK No. 038/ T / BM / 1997)



Gambar 2.22 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung

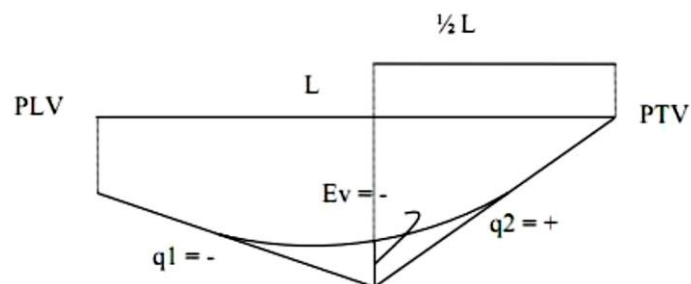


Gambar 2.23 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan jarak pandang mendahului (J_d)

b. Lengkung Vertikal Cekung

Tidak ada dasar yang dapat digunakan untuk menentukan panjang lengkung cekung vertikal (L), akan tetapi ada empat kriteria sebagai pertimbangan yang dapat digunakan, yaitu:

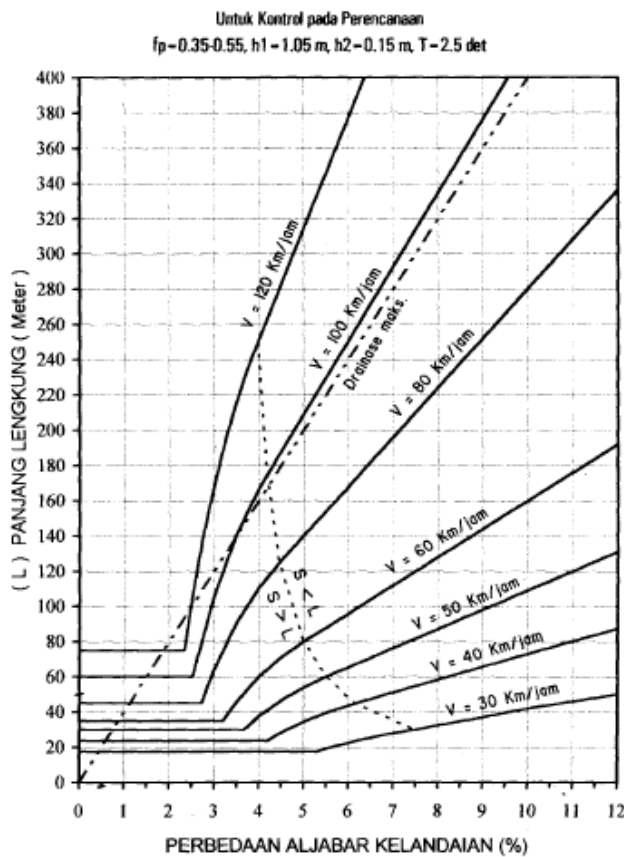
- Jarak sinar lampu besar dari kendaraan
- Kenyamanan pengemudi
- Ketentuan drainase
- Penampilan secara umum



Gambar 2.24 Lengkung Vertikal Cekung

$$Y' = EV = \frac{(q^2 - q^1)}{8} \times L_v \dots\dots\dots$$

Panjang lengkung vertikal cekung ditentukan berdasarkan jarak pandangan pada waktu malam hari dan syarat drainase sebagaimana tercantum dalam Grafik pada Gambar 2.25



Gambar 2.25 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung Berdasarkan Jarak Pandang Henti (J_h)

2.6.3 Jarak Pandang Pada Alinyemen Vertikal

Jarak pandang pada alinyemen vertikal dapat dibagi menjadi dua yaitu jarak pandang pada alinyemen vertikal cekung dan jarak pandang pada alinyemen vertikal cembung.

1. Jarak pandangan pada alinyemen vertikal cembung

Pada lengkung vertikal cembung, untuk menghitung jarak pandangan dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$S = \sqrt{\frac{100 \times L}{A}} (2 \times h_1 - h_2) \dots\dots\dots$$

Dimana jika dalam perencanaan dipergunakan jarak pandangan henti Bina Marga $h_1 = 10$ cm atau 0,10 m dan $h_2 = 120$ cm atau 1,20 m.

2. Jarak pandangan pada alinyemen vertikal cekung

Jarak pandangan bebas pengemudi pada jalan raya yang melintasi bangunan-bangunan lain seperti jalan lain, jembatan penyeberangan, viaduct, aquaduct, seringkali terhalangi oleh bagian bawah bangunan tersebut.

$$\begin{aligned} \left(\frac{S}{L}\right)^2 &= \frac{m}{E} \dots\dots\dots \\ E &= \frac{AL}{800} \dots\dots\dots \\ \left(\frac{S}{L}\right)^2 &= \frac{800 m}{AL} \dots\dots\dots \\ L &= \frac{S^2 A}{800 M} \text{ dan } m = \frac{S^2 A}{800 l} \dots\dots\dots \\ m &= C - \frac{h_1 h_2}{2} \dots\dots\dots \end{aligned}$$

2.7 Perencanaan Galian dan Timbunan

Didalam perencanaan jalan antar kota diusahakan agar volume galian sama dengan volume timbunan. Dengan mengkombinasikan alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal memungkinkan kita untuk menghitung banyaknya volume galian dan timbunan

Langkah-langkah perhitungan galian dan timbunan :

- Penentuan *stationing* sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinyemen horizontal (trase).
- Gambarkan profil memanjang (alinyemen) untuk memperlihatkan perbedaan tinggi muka tanah asli dengan tinggi muka perkerasan yang akan direncanakan.
- Gambarkan profil melintang pada tiap titik *stationing* sehingga dapat luas penampang galian dan timbunan.
- Hitung volume galian dan timbunan dengan mengkalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak antar patok.

Tabel 2.25 Contoh Perhitungan Galian Dan Timbunan

STA	Luas (m2)		Jarak (m)	Volume (m3)	
	Galian	Timbunan		Galian	Timbunan
0+000	A	B		$\frac{A + C}{2} \times L$	$\frac{B + D}{2} \times L$
				$= E$	$= F$
0+100	C	D			
JUMLAH				Σ E	Σ F

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

2.8 Perencanaan Tebal Perkerasann

Perkerasan jalan adalah kontruksi yang dibangun diatas lapisan tanah dasar (*subgrade*) yang berfungsi untuk menopang beban lalu lintas. (Shirley L.Hendarsin, 2000: 208). Jenis kontruksi perkerasan pada umumnya ada dua jenis, yaitu :

1) Perkerasan lentur (*flexible pavement*)

Yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.

2) Perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Yaitu perkerasan yang menggunakan semen (PC) sebagai bahan pengikat. Plat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh plat beton.

4) Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, dimana dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur. (Silvia Sukirman, 1999)

Metode perencanaan yang diambil untuk menentukan tebal lapisan perkerasan didasarkan perkiraan sebagai berikut :

- Kekuatan lapisan tanah dasar yang dinamakan nilai CBR atau Modulus

Reaksi Tanah Dasar (k).

- b. Kekuatan beton yang digunakan untuk lapisan perkerasan.
- c. Prediksi volume dan komposisi lalu lintas selama usia rencana.
- d. Ketebalan dan kondisi lapisan pondasi bawah (*subbase*) yang diperlukan untuk menopang konstruksi, lalu lintas, penurunan akibat air dan perubahan volume lapisan tanah dasar serta sarana perlengkapan daya dukung permukaan yang seragam dibawah dasar beton.

2.8.1 Jenis dan Fungsi Lapis Perkerasan Lentur

a) Perkerasan lentur pada permukaan tanah asli



Gambar 2.26 Perkerasan lentur pada permukaan tanah asli

b) Perkerasan lentur pada timbunan



Gambar 2.27 Perkerasan lentur pada timbunan

1. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Lapis permukaan merupakan lapis paling atas dari struktur perkerasan

jalan. Lapis permukaan perkerasan lentur menggunakan bahan pengikat aspal, sehingga menghasilkan lapis yang kedap air, stabilitas tinggi dan memiliki daya tahan selama masa pelayanan.

Fungsi dari lapisan permukaan ini adalah sebagai berikut :

- a) Lapisan perkerasan penahan beban roda, lapisan mempunyai stabilitas tinggi menahan beban roda selama masa pelayanan.
- b) Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh tidak meresap ke lapisan dibawahnya dan melemahkan lapisan-lapisan tersebut.
- c) Lapis aus (*wearing course*), yaitu lapisan yang langsung mengalami gesekan akibat rem kendaraan, sehingga mudah aus.
- d) Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah.

2. Lapisan pondasi (*Base Course*)

Lapis pondasi adalah lapis perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan. Jika tidak digunakan lapis pondasi bawah, maka lapis pondasi diletakkan langsung diatas permukaan tanah dasar.

Adapun fungsi dari lapisan pondasi yaitu sebagai:

- a) Bagian struktur perkerasan yang menahan gaya vertikal dari beban kendaraan dan disebarkan ke lapis dibawahnya.
- b) Lapis peresap untuk lapis pondasi bawah.
- c) Bantalan atau perletakan lapis permukaan.

Material yang digunakan untuk lapis pondasi adalah material yang cukup kuat dan awet sesuai syarat teknik dalam spesifikasi pekerjaan. Lapis pondasi dapat dipilih lapis berbutir tanpa pengikat atau lapis dengan aspal sebagai pengikat.

3. Lapisan pondasi bawah (*Sub Base Course*)

Lapis pondasi bawah adalah lapis perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi dan tanah dasar.

Fungsi dari lapisan pondasi bawah adalah :

- a) Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.
- b) Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif mudah agar lapisan-lapisan di atasnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).
- c) Untuk mencegah tanah dasar masuk kedalam lapisan pondasi.
- d) Sebagai lapisan pertama agar pelaksanaan dapat berjalan dengan lancar.

4. Lapisan tanah dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah (*subgrade*) merupakan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. Kekuatan dan keawetan maupun tebal dari lapisan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar.

Mutu persiapan lapis tanah dasar sebagai perletakan struktur perkerasan jalan sangat menentukan ketahanan struktur dalam menerima beban lalu lintas selama masa pelayanan.

Masalah-masalah yang sering ditemui terkait dengan lapis tanah dasar adalah :

1. Perubahan bentuk tetap dan rusaknya struktur perkerasan jalan secara menyeluruh.
2. Sifat mengembang dan menyusut pada jenis tanah yang memiliki sifat plastisitas tinggi. Perubahan kadar air tanah dasar dapat berakibat terjadinya retak dan atau perubahan bentuk.
3. Perbedaan daya dukung tanah akibat perbedaan jenis tanah.
4. Perbedaan penurunan akibat terdapatnya lapis tanah lunak dibawah lapisan tanah dasar.
5. Kondisi geologi yang dapat berakibat terjadinya patahan.

2.8.2 Metode Perencanaan Tebal Perkerasan

Metode perencanaan yang diambil untuk menentukan tebal lapisan perkerasan didasarkan perkiraan sebagai berikut :

- a. Kekuatan lapisan tanah dasar yang dinamakan nilai CBR atau Modulus Reaksi Tanah Dasar (k).
- b. Kekuatan beton yang digunakan untuk lapisan perkerasan.
- c. Prediksi volume dan komposisi lalu lintas selama usia rencana.
- d. Ketebalan dan kondisi lapisan pondasi bawah (*subbase*) yang diperlukan untuk menopang konstruksi, lalu lintas, penurunan akibat air dan perubahan volume lapisan tanah dasar serta sarana perlengkapan daya dukung permukaan yang seragam dibawah dasar beton.

2.8.3 Kriteria Perancangan

1) Lalu lintas

a) Jumlah lajur dan tebal lajur rencana

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan, yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, jumlah lajur ditentukan dari tabel lebar perkerasan berikut :

Tabel 2.26 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur
$L < 4,5 \text{ m}$	1
$4,5 \text{ m} \leq L < 8,00 \text{ m}$	2
$8,00 \text{ m} \leq L < 11,25 \text{ m}$	3
$11,25 \text{ m} \leq L < 15,00 \text{ m}$	4
$15,00 \text{ m} \leq L < 18,75 \text{ m}$	5
$18,75 \text{ m} \leq L < 22,50 \text{ m}$	6

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

b) Distribusi kendaraan per lajur rencana

Distribusi kendaraan ringan dan berat yang lewat pada lajur rencana adalah sesuai dengan jumlah lajur dan arah. Distribusi kendaraan ringan dan berat pada lajur rencana dipengaruhi oleh volume lalu lintas, sehingga untuk menetapkannya diperlukan survey. Namun demikian, koefisien distribusi kendaraan (D_L) dapat menggunakan pendekatan sesuai pada

tabel berikut:

Tabel 2.27 Koefisien Distribusi Kendaraan Per Lajur Rencana (D_L)

Jumlah Lajur	Kendaraan ringan*		Kendaraan berat**	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,600	0,500	0,700	0,500
3	0,400	0,400	0,500	0,475
4	0,300	0,300	0,400	0,450
5	-	0,250	-	0,425
6	-	0,200	-	0,400

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Keterangan : *) Mobil Penumpang

**) Truk dan Bus

c) Faktor ekuivalen beban sumbu kendaraan (LEF)

Faktor ekuivalen beban sumbu kendaraan (*Load Equivalency Factor*, LEF) setiap kelas kendaraan adalah sesuai dengan beban sumbu setiap kelas kendaraan, yaitu konfigurasi sumbu tunggal, sumbu ganda (*tandem*), dan sumbu tiga (*triple*). Faktor ekuivalen beban sumbu kendaraan dapat dihitung sesuai persamaan dibawah ini:

$$LEF = \frac{W_{tx}}{W_{t18}} \dots\dots\dots(2.89)$$

$$\text{Log} \left(\frac{W_{tx}}{W_{t18}} \right) = 4,79 \log (18+1) - 4,79 \log (Lx + L2) + 4,33 \log L2 + \frac{\text{Log} \left(\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f} \right)}{0,40 + \frac{0,081(Lx+L2)^{3,23}}{(SN+1)^{5,19} \cdot L2^{3,23}}} - \frac{\text{Log} \left(\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f} \right)}{0,40 + \frac{0,081(18+1)^{3,23}}{(SN+1)^{5,19}}} \dots\dots\dots(2.90)$$

Keterangan :

- LEF : Angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh satu lintasan beban sumbu standar.
- Wtx : Angka beban sumbu x pada akhir waktu t
- Wt18 : Angka 18-kip (80 Kn) beban sumbu tunggal untuk waktu t
- Lx : Beban dalam kip pada satu sumbu tunggal atau pada sumbu ganda (tandem), atau satu sumbu tridem
- L2 : Kode beban (1 untuk poros tunggal, 2 untuk poros tandem, 3 untuk as roda tridem)
- SN : Nilai structural, yang merupakan fungsi dari ketebalan dan modulus setiap lapisan dan kondisi drainase dari fondasi dan fondasi bawah
- ΔIP : Perbedaan antara indeks pelayanan awal pada umur rencana (IP0) dengan indeks pelayanan pada akhir umur rencana (IPt)
- IPf : Indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,5)

d) Akumulasi lalu lintas pada lajur rencana (w_{18})

Akumulasi lalu lintas pada lajur rencana (w_{18}) diberikan dalam komulatif beban sumbu standar. Untuk mendapatkan lalu lintas pada lajur rencana ini, digunakan persamaan berikut :

$$w_{18} = 365 \cdot DL \cdot \hat{w}_{18} \dots\dots\dots(2.91)$$

Keterangan :

- w_{18} : Akumulasi lalu lintas pada lajur rencana per tahun
- DL : Faktor distribusi lajur pada lajur rencana
- $\hat{w}_{18}$: Akumulasi beban sumbu standar komulatif per hari, sesuai persamaan dibawah ini

e) Akumulasi lalu lintas pada lajur rencana (w_{18})

Akumulasi lalu lintas pada lajur rencana (w_{18}) diberikan dalam komulatif beban sumbu standar. Lalu lintas yang digunakan untuk perancangan tebal perkerasan lentur dalam pedoman ini adalah lalu lintas kumulatif selama umur rencana. Besaran ini didapatkan dengan mengalikan beban sumbu standar kumulatif pada lajur rencana selama

setahun (w_{18}) dengan besaran kenaikan lalu lintas (*traffic growth*). Secara numerik rumusan lalu lintas kumulatif ini adalah sebagai berikut :

$$W_t = W_{18} = w_{18} \cdot \left(\frac{(1+g)^n - 1}{g} \right) \dots\dots\dots(2.92)$$

Keterangan :

$W_t = W_{18}$: Jumlah beban sumbu tunggal standar komulatif pada lajur

rencana

w_{18} : Beban sumbu standar komulatif selama 1 tahun pada lajur

rencana

n : Umur rencana pelayanan (tahun)

g : Perkembangan lalu lintas (%)

f) Akumulasi beban sumbu standar selama umur rencana (W_t atau W_{18})

Lalu lintas yang digunakan untuk perancangan tebal perkerasan lentur dalam pedoman ini adalah lalu lintas kumulatif selama umur rencana. Besaran ini didapatkan dengan mengalikan beban sumbu standar kumulatif pada lajur rencana selama setahun (w_{18}) dengan besaran kenaikan lalu lintas (*traffic growth*).

2) Tingkat kepercayaan (*reliabilitas*)

Penyertaan tingkat kepercayaan pada dasarnya merupakan cara untuk memasukkan faktor ketidakpastian ke dalam proses perancangan, yaitu dalam rangka memastikan bahwa berbagai alternatif perkerasan akan bertahan selama umur rencana. Faktor tingkat kepercayaan memperhitungkan kemungkinan adanya variasi pada lalu lintas dua arah prediksi (w_{18}) serta prediksi kinerja, sehingga dapat memberikan tingkat kepastian (R) yang perkerasannya akan bertahan (*survive*) selama umur rencana yang ditetapkan.

Pada umumnya, dengan meningkatnya volume lalu-lintas dan kesukaran untuk mengalihkan lalu-lintas, resiko tidak memperlihatkan kinerja yang diharapkan harus ditekan. Hal ini dapat diatasi dengan memilih tingkat *reliabilitas* yang lebih tinggi. Tabel 2.28 memperlihatkan

rekomendasi tingkat reliabilitas untuk bermacam-macam klasifikasi jalan. Perlu dicatat bahwa tingkat reliabilitas yang lebih tinggi menunjukkan jalan yang melayani lalu-lintas palingbanyak, sedangkan tingkat yang paling rendah, 50 % menunjukkan jalan lokal.

Reliabilitas kinerja perancangan dikontrol dengan faktor *reliabilitas* (FR) yang dikalikan dengan perkiraan lalu lintas (w_{18}) selama umur rencana. Untuk tingkat *reliabilitas* (R) yang diberikan, faktor *reliabilitas* merupakan fungsi dari deviasi standar keseluruhan (*overall standar deviation*, S_0) yang memperhitungkan kemungkinan variasi perkiraan lalu lintas dan perkiraan kinerja untuk w_{18} yang diberikan. Dalam persamaan perancangan perkerasan lentur, tingkat kepercayaan (R) diakomodasi dengan parameter deviasi normal standar (*standard normal deviate*, ZR). Tabel 2.29 memperlihatkan nilai ZR untuk tingkat pelayanan tertentu. (Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Tabel 2.28 Rekomendasi Tingkat Reliabilitas Untuk Bermacam-Macam Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan	Rekomendasi tingkat reliabilitas	
	Perkotaan	Antar Kota
Bebas hambatan	85 – 99.9	80 – 99,9
Arteri	80 – 99	75 – 95
Kolektor	80 – 95	75 – 95

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Penerapan konsep reliability harus memperhatikan langkah-langkah berikut ini :

- Definisikan klasifikasi fungsional jalan dan tentukan apakah merupakan jalan perkotaan atau jalan antar kota.
- Pilih tingkat reliabilitas dari rentang yang diberikan pada tabel 2.21
- Deviasi standar (S_0) harus dipilih yang mewakili kondisi setempat
Rentang nilai s_0 adalah 0,35 – 0,45.

Tabel 2.29 Deviasi Normal Standar (Z_R) Untuk Berbagai Tingkat Kepercayaan (R)

Tingkat Kepercayaan, R (%)	Deviasi Normal Standar, (Z_R)	Tingkat kepercayaan R (%)	Deviasi Normal Standar, (Z_R)	Tingkat kepercayaan R (%)	Deviasi Normal Standar, (Z_R)
50,00	- 0,000	90,00	- 1,282	96,00	- 1,751
60,00	- 0,253	91,00	- 1,340	97,00	- 1,881
70,00	- 0,524	92,00	- 1,405	98,00	- 2,054
75,00	- 0,674	93,00	- 1,476	99,00	- 2,327
80,00	- 0,841	94,00	- 1,555	99,90	- 3,090
85,00	- 1,037	95,00	- 1,645	99,99	- 3,750

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

3) Drainase

Klasifikasi drainase pada perkerasan jalan lentur berdasarkan fungsinya adalah drainase permukaan (*surface drainage*) dan drainase bawah permukaan (*sub surface drainage*).

Kualitas drainase menurut AASHTO 1993 maupun NCHRP 1-37A adalah berdasarkan pada metoda *time-to-drain*. *Time-to-drain* adalah waktu yang dibutuhkan oleh sistem perkerasan untuk mengalirkan air dari keadaan jenuh sampai pada derajat kejenuhan 50%.

Nilai dari *time-to-drain* ditentukan dengan persamaan dibawah ini :

$$t = T50 \cdot md \cdot 24 \dots\dots\dots(2.93)$$

Keterangan :

t : *Time-to-drain* (jam)

T50 : *Time factor*

md : faktor yang berhubungan dengan porositas efektif, permeabilitas, resultan panjang serta tebal lapisan drainase

Nilai *time faktor* (T50) ditentukan oleh geometrik dari lapisan drainase. Geometrik lapisan drainase terdiri atas resultan kemiringan (resultan slope, SR), resultan panjang pengaliran (*resultant length*, LR) dan ketebalan dari lapisan drainase. Nilai SR dan LR diperoleh berdasarkan pada panjang nyata dari lapisan drainase dan dihitung dengan menentukan terlebih dahulu kemiringan melintang (S_x) dan kemiringan memanjang (S). (Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Faktor-faktor geometrik tersebut dipakai untuk menghitung nilai faktor kemiringan (*slope factor*, S_1) dengan persamaan berikut :

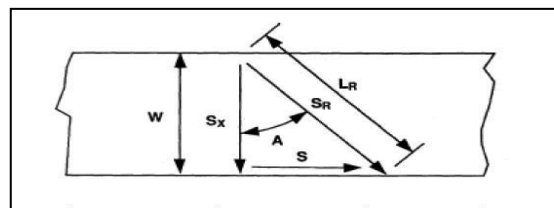
$$S_1 = \frac{L_R \cdot S_R}{H} \dots\dots\dots(2.94)$$

Keterangan :

$$S_R = (S^2 + S_x^2)^{1/2}$$

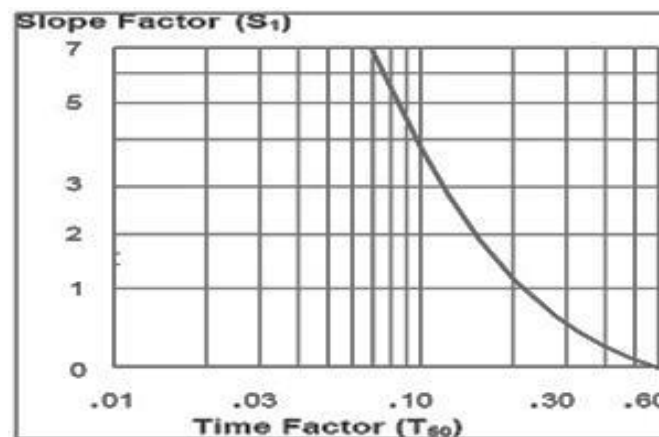
$$L_R = W \left(1 + \left(\frac{S}{S_x} \right)^2 \right)^{1/2}$$

H : Tebal dari lapisan permeable (ft)



Gambar 2.28 Geometrik Jalan (ERES-1999 Dalam LRRB-2009)

Untuk menentukan nilai T digunakan suatu grafik T_{50} seperti pada Gambar 2.29, grafik ini hanya dapat digunakan untuk satu derajat kejenuhan saja yaitu derajat kejenuhan 50%.



Gambar 2.29 Grafik *Time Factor* Untuk Derajat Kejenuhan 50% (FHWA, 2006)

Nilai “ m_d ” pada dihitung dengan persamaan berikut :

$$m_d = \frac{n_e \cdot L_R^2}{k \cdot H} \dots\dots\dots(2.95)$$

Keterangan :

- n_e : Porositas efektif lapisan drainase
 k : Permeabilitas lapisan drainase dalam *feet*/hari sesuai Persamaan 2.8 atau Gambar 2.24.
 L_R : Resultan panjang (*feet*)
 H : tebal lapisan drainase dalam *feet*

$$k = \frac{6,214 \cdot 10^5 \cdot D_{10}^{1,478} \cdot n^{6,654}}{P_{200}^{0,597}} \dots\dots\dots(2.96)$$

Keterangan :

- k : Permeabilitas lapisan drainase dalam *feet*/hari
 P_{200} : Berat agregat yang lolos saringan no 200 dalam persen
 D_{10} : Ukuran efektif atau ukuran butir agregat 10% berat lolos saringan
 n : Porositas material (tanpa satuan), nilai rasio dari volume relative dan total volume

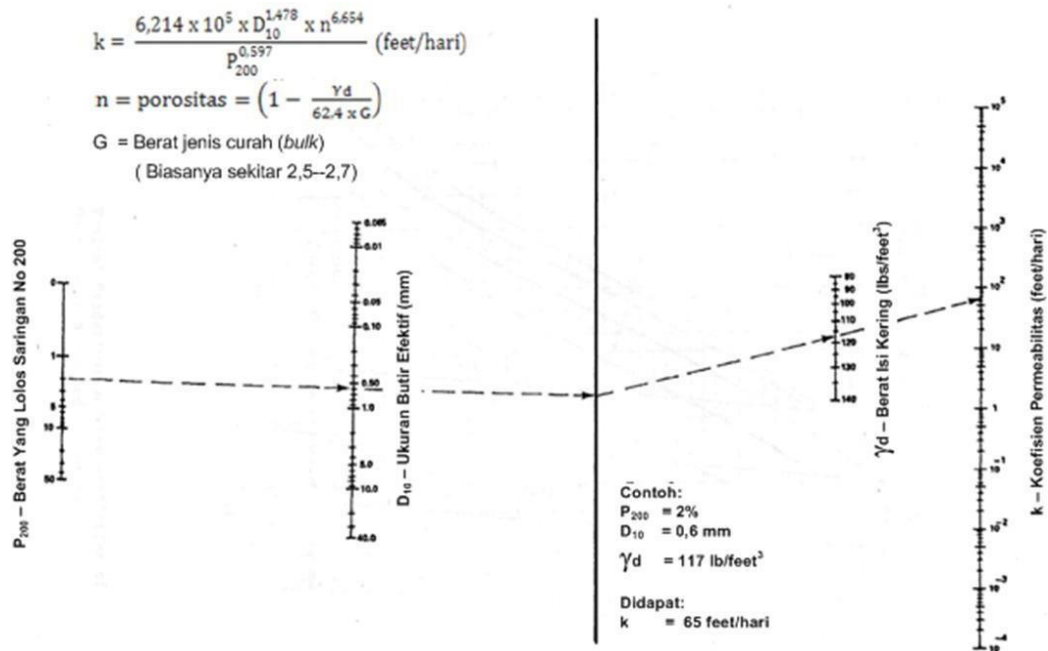
Persamaan untuk menentukan koefisien drainase yang akan digunakan, mencakup:

a) Menghitung porositas material.

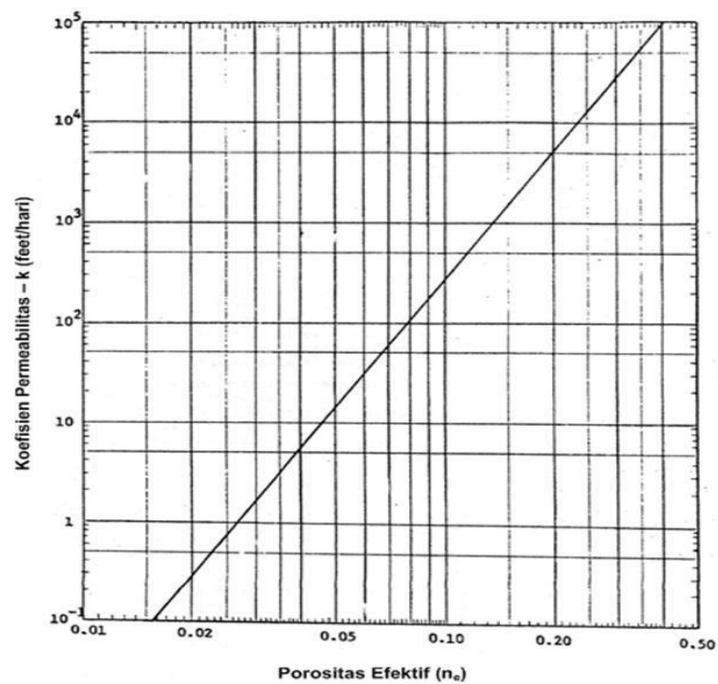
$$n = 1 - \left(\frac{\gamma_d}{62,4 \cdot G} \right) \dots\dots\dots(2.97)$$

Keterangan:

- n : Porositas material (tanpa satuan), nilai rasio dari volume relatif dan total berat.
 γ_d : Kepadatan kering dalam lb/ft^3
 G : Berat jenis curah (*bulk*), biasanya sekitar 2,5-2,7
b) Menghitung porositas efektif lapisan drainase.
Nilai porositas efektif (n_e) dapat menggunakan Gambar 2.31



Gambar 2.30 Grafik Untuk Mengestimasikan Koefisien Permeabilitas Drainase Granular Dan Material Filter (FHWA, 1990)



Gambar 2.31 Grafik Untuk Menetapkan Porositas Efektif, N_e (FHWA, 1990)

- c) Menghitung resultan kemiringan (*slope resultant*).

$$SR = (S^2 + S_x^2)^{1/2} \dots\dots\dots(2.98)$$

Keterangan :

S_R : Resultan kemiringan (%)

S : Kemiringan memanjang lapisan drainase (%)

S_x : Kemiringan melintang lapisan drainase (%)

- d) Menghitung resultan panjang (*length resultant*)

$$LR = W \left(1 + \left(\frac{S}{S_x} \right)^2 \right)^{1/2} \dots\dots\dots(2.99)$$

Keterangan :

L_R : Resultan panjang (*feet*)

W : Lebar lapisan drainase (*feet*)

S : Kemiringan memanjang lapisan drainase (%)

S_x : Kemiringan melintang lapisan drainase (%)

- g) Persamaan untuk menghitung *slope factor* (S_1) digunakan Persamaan

- h) Persamaan untuk menghitung faktor “ m_d ” digunakan Persamaan

- i) Persamaan untuk menghitung nilai *Time-to-drain* digunakan Persamaan

Langkah-langkah untuk menghitung nilai koefisien drainase (m) adalah sebagai berikut:

–Hitung nilai koefisien permeabilitas (k) dengan menggunakan Persamaan

–Hitung nilai porositas material (n) dengan menggunakan Persamaan

–Hitung nilai porositas efektif lapisan drainase (n_e) dengan Gambar

–Hitung resultan kemiringan (*slope resultant*, S_R) dengan menggunakan Persamaan

–Hitung resultan panjang (*length resultant*, L_R) dengan menggunakan Persamaan

–Hitung faktor kemiringan (*slope factor*, (S_1)) dengan menggunakan Persamaan

–Tentukan nilai *time factor* dengan derajat kejenuhan 50% (T_{50}) dari hasil

perhitungan S_1 berdasarkan pada Gambar

- Hitung faktor “ m_d ” dengan menggunakan Persamaan
- Hitung nilai *Time-to-drain* (t) dengan menggunakan Persamaan
- Dari nilai t yang diperoleh kemudian tentukan kualitas drainase dengan mengacu pada Tabel
- Nilai koefisien drainase yang akan digunakan dalam perancangan ditentukan dari kualitas drainase hasil perhitungan di atas dan perkiraan persen waktu perkerasan yang dipengaruhi oleh air mendekati kondisi jenuh

Koefisien drainase untuk mengakomodasi kualitas system drainase yang dimiliki perkerasan jalan dan definisi umum mengenai kualitas drainase disajikan pada Tabel 2.26

Untuk menentukan kualitas dari drainase dapat dilihat pada tabel 2.30

Tabel 2.30 Definisi Kualitas Drainase

Kualitas drainase	Air hilang dalam
Baik	2 jam
sekali	1 hari
Baik	1 minggu
Sedang	1 bulan
Jelek	air tidak akan mengalir
Jelek sekali	

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Kualitas drainase pada perkerasan lentur diperhitungkan dalam perancangan dengan menggunakan koefisien kekuatan relatif yang dimodifikasi. Faktor untuk memodifikasi koefisien kekuatan relatif ini adalah koefisien drainase (m) dan disertakan ke dalam Persamaan Nilai Struktural (*Structural Number*, SN) bersama-sama dengan koefisien kekuatan relatif (a) dan ketebalan (D).

Tabel 2.31 memperlihatkan nilai koefisien drainase (m) yang

merupakan fungsi dari kualitas drainase dan persen waktu selama setahun struktur perkerasan akan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh. (Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Tabel 2.31 Koefisien Drainase (M) Untuk Memodifikasi Koefisien Kekuatan Relatif Material *Untreated Base* dan *Subbase*

Kualitas drainase	Persen waktu struktur perkerasan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh			
	< 1 %	1--5 %	5--25 %	> 25 %
Baik sekali	1,40--1,35	1,35--1,30	1,30--1,20	1,20
Baik	1,35--1,25	1,25--1,15	1,15--1,00	1,00
Sedang	1,25--1,15	1,15--1,05	1,00--0,80	0,80
Jelek	1,15--1,05	1,05--0,80	0,80--0,60	0,60
Jelek sekali	1,05--0,95	0,95--0,75	0,75--0,40	0,40

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

4) Kinerja Perkerasan

Pada metode ini tingkat pelayanan perkerasan dinyatakan dengan “indeks pelayanan (IP) saat ini” (*present serviceability index*, PSI), yang diperoleh berdasarkan hasil pengukuran ketidakrataan (*roughness*) dan kerusakan (alur, retak dan tambalan). Nilai PSI berkisar antara 0 sampai 5, nilai lima menunjukkan bahwa perkerasan mempunyai kondisi yang ideal (paling baik), sedangkan nilai nol menunjukkan bahwa perkerasan tidak dapat dilalui kendaraan. Untuk keperluan perancangan, diperlukan penentuan indeks pelayanan awal dan indeks pelayanan akhir.

Indeks pelayanan awal (IP_o) diperoleh berdasarkan perkiraan pengguna jalan terhadap kondisi perkerasan yang selesai dibangun. Pada *AASHO Road Test*, indeks pelayanan awal yang digunakan untuk perkerasan lentur adalah 4,2. Karena adanya variasi metode pelaksanaan dan standar bahan, indeks pelayanan awal sebaiknya ditetapkan menurut kondisi setempat. Indeks pelayanan akhir (IP_t) merupakan tingkat pelayanan terendah yang masih dapat diterima sebelum perkerasan perlu diperkuat atau direkonstruksi. Untuk jalan- jalan utama, indeks pelayanan

akhir yang sebaiknya digunakan minimum 2,5; sedangkan untuk jalan-jalan yang kelasnya lebih rendah dapat digunakan 2,0.

Dalam menentukan indeks pelayanan perkerasan lentur pada akhir umur rencana (IP_t), perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan.

Dalam menentukan indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP_0), perlu diperhatikan jenis lapis permukaan perkerasan lentur pada awal umur rencana. Pada Tabel 2.32 disajikan indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP_0) untuk beberapa jenis lapis perkerasan. (Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Tabel 2.32 Indeks Pelayanan Perkerasan Lentur Pada Akhir Umur Rencana

Klasifikasi Jalan	Indeks Pelayanan Perkerasan Akhir Umur Rencana (IP_t)
Bebas Hambatan	>2,5
Arteri	>2,5
Kolektor	>2,0

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Tabel 2.33 Indeks Pelayanan Pada Awal Umur Rencana (IP_0)

Jenis lapis Perkerasan	IP_0
Lapis beton aspal (Laton/AC) dan lapis beton aspal modifikasi (laston Modifikasi /AC-mod)	> 4
Lapis tipis beton aspal (Laston /HRS)	> 4

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

5) Daya dukung tanah dasar

Karakteristik bahan perkerasan pada pedoman ini ditetapkan berdasarkan modulus elastis atau modulus resilien. Untuk tanah dasar, modulus resilien harus ditentukan melalui pengujian di laboratorium (menurut AASHTO T274) terhadap contoh yang representatif pada tekanan dan kondisi kadar air yang mencerminkan tekanan dan kadar air di lapangan.

- CBR segmen jalan

Jalan dalam arah memanjang cukup panjang dibandingkan dengan jalan dengan arah melintang dan dengan keadaan medan yang berbeda-beda. Kekuatan tanah dasar dapat bervariasi antara nilai yang baik dan yang jelek. Dengan demikian akan tidak ekonomis jika perancangan tebal lapisan perkerasan jalan berdasarkan nilai yang terjelek dan tidak pula memenuhi syarat jika berdasarkan hanya nilai terbesar saja.

Setiap segmen mempunyai satu nilai CBR yang mewakili daya dukung tanah dasar dan digunakan untuk perancangan tebal lapisan perkerasan dari segmen tersebut. Nilai CBR segmen dapat ditentukan dengan mempergunakan cara analitis sesuai Manual for Design and Construction of Asphalt Pavement-Japan Road Association, JRA (1980). yaitu seperti disajikan pada persamaan di bawah ini.

$$CBR_{\text{segmen}} = CBR_{\text{rata-rata}} - \frac{CBR_{\text{maks}} - CBR_{\text{min}}}{F} \quad \text{.....(2.100)}$$

Keterangan :

CBR_{segmen} : Nilai CBR yang mewakili pada segmen yang ditinjau

CBR_{maksimum} : Nilai CBR tertinggi pada sepanjang segmen yang ditinjau

CBR_{minimum} : Nilai CBR terendah pada sepanjang segmen yang ditinjau

$CBR_{\text{rata-rata}}$: Nilai CBR rata-rata pada sepanjang segmen yang ditinjau

F : Koefisien yang disajikan pada Tabel 2.34.

Tabel 2.34 Nilai F Untuk Perhitungan CBR Segmen

Jumlah titik pengamatan (buah)	Koefisien F
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	2,67
7	2,83
8	2,96
9	3,08
≥ 10	3,18

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Modulus resilien (M_R) tanah dasar juga dapat diperkirakan dari CBR dan hasil atau nilai tes *soil index*. Korelasi Modulus Resilien dengan nilai CBR (Heukelom & Klomp) berikut ini dapat digunakan untuk tanah berbutir halus (*fine-grained soil*) dengan nilai CBR terendam 10 % atau lebih kecil. (Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

$$M_R (\text{psi}). = 1.500 \times \text{CBR} \dots\dots\dots(2.101)$$

Untuk tanah berbutir dengan nilai CBR terendam di atas 10%, gunakan persamaan berikut ini.

$$M_R (\text{psi}). = 3.000 \times \text{CBR}^{0,65} \dots\dots\dots(2.102)$$

6) Koefisien kekuatan relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif bahan jalan, baik campuran beraspal sebagai lapis permukaan (lapis aus dan lapis permukaan antara), lapis pondasi serta lapis pondasi bawah disajikan pada tabel 2.30. (Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012).

Tabel 2.35 Koefisien Kekuatan Relatif Bahan Jalan (A)

Jenis bahan	Kekuatan bahan						Koefisien kekuatan relatif		
	Modulus elastis		Stabilitas marshal (kg)	Kuat tekan bebas (kg/cm ²)	ITS (kPa)	CBR (%)	a ₁	a ₂	a ₃
	(Mpa)	(x1000 psi)							
1. Lapis Permukaan									
- Laston modifikasi									
-Lapisaus modifikasi	3200 ⁽⁵⁾	460	1000				0,414		
-Lapisantara modifikasi	3500 ⁽⁵⁾	508	1000				0,360		
-Laston									
-lapis aus	3000 ⁽⁵⁾	435	800				0,400		
-lapis antara	3200 ⁽⁵⁾	464	800				0,344		
-lataston									
-lapis aus	2300 ⁽⁵⁾	340	800				0,350		
2. lapis Pondasi									
Lapis pondasi laston modifikasi	3700 ⁽⁵⁾	536	2250 ⁽²⁾					0,305	
Lapis pondasi laston	3300 ⁽⁵⁾	480	1800 ⁽²⁾					0,290	
Lapis pondasi lataston	2400 ⁽⁵⁾	350	800						
Lapis pondasi lapen								0,190	
CMRFB (Cold Mix Recycling Foam Bitumen)					300			0,270	
Beton padat giling	5900	850		70 ⁽³⁾				0,230	

CTB	5350	776		45				0,210	
CTRB	4450	645		35				0,170	
CTSB	4450	645		35				0,170	
CTRSB	4270	619		30				0,160	
Tanah semen	4000	580		24 ⁽⁴⁾				0,145	
Tanah kapur	3900	566		20 ⁽⁴⁾				0,140	
Agregat kelas A	200	29				90		0,135	
3. Lapis Pondasi Bawah									
Agregat kelas B	125	18				60		0,125	
Agregat kelas C	103	15				35		0,112	
Konstruksi Telford									
Pemadatan mekanis						52		0,104	
Pemadatan manual						32		0,074	
Material pilihan	84	12				10		0,080	

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Keterangan :

- Campuran beraspal panas yang menggunakan bahan pengikat aspal modifikasi atau *modified asphalt* (seperti aspal polimer, aspal yang dimodifikasi asbuton, *multigrade*, aspal pen 40 dan aspal pen 60 dengan aditive campuran seperti asbuton butir), termasuk asbuton campuran panas.
- Diameter benda uji 60 inchi
- Kuat tekan beton untuk umur 28 hari
- Kuat tejan bebas umur 7 hari dan diameter 7 cm

- Pengujian modulus elastis menggunakan alat UMMATTA pada temperature 25° c, bebas 2500 N dan *rise time* 60 ms serta pembuatan benda uji dikondisikan sesuai AASHTO *designation* R 30 – 02 (2006).

7) Pemilihan tipe lapisan beraspal

Tipe lapisan beraspal yang digunakan sebaiknya disesuaikan dengan kondisi jalan yang akan ditingkatkan, yaitu sesuai dengan lalu lintas rencana serta kecepatan kendaraan (terutama kendaraan truk). Pada tabel 2.36 disajikan pemilihan tipe lapisan beraspal sesuai lalu lintas rencana dan kecepatan kendaraan. (Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Tabel 2.36 Pemilihan Tipe Lapisan Beraspal Berdasarkan Lalu lintas Rencana dan Kecepatan Kendaraan

Lalu lintas rencana (juta)	Tipe lapisan beraspal	
	Kecepatan kendaraan 20-70 km/jam	Kecepatan kendaraan $\geq$ 70 km/jam
< 0,3	Perancangan perkerasan lentur untuk lalu lintas rendah	
0,3 – 1,0	Lapis tipis beton aspal (Laston/HRS)	Lapis tipis beton aspal (Laston/HRS)
10 – 30	Lapis beton aspal (Laston/AC)	Lapis beton aspal (Laston/AC)
$\geq$ 30	Lapis Beton Aus Modifikasi (Laston Mod/AC-Mod)	Lapis beton aspal (Laston/AC)

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Catatan : untuk lokasi setempat dengan kecepatan kendaraan <20 km/jam sebaiknya menggunakan perkerasan kaku.

8) Ketebalan minimum lapisan perkerasan

Pada saat menentukan tebal lapis perkerasan, perlu dipertimbangkan keefektifannya dari segi biaya, pelaksanaan konstruksi, dan batasan pemeliharaan untuk menghindari kemungkinan dihasilkannya perancangan yang tidak praktis. Pada Tabel 2.37 disajikan tebal minimum

untuk lapis permukaan, lapis fondasi dan lapis fondasi bawah. (Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Tabel 2.37 Tebal Minimum Lapisan Perkerasan

Jenis Bahan	Tebal Minimum	
	(Inchi)	(cm)
1. Lapis permukaan		
Laston modifikasi		
- Lapis aus modifikasi	1,6	4,0
- Lapis antara modifikasi	2,4	6,0
Laston		
- lapis aus	1,6	4,0
- lapis antara	2,4	6,0
Lataston		
- lapis aus	1,2	3,0
2. lapis pondasi		
- lapis pondasi laston modifikasi	2,9	7,5
- lapis pondasi laston	2,9	7,5
- lapis pondasi lataston	1,4	3,5
- lapis pondasi lapen	2,5	6,5
- Agregat Kelas A	4,0	10,0
- CTB (<i>Cement Treated Base</i>)	6,0	15,0
- CTRB (<i>Cement Treated Recycling Base</i>)	6,0	15,0
- CMRFB (<i>Cold Mix Recycling Foam Bitumen</i>)	6,0	15,0
- CTSB(<i>Cement Treated Subbase</i>)	6,0	15,0
- CTRSB (<i>Cement Treated Recycling Subbase</i>)	6,0	15,0
- Beton Padat Giling	6,0	15,0

- Beton Kurus (CBK) atau <i>Lean Mix Concrete</i> (LC)	6,0	15,0
- Tanah semen	6,0	15,0
Jenis Bahan	Tebal Minimum	
	(Inchi)	(cm)
- Tanah kapur	6,0	15,0
3. Lapis Pondasi Bawah		
- Agregat kelas B	6,0	15,0
- Agregat kelas C	6,0	15,0
- Konstruksi Telford	6,0	15,0
- Material pilihan (selected material)	6,0	15,0

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

2.8.4 Prosedur perancangan perkerasan lentur

1) Persamaan Dasar

Untuk suatu kondisi tertentu, penentuan nilai struktur perkerasan lentur (*Indeks Tebal Perkerasan*, SN) dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan dibawah ini :

$$\begin{aligned} \text{Log } (W_{18}) = & Z_R \cdot S_0 + 9,36 \times \log_{10} (SN + 1) - 0,2 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f} \right]}{0,4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} \\ & + 2,32 \cdot \log_{10} (MR) - 8,07 \\ & \dots\dots\dots(2.103) \end{aligned}$$

Sesuai dengan persamaan diatas, penentuan nilai struktural mencakup penentuan besaran-besaran sebagai berikut :

W_{18} (W_t) : yaitu volume kumulatif lalu lintas selama umur rencana

Z_R : yaitu deviasi normal standar sebagai fungsi dari tingkat kepercayaan (R), yaitu dengan menganggap bahwa semua parameter masukan yang digunakan adalah nilai rata-ratanya.

S_0 : yaitu gabungan standar error untuk perkiraan lalu lintas dan kinerja.

ΔIP : yaitu perbedaan antara indeks pelayanan pada awal umur

rencana (IP_0) dengan indeks pelayanan pada akhir umur rencana (IP_f).

Mr : yaitu modulus resilien tanah dasar efektif (Psi)

IP_f : yaitu indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,5)

2) Tingkat kepercayaan dan pengaruh drainase

Untuk menetapkan tingkat kepercayaan atau reabilitas dalam proses perancangan dan pengaruh drainase.

3) Modulus Resilien tanah dasar efektif

Untuk menentukan modulus resilien akibat variasi musim, dapat dilakukan dengan pengujian di laboratorium dan pengujian CBR lapangan kemudian dikorelasikan dengan nilai modulus resilien.

4) Pemilihan tebal lapisan

$$SN = a_{1.1} \times D_{1.1} + a_{1.2} \times D_{1.2} + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3$$

.....(2.104)

Keterangan :

a_1, a_2, a_3 : koefisien kekuatan lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah.

$D_1 D_2 D_3$: Tebal lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis Pondasi bawah (inchi) dan tebal minimum untuk setiap jenis bahan.

$m_1 m_2$: koefisien drainase lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah.

Angka 1-1, 1-2, 2 dan 3 masing-masing untuk lapis permukaan, lapis permukaan antara, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah.

5) Analisis perancangan tebal perkerasan

Perlu dipahami bahwa untuk perkerasan lentur, struktur perkerasan terdiri dari beberapa lapisan bahan yang perlu dirancang dengan seksama. Tahapan perhitungan adalah sebagai berikut :

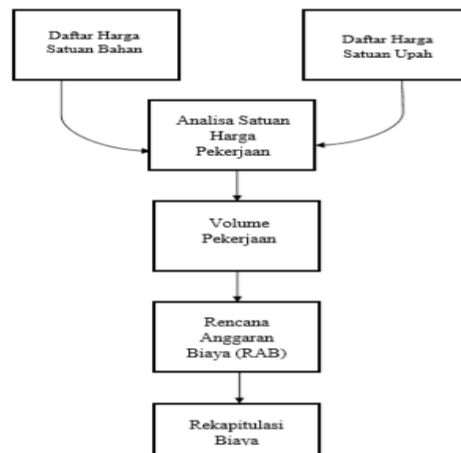
- Tetapkan umur rencana perkerasan dan jumlah lajur lalu lintas yang akan dibangun.
- Tetapkan indeks pelayanan akhir (Ipt) dan susunan struktur perkerasan rancangan yang diinginkan.
- Hitung CBR tanah dasar yang mewakili segmen, kemudian hitung modulus reaksi tanah dasar efektif (MR).
- Hitung lalu lintas rencana selama umur rencana yang telah ditetapkan, yaitu berdasarkan volume, beban sumbu setiap kelas kendaraan, perkembangan lalu lintas. Untuk menganalisis lalu lintas selama umur rencana diperlukan coba-coba nilai SN dengan indeks pelayanan akhir (Ipt) yang telah dipilih. Hasil literasi selesai apabila prediksi lalu lintas rencana relatif sama dengan (sedikit dibawah) kemampuan konstruksi perkerasan rencana yang diinterpretasikan dengan lalu lintas.
- Menentukan nilai struktural seluruh lapis perkerasan diatas tanah dasar. Dengan cara yang sama, selanjutnya menghitung nilai struktural bagian perkerasan diatas lapis pondasi bawah dan diatas lapis pondasi atas, dengan menggunakan kekuatan lapis pondasi bawah dan lapis pondasi atas. Dengan menyelisihkan hasil perhitungan nilai struktural yang diperlukan diatas setiap lapisan, maka tebal maksimum yang diizinkan untuk suatu lapisan dapat dihitung. Contoh, nilai struktural maksimum yang diizinkan untuk lapis pondasi bawah akan sama dengan nilai struktural perkerasan diatas tanah dasar dikurangi dengan nilai bagian perkerasan diatas lapis pondasi bawah. Dengan cara yang sama, maka nilai struktural lapisan yang lain dapat ditentukan. Perlu diperhatikan bahwa prosedur tersebut hendaknya tidak digunakan untuk menentukan nilai struktural yang dibutuhkan oleh bagian perkerasan yang terletak diatas lapis pondasi bawah atau lapis pondasi atas dengan modulus resilien lebih dari 40.000 psi atau sekitar 270 Mpa. Untuk kasus tersebut, tebal lapis perkerasan diatas lapisan yang

mempunyai modulus elastis tinggi harus ditentukan berdasarkan pertimbangan efektivitas biaya serta tebal minimum yang praktis. (Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012).

2.9 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah proses merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Manajemen proyek tumbuh karena dorongan mencari pendekatan pengelolaan yang sesuai dengan tuntutan dan sifat kegiatan proyek, suatu kegiatan yang dinamis dan berbeda dengan kegiatan operasional rutin.

Ada banyak faktor yang mempengaruhi lancarnya pelaksanaan suatu proyek konstruksi. Salah satunya adalah ketersediaan dana untuk membiayai pelaksanaan proyek konstruksi. Sebagai dasar untuk membuat sistem pembiayaan dalam sebuah proyek, kegiatan estimasi juga digunakan untuk merencanakan jadwal pelaksanaan konstruksi. Kegiatan estimasi dalam proyek konstruksi dilakukan dengan tujuan tertentu tergantung dari pihak yang membuatnya. Pihak owner membuat estimasi dengan tujuan untuk mendapatkan informasi sejelass- jelasnya tentang biaya yang harus disediakan untuk merealisasikan proyeknya, hasil estimasi ini disebut OE (*Owner Estimate*) atau EE (*Engineer Estimate*). Pihak kontraktor membuat estimasi dengan tujuan untuk kegiatan penawaran terhadap proyek konstruksi. Kontraktor akan memenangkan lelang jika penawaran yang diajukan mendekati *owner estimate (OE)* atau *engineer estimate (EE)*. Dalam menentukan harga penawaran, kontraktor harus memasukkan aspek-aspek lain yang sekiranya berpengaruh terhadap biaya proyek nantinya. Tahap-tahap yang sebaiknya dilakukan untuk menyusun anggaran biaya dapat dilihat pada gambar 2.32.



Gambar 2.32 Tahapan Estimasi Biaya

2.9.1 Rencana Kerja dan Syarat-Syarat

Rencana kerja dan syarat-syarat adalah segala ketentuan dan formasi yang diperlukan terutama hal-hal yang tidak dapat dijelaskan dengan gambar-gambar yang harus dipenuhi oleh para kontraktor pada saat mengikuti pelelangan maupun pada saat melaksanakan pekerjaan yang akan dilakukan olehnya. Rencana kerja dan syarat-syarat terdiri :

- a. Syarat umum
- b. Syarat administrasi
- c. Syarat Teknis
- d. Syarat Teknik Khusus

2.9.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah perhitungan banyaknya biaya yang dibutuhkan baik upah maupun bahan dalam sebuah pekerjaan proyek konstruksi, membangun rumah, atau meningkat rumah, gedung, jembatan, masjid, dan lain-lain.

Rencana Anggaran Biaya dibuat berdasarkan uraian pekerjaan yang disusun menurut jenis pekerjaan yang ada dalam pelaksanaan konstruksi dan disusun berdasarkan gambar kerja dan RKS (Rencana Kerja dan Syarat) dengan memperhitungkan segala biaya pengadaan bahan maupun alat. RAB sendiri terdiri dari :

- a. Perhitungan Kuantitas Pekerjaan

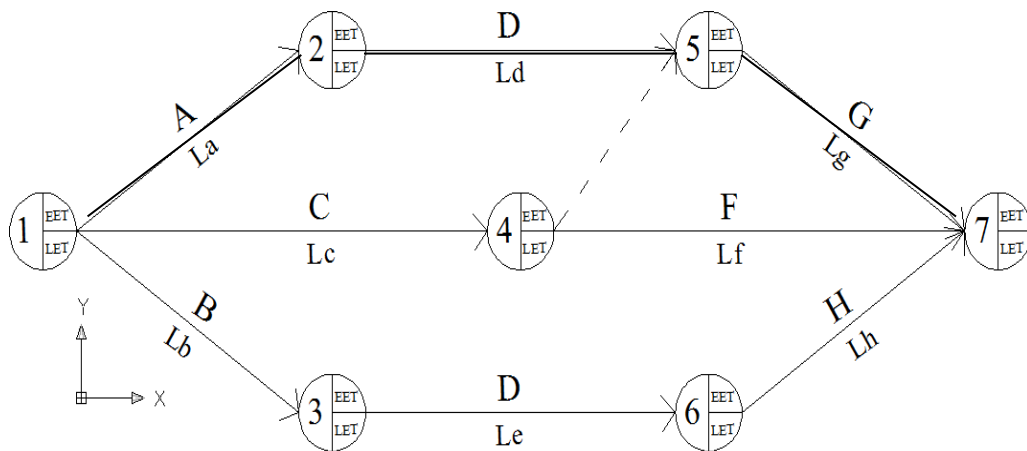
- b. Analisa Harga Satuan
- c. Rencana Anggaran Biaya
- d. Rekapitulasi

2.9.3 Network Planning

Network Planning adalah alat manajemen yang memungkinkan dengan lebih luas dan lengkap dalam perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Ini penting untuk digunakan oleh orang yang bertanggung jawab atas bidang-bidang *engineering*, produksi, marketing administrasi dan lain-lain, di mana setiap kegiatan tersebut tidak merupakan kegiatan rutin. Cara membuat *network planning* bisa dengan cara manual atau menggunakan software komputer seperti *Ms. Project*. untuk membuatnya kita membutuhkan data-data yaitu :

- a. Jenis pekerjaan yang dibuat detail rincian item pekerjaan, contohnya jika kita akan membuat *network planning* pondasi batu kali maka apabila dirinci ada pekerjaan galian tanah, pasangan pondasi batu kali kemudian urugan tanah kembali.
- b. Durasi waktu masing-masing pekerjaan, dapat ditentukan berdasarkan pengalaman atau menggunakan rumus analisa bangunan yang sudah ada.
- c. Jumlah total waktu pelaksanaan pekerjaan.
- d. Metode pelaksanaan konstruksi sehingga dapat diketahui urutan pekerjaan.

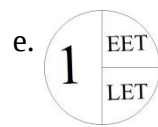
Gambar *Network Planning* dapat dilihat pada gambar 2.33 dibawah ini



Gambar 2.33 Sketsa *Network Planning*

Keterangan :

- a. $\longrightarrow$ (Arrow), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Simbol ini merupakan pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan *resources* tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah *nodes*, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.
- b. $\bigcirc$ (Node/event), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu kegiatan.
- c. $\Longrightarrow$ (Double arrow), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critikcal path*).
- d. $- - - - \rightarrow$ (Dummy), bentuknya merupakan anak oanah putus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu.



1 = Nomor Kejadian

EET (*Earliest Event Time*) = waktu yang paling cepat yaitu menjumlahkan durasi dari kejadian yang dimulai dari kejadian awal dilanjutkan kegiatan berikutnya dengan mengambil angka yang terbesar.

LET (*Laetest Event Time*) = waktu yang paling lambat, yaitu mengurangi durasi dari kejadian yang dimulai dari kegiatan paling akhir dilanjutkan kegiatan sebelumnya dengan mengambil angka terkecil.

f. A, B, C, D, E, F, G, H merupakan kegiatan, sedangkan La, Lb, Lc, Ld, Le, Lf, Lg dan Lh merupakan durasi dari kegiatan tersebut.

2.9.4 Barchart

Barchart adalah suatu diagram yang terdiri dari batang-batang yang menunjukkan saat dimulai dan saat selesai yang direncanakan untuk kegiatan-kegiatan pada suatu proyek. Disamping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahn-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan. (Wulfram I. Ervianto 2002). Gambar *Barchart* dapat dilihat pada gambar 2.34 dibawah ini.

Gambar 2.35 Kurva S

BAB III

PERHITUNGAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN

3.1 Perencanaan Geometrik Jalan

Dalam melakukan perencanaan jalan raya awalnya harus melakukan analisis data untuk mendapatkan parameter-parameter yang dibutuhkan. Data yang dianalisis adalah data yang di dapat dari instansi berupa (LHR, peta kontur, dan CBR) maupun dari sumber pustaka. Hasil analisis dan perhitungan dari data tersebut akan didapatkan informasi yang diperlukan untuk melanjutkan perencanaan jalan raya.

Proses perencanaan geometrik jalan terbagi kedalam berapa langkah kerja. Adapun tahapan perencanaan geometrik jalan sebagai berikut:

- a. Analisis lalu lintas.
- b. Identifikasi lokasi jalan.
- c. Menentukan kriteria perencanaan.
- d. Perhitungan alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal.

3.1.1 Analisis lalu lintas

a. Data Lalu Lintas

Data lalu lintas merupakan salah satu data yang digunakan untuk merencanakan suatu ruas jalan. Data lalu lintas harian rata-rata pada Jalan Betung - Sungai Lilin pada tahun 2020 yang diperoleh dari Dinas PU Bina Marga P2JN Provinsi Sumatera Selatan tercantum pada tabel 3.1 dan 3.2.

b. Penentuan LHR Tahun Rencana

Penentuan LHR tahun rencana Angka pertumbuhan (i) lalu lintas dari Jalan Betung - Sungai Lilin untuk semua jenis kendaraan adalah sebagai berikut :

- a) Sebelum jalan dibuka : 4,83% (Tabel 2.1)
- b) Setelah jalan dibuka : 5% (Asumsi)

Dari data yang didapat, perencanaan jalan adalah sebagai berikut :

- a) Jalan direncanakan dibuka pada tahun 2020
- b) Umur rencana jalan 20 tahun

Tabel 3.1 Data Lalu Lintas Kendaraan

No	Klasifikasi Kendaraan	Karakteristik	Volume Kendaraan/hari
			Tahun 2020
1	Golongan 1	MC	2641
2	Golongan 2	LV	1507
3	Golongan 3	LV	110
4	Golongan 4	LV	353
5	Golongan 5a	LB	2
6	Golongan 5b	LB	0
7	Golongan 6a	MHV	678
8	Golongan 6b	MHV	192
9	Golongan 7a	LT	50
10	Golongan 7b	LT	0
11	Golongan 7c	LT	6
Total			5539

(Sumber: Hasil Perhitungan dan Pengolahan Data, 2023)

Tabel 3.2 Pengelompokan Jenis Kendaraan

Jenis Kendaraan	Kendaraan/Hari
Sepeda Motor (MC)	2641
Kendaraan Ringan (LV)	1970
Kendaraan Berat Menengah (LB)	2
Bis Besar (MHV)	870
Truck Besar (LT)	56
Jumlah	5539

(Sumber: Hasil Perhitungan dan Pengolahan Data, 2023)

Berdasarkan data lalu lintas harian rata-rata pada tahun 2020, maka dapat dibuat perhitungan lalu lintas harian rata-rata (LHR) sebagai berikut:

- a) Sepeda Motor = 2.641 kendaraan
- b) Kendaraan ringan = 1.970 kendaraan
- c) Kendaraan berat menengah = 2 kendaraan
- d) Bis besar = 870 kendaraan
- e) Truk besar = 56 kendaraan

Berdasarkan data lalu lintas di atas, maka dapat dibuat perhitungan lalu lintas harian rata-rata (LHR) sebagai berikut :

- 1) LHR awal umur rencana, jalan dibuka 2 tahun sesudah estimasi lalu lintas. ($n = 2$, $i = 4,83\%$)
 - a) Sepeda motor = $2641 \cdot (1 + 0,0483)^2 = 2902,28$
 - b) Kendaraan ringan = $1970 \cdot (1 + 0,0483)^2 = 2164,90$
 - c) Kendaraan berat menengah = $2 \cdot (1 + 0,0483)^2 = 2,20$
 - d) Bis besar = $870 \cdot (1 + 0,0483)^2 = 956,07$
 - e) Truck besar = $56 \cdot (1 + 0,0483)^2 = 61,54$

$$\text{Jumlah} = 6086,99$$

2) LHR akhir umur rencana, $n = 20$ Tahun, $i = 5\%$

$$\text{a) Sepeda motor} = 2902,28 \cdot (1 + 0,05)^{20} = 7700,61$$

$$\text{b) Kendaraan ringan} = 2164,90 \cdot (1 + 0,05)^{20} = 5744,12$$

$$\text{c) Kendaraan berat menengah} = 2,20 \cdot (1 + 0,05)^{20} = 5,84$$

$$\text{d) Bis besar} = 956,07 \cdot (1 + 0,05)^{20} = 2536,74$$

$$\text{e) Truck besar} = 61,54 \cdot (1 + 0,05)^{20} = 163,28$$

$$\text{Jumlah} = 16149,85$$

3) LHR dalam satuan mobil penumpang SMP

$$\text{a) Sepeda motor} = 7700,61 \cdot 1,0 = 7700,61$$

$$\text{b) Kendaraan ringan} = 5744,12 \cdot 1,0 = 5744,12$$

$$\text{c) Kendaraan berat menengah} = 5,84 \cdot 2,5 = 14,6$$

$$\text{d) Bis besar} = 2536,74 \cdot 3,0 = 7610,22$$

$$\text{e) Truck besar} = 163,28 \cdot 3,0 = 489,84$$

$$\text{Jumlah} = 21559,39$$

Jadi LHR dalam SMP = 21559,39 smp/ hari berdasarkan Tabel 2.1 mengenai klasifikasi kelas jalan. Jalan ini digolongkan dalam fungsi arteri yang memiliki nilai >20000 smp/ hari yang merupakan klasifikasi fungsi utama kelas I.

a. Penentuan Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana (V_R) berdasarkan kelas dan fungsi jalan yang telah ditentukan diatas, jalan yang direncanakan berfungsi sebagai jalan Arteri kelas I dengan medan jalan dataran, maka untuk jalan antar kota dengan medan jalan datar kecepatan rencana yang dipakai sebesar 80 Km/jam.

b. Pemilihan tipe jalan

Diketahui kondisi jalan yang di rencanakan adalah sebagai berikut

Fungsi jalan	: Arteri kelas 1
Medan	: Datar
Volume LHR	: 21559,39 smp/ hari
Pertumbuhan Lalu lintas	: 4,83% (awal umur pelayanan)
	: 5,00% (akhir umur pelayanan)

c. Arus jam rencana

$$\begin{aligned}
 \text{VJR} &= \frac{\text{LHR}}{24} \\
 &= \frac{21559,39}{24} \\
 &= 898,31 \text{ smp/ jam}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

VJR = Arus jam rencana

LHR = Lalu lintas harian rencana

d. Kapasitas jalan

Pada perencanaan ini terdapat 2 jalur rencana dengan lebar jalur rencana 7 m. Rumus yang digunakan untuk menghitung berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 C &= C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_{cs} \\
 &= 3100 (2) \times 1 \times 1 \times 1,02 \times 1 \\
 &= 6324 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

C = kapasitas (smp/jam)

C_o = kapasitas dasar

FC_w = faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas

FC_{sp} = faktor penyesuaian pemisah arah

FCsf = faktor penyesuaian hambatan samping

FCcs = faktor penyesuaian ukuran kota

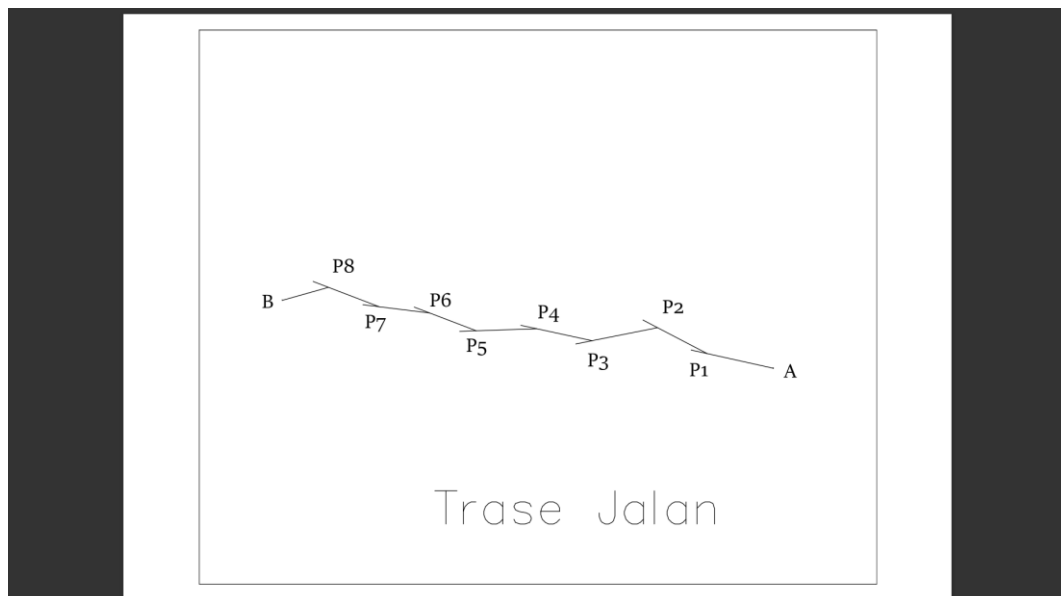
e. Derajat kejenuhan

$$Ds = \frac{Q}{c} = \frac{893,31}{6324} = 0,14 < 0,75$$

Dari hasil perhitungan nilai parameter tingkat kinerja jalan diatas, besarnya nilai Ds yang memenuhi standar persyaratan $\leq 0,75$ untuk jalan 2/2 UD masih layak digunakan sampai umur rencana hingga tahun 2040. Dengan tingkat pelayanan B Karakteristik arus stabil.

3.2 Perhitungan Alinyemen Horizontal

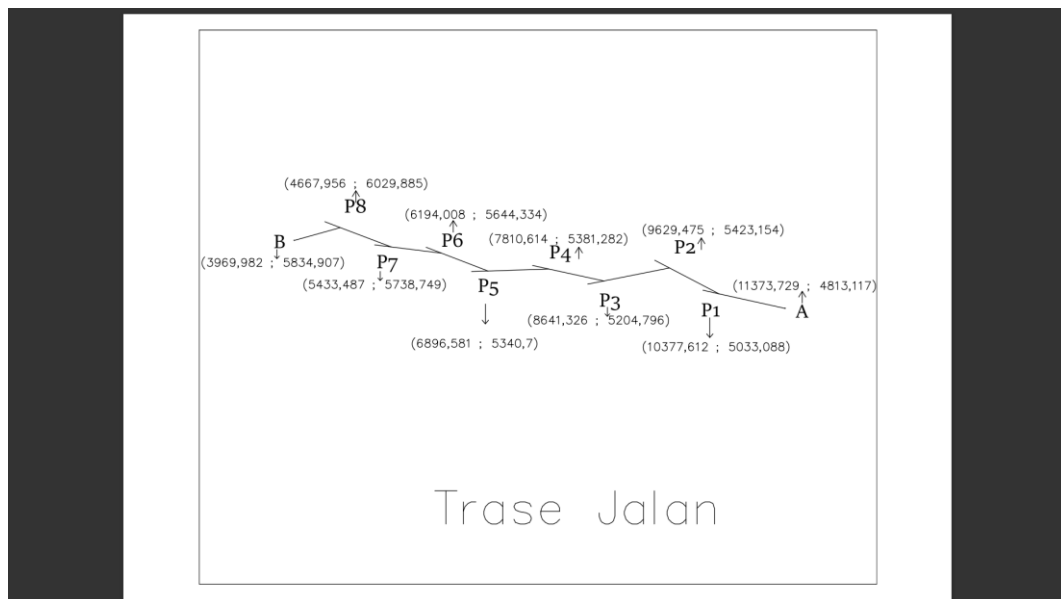
Pada perhitungan aliyemen horizontal, diawali dengan penentuan trase jalan, adapun gambar trase jalan rencana dapat dilihat pada gambar 3.1 sebagai berikut :



Gambar 3.1 Trase Jalan

3.2.1 Menentukan Titik Koordinat

Berdasarkan gambar trase jalan, setelah itu dapat menentukan posisi titik koordinat. Posisi koordinat titik dari jalan diperoleh dengan bantuan menggunakan program *Google earth pro* dan *AutoCAD Civil 3D*. Hasil pembacaan koordinat dimasukkan pada tabel 3.1 dibawah ini:



Gambar 3.2 Titik Koordinat Trase

Tabel 3.3 Titik Koordinat

Titik	Koordinat	
	X (m)	Y (m)
A	11373,729	4813,117
P1	10377,612	5033,088
P2	9629,475	5423,154
P3	8641,326	5204,796
P4	7810,614	5381,282
P5	6896,581	5340,7
P6	6194,008	5644,334
P7	5433,487	5738,749
P8	4667,956	6029,885
B	3969,982	5834,907

(Sumber: perhitungan 2023)

3.2.2 Menentukan Medan Jalan

Berdasarkan perhitungan rata-rata dari ketinggian muka tanah pada lokasi rencana, maka dapat diketahui lereng melintang yang digunakan untuk menentukan golongan medan, kemiringan jalan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.4 Perhitungan Medan Jalan

NO.	STA	ELV. KIRI	ELV.KANAN	JARAK	KEMIRINGAN
1	72+981,00	82,374	82,507	100	0,13%
2	73+000,00	82,671	82,782	100	0,11%
3	73+100,00	82,935	82,236	100	0,70%
4	73+200,00	82,431	79,391	100	3,04%
5	73+300,00	77,607	74,443	100	3,16%
6	73+400,00	72,651	69,639	100	3,01%
7	73+500,00	67,199	65,493	100	1,71%
8	73+600,00	65,554	65,359	100	0,20%
9	73+700,00	77,494	71,45	100	6,04%
10	73+800,00	88,831	82,927	100	5,90%
11	73+900,00	89,372	81,562	100	7,81%
12	74+000,00	81,656	74,88	100	6,78%
13	74+100,00	77,447	66,928	100	10,52%
14	74+200,00	80,525	76,169	100	4,36%

15	74+300,00	82,646	81,268	100	1,38%
16	74+400,00	82,234	72,903	100	9,33%
17	74+500,00	75,584	65,429	100	10,16%
18	74+600,00	67,697	65,636	100	2,06%
19	74+700,00	65,902	65,467	100	0,44%
20	74+800,00	65,263	61,415	100	3,85%
21	74+900,00	58,983	56,361	100	2,62%
22	75+000,00	52,04	50,891	100	1,15%
23	75+100,00	49,213	49,213	100	0,00%
24	75+200,00	49,213	49,213	100	0,00%
25	75+300,00	49,213	52,476	100	3,26%
26	75+400,00	53,087	57,352	100	4,26%
27	75+500,00	57,646	61,971	100	4,33%
28	75+600,00	63,023	66,387	100	3,36%
29	75+700,00	65,875	68,27	100	2,40%
30	75+800,00	65,824	65,781	100	0,04%
31	75+900,00	63,811	60,816	100	3,00%
32	76+000,00	60,186	53,039	100	7,15%
33	76+100,00	58,468	49,213	100	9,26%
34	76+200,00	57,089	49,213	100	7,88%
35	76+300,00	60,786	54,207	100	6,58%
36	76+400,00	64,068	60,624	100	3,44%
37	76+500,00	68,401	64,622	100	3,78%
38	76+600,00	72,105	64,981	100	7,12%
39	76+700,00	68,85	64,826	100	4,02%
40	76+800,00	68,645	64,914	100	3,73%
41	76+900,00	68,488	65,022	100	3,47%
42	77+000,00	68,235	65,126	100	3,11%
43	77+100,00	65,948	67,123	100	1,18%
44	77+200,00	70,414	74,85	100	4,44%
45	77+300,00	77,068	81,157	100	4,09%
46	77+400,00	81,973	82,196	100	0,22%
47	77+500,00	82,269	82,426	100	0,16%
48	77+600,00	82,598	82,181	100	0,42%
49	77+700,00	87,447	84,948	100	2,50%
50	77+800,00	92,787	91,783	100	1,00%
51	77+900,00	98,582	98,424	100	0,16%

52	78+000,00	99,136	98,414	100	0,72%
53	78+100,00	98,423	98,302	100	0,12%
54	78+200,00	98,252	98,234	100	0,02%
55	78+300,00	98,157	98,333	100	0,18%
56	78+400,00	98,056	98,331	100	0,28%
57	78+500,00	98,087	98,034	100	0,05%
58	78+600,00	98,004	98,028	100	0,02%
59	78+700,00	97,719	98,356	100	0,64%
60	78+800,00	98,098	99,302	100	1,20%
61	78+900,00	98,088	99,965	100	1,88%
62	79+000,00	93,302	99,126	100	5,82%
63	79+100,00	86,632	90,703	100	4,07%
64	79+200,00	82,021	82,021	100	0,00%
65	79+300,00	84,967	84,858	100	0,11%
70	79+400,00	93,442	91,745	100	1,70%
71	79+500,00	98,456	98,426	100	0,03%
72	79+600,00	98,49	98,453	100	0,04%
73	79+700,00	98,445	98,443	100	0,00%
74	79+800,00	95,113	95,966	100	0,85%
75	79+900,00	88,862	89,199	100	0,34%
76	80+000,00	85,053	83,17	100	1,88%
77	80+100,00	90	85,265	100	4,74%
78	80+200,00	92,019	90,212	100	1,81%
79	80+300,00	93,288	94,533	100	1,25%
80	80+400,00	94,248	95,862	100	1,61%
81	80+500,00	95,76	96,781	100	1,02%
82	80+600,00	97,759	98,191	100	0,43%
					2,69%

(sumber: perhitungan tahun 2023)

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar melintang} &= \frac{\sum \text{kemiringan total}}{\sum \text{titik}} \\
 &= \frac{138}{63} \\
 &= 2\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel 2.8 besar lereng melintang rata-rata daerah ini termasuk

golongan datar dengan kemiringan medan jalan yaitu < 3%

3.2.3. Menentukan panjang garis tangen

Berdasarkan titik koordinat pada table 3.4, jarak trase dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$d = \sqrt{(XP1 - XA)^2 + (YP1 - YA)^2}$$

Keterangan :

d = Jarak antara titik A dengan P1

X1 = Koordinat titik P1 pada sumbu X

XA = Koordinat titik A pada sumbu X

Y1 = Koordinat titik P1 pada sumbu Y

YA = Koordinat titik A pada sumbu Y

1. Jarak titik A dengan P1

$$\begin{aligned} d1 &= \sqrt{(XP1 - XA)^2 + (YP1 - YA)^2} \\ &= \sqrt{(10377,612 - 11373,729)^2 + (5033,088 - 4813,117)^2} \\ &= 1020,116 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Jarak titik P1 dengan P2

$$\begin{aligned} d2 &= \sqrt{(XP2 - XP1)^2 + (YP2 - YP1)^2} \\ &= \sqrt{(9629,475 - 10377,612)^2 + (5423,154 - 5033,088)^2} \\ &= 843,7182 \text{ m} \end{aligned}$$

3. Jarak titik P2 dengan P3

$$\begin{aligned}
 d3 &= \sqrt{(XP3 - XP2)^2 + (YP3 - YP2)^2} \\
 &= \sqrt{(8641,326 - 9629,475)^2 + (5204,796 - 5423,154)^2} \\
 &= 1011,987 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4. Jarak titik P3 dengan P4

$$\begin{aligned}
 d4 &= \sqrt{(XP4 - XP3)^2 + (YP4 - YP3)^2} \\
 &= \sqrt{(7810,614 - 8641,326)^2 + (5381,282 - 5204,796)^2} \\
 &= 849,2525 \text{ m}
 \end{aligned}$$

5. Jarak titik P4 dengan P5

$$\begin{aligned}
 d5 &= \sqrt{(XP5 - XP4)^2 + (YP5 - YP4)^2} \\
 &= \sqrt{(6896,581 - 7810,614)^2 + (5340,7 - 5381,282)^2} \\
 &= 914,9335 \text{ m}
 \end{aligned}$$

6. Jarak titik P5 dengan P6

$$\begin{aligned}
 d6 &= \sqrt{(XP6 - XP5)^2 + (YP6 - YP5)^2} \\
 &= \sqrt{(6194,008 - 6896,581)^2 + (5644,334 - 5340,7)^2} \\
 &= 765,3773 \text{ m}
 \end{aligned}$$

7. Jarak titik P6 dengan P7

$$\begin{aligned}
 d7 &= \sqrt{(XP7 - XP6)^2 + (YP7 - YP6)^2} \\
 &= \sqrt{(5433,487 - 6194,008)^2 + (5738,749 - 5644,334)^2} \\
 &= 766,3592 \text{ m}
 \end{aligned}$$

8. Jarak titik P7 dengan P8

$$\begin{aligned}
 d8 &= \sqrt{(XP8 - XP7)^2 + (YP8 - YP7)^2} \\
 &= \sqrt{(4667,956 - 5433,487)^2 + (6029,885 - 5738,749)^2} \\
 &= 819,0225 \text{ m}
 \end{aligned}$$

9. Jarak titik P8 dengan B

$$\begin{aligned}
 d9 &= \sqrt{(XPB - XP8)^2 + (YPB - YP8)^2} \\
 &= \sqrt{(3969,982 - 4667,956)^2 + (5834,907 - 6029,885)^2} \\
 &= 724,6959 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tabel 3.5 Hasil Perhitungan Trase Jalan

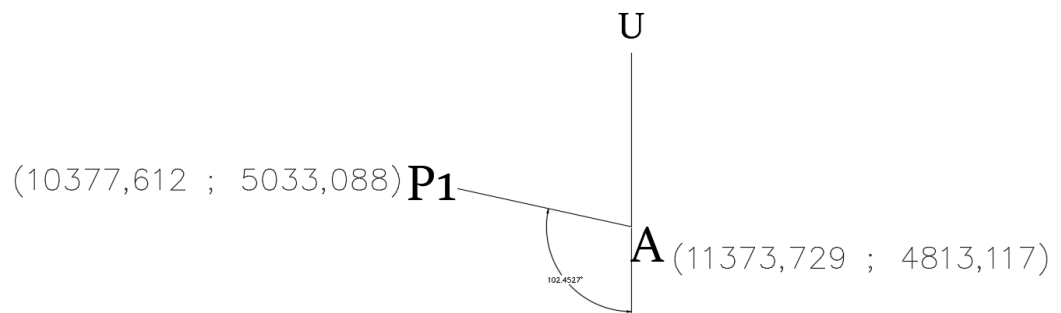
Ket	Jarak (m)	
d1	A –P1	1020,116
d2	P1 –P2	843,7182
d3	P2-P3	1011,987
d4	P3-P4	849,2525
d5	P4-P5	914,9335
d6	P5-P6	765,3773
d7	P6-P7	766,3592
d8	P7-P8	819,0225
d9	P8-B	724,6959
Total		

(Sumber: perhitungan tahun 2023)

3.2.3. Perhitungan Sudut Tikungan (Δ)

Berikut adalah perhitungan sudut azimuth yang menggunakan titik koordinat pada setiap sudut tikungan trase jalan rencana:

1. Titik A



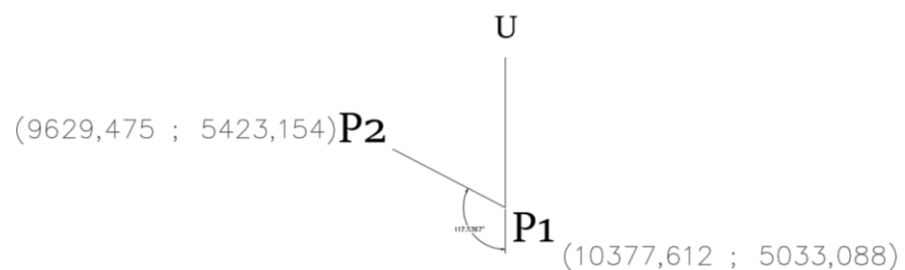
Gambar 3.3 Sudut Azimuth Titik A

$$\alpha A = 180 - \text{Arc tan} \left(\frac{x_1 - x_A}{y_1 - y_A} \right) \text{ (Kuadran II)}$$

$$\alpha A = 180 - \text{Arc tan} \left(\frac{10377,612 - 11373,729}{5033,088 - 4813,117} \right)$$

$$\alpha A = 102,4527^\circ$$

2. Titik P1



Gambar 3.4 Sudut Azimuth Titik P1

$$\alpha_{P1} = 180 - \text{Arc tan} \left(\frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1} \right) \text{ (Kuadran II)}$$

$$\alpha_{P1} = 180 - \text{Arc tan} \left(\frac{9629,475 - 10377,612}{5423,154 - 5033,088} \right)$$

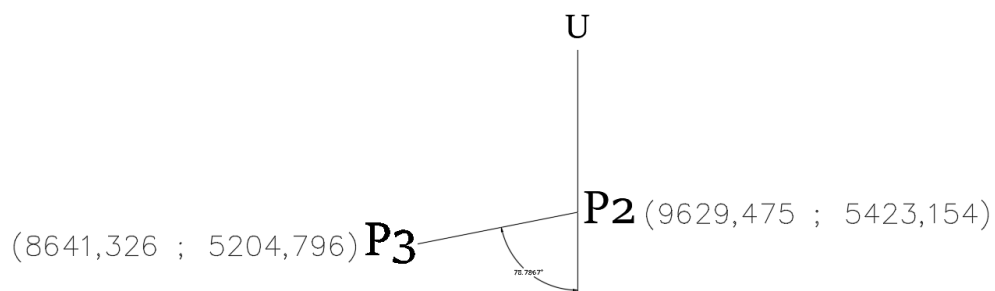
$$\alpha_{P1} = 117,5368^\circ$$

$$1 = |\alpha_A| - |\alpha_{P1}|$$

$$\Delta 1 = 102,4527^\circ - 177,5368^\circ$$

$$\Delta 1 = 15,084^\circ$$

3. Titik P2



Gambar 3.5 Sudut Azimuth Titik P2

$$\alpha_{P2} = 180 - \text{Arc tan} \left(\frac{x_3 - x_2}{y_3 - y_2} \right) \text{ (Kuadran II)}$$

$$\alpha_{P2} = 180 - \text{Arc tan} \left(\frac{8641,326 - 9629,475}{5204,796 - 5423,154} \right)$$

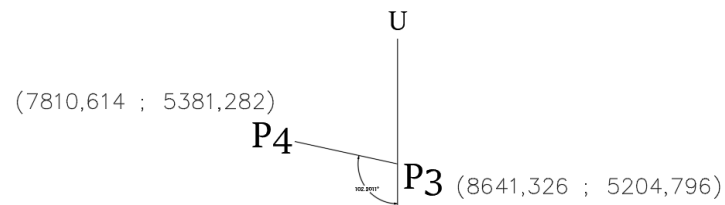
$$\alpha_{P2} = 77,53921^\circ$$

$$\Delta 2 = |\alpha_{P1}| - |\alpha_{P2}|$$

$$\Delta 2 = 177,5368^\circ - 77,53921^\circ$$

$$\Delta 2 = 39,998^\circ$$

4. Titik P3



Gambar 3.6 Sudut Azimuth Titik P3

$$\alpha_{P3} = 180 - \text{Arc tan} \left(\frac{x_4 - x_3}{y_4 - y_3} \right) \text{ (Kuadran II)}$$

$$\alpha_{P3} = 180 - \text{Arc tan} \left(\frac{7810,614 - 8641,326}{5381,282 - 5204,796} \right)$$

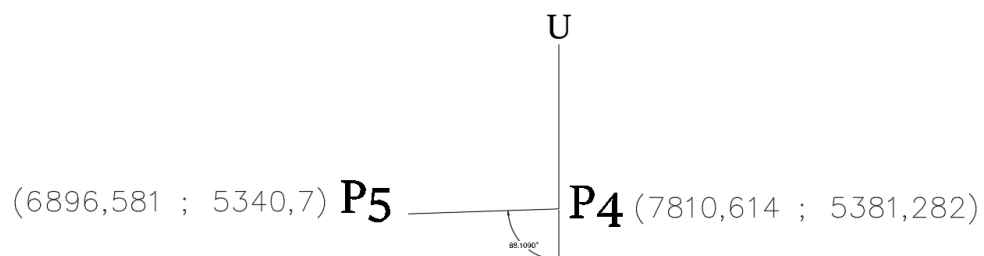
$$\alpha_{P3} = 101,9942^\circ$$

$$\Delta_3 = |\alpha_{P2}| - |\alpha_{P3}|$$

$$\Delta_3 = 77,53921^\circ - 101,9942^\circ$$

$$\Delta_3 = 24,455^\circ$$

5. Titik P4



Gambar 3.6 Sudut Azimuth Titik P4

$$\alpha_{P4} = 180 - \text{Arc tan} \left(\frac{x_5 - x_4}{y_5 - y_4} \right) \text{ (Kuadran II)}$$

$$\alpha_{P4} = 180 - \text{Arc tan} \left(\frac{6896,581 - 7810,614}{5340,7 - 5381,282} \right)$$

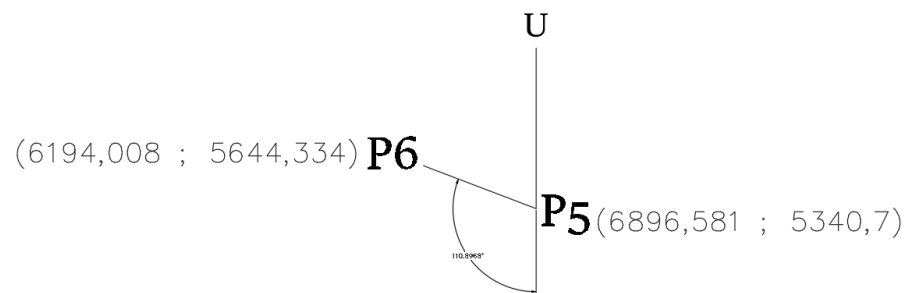
$$\alpha_{P4} = 87,4578^\circ$$

$$\Delta_4 = |\alpha_{P3}| - |\alpha_{P4}|$$

$$\Delta_4 = 101,9942^\circ - 87,4578^\circ$$

$$\Delta_4 = 14,536^\circ$$

6. Titik P5



Gambar 3.6 Sudut Azimuth Titik P5

$$\alpha_{P5} = 180 - \text{Arc tan} \left(\frac{x_6 - x_5}{y_6 - y_5} \right) \text{ (Kuadran II)}$$

$$\alpha_{P5} = 180 - \text{Arc tan} \left(\frac{6194,008 - 6896,581}{5644,334 - 5340,7} \right)$$

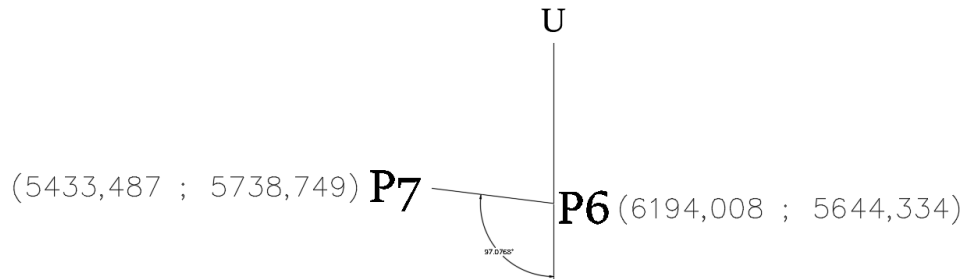
$$\alpha_{P5} = 113,3728^\circ$$

$$\Delta_5 = |\alpha_{P4}| - |\alpha_{P5}|$$

$$\Delta_5 = 87,4578^\circ - 101,9942^\circ$$

$$\Delta_5 = 25,915^\circ$$

7. Titik P6



Gambar 3.6 Sudut Azimuth Titik P6

$$\alpha_{P6} = 180 - \text{Arc tan} \left(\frac{x_7 - x_6}{y_7 - y_6} \right) \text{ (Kuadran II)}$$

$$\alpha_{P6} = 180 - \text{Arc tan} \left(\frac{5433,487 - 6194,008}{5738,749 - 5644,334} \right)$$

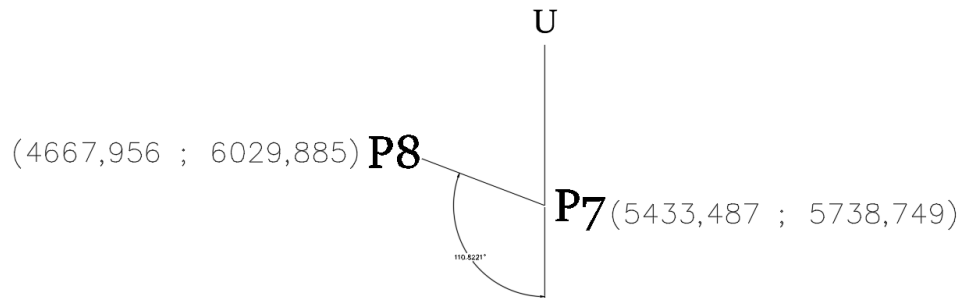
$$\alpha_{P6} = 97,07679^\circ$$

$$\Delta_6 = |\alpha_{P5}| - |\alpha_{P6}|$$

$$\Delta_6 = 113,3773^\circ - 97,07679^\circ$$

$$\Delta_6 = 16,296^\circ$$

8. Titik P7



Gambar 3.6 Sudut Azimuth Titik P7

$$\alpha_{P7} = 180 - \text{Arc tan} \left(\frac{x_8 - x_7}{y_8 - y_7} \right) \text{ (Kuadran II)}$$

$$\alpha_{P7} = 180 - \text{Arc tan} \left(\frac{4667,956 - 5433,487}{6029,885 - 5738,749} \right)$$

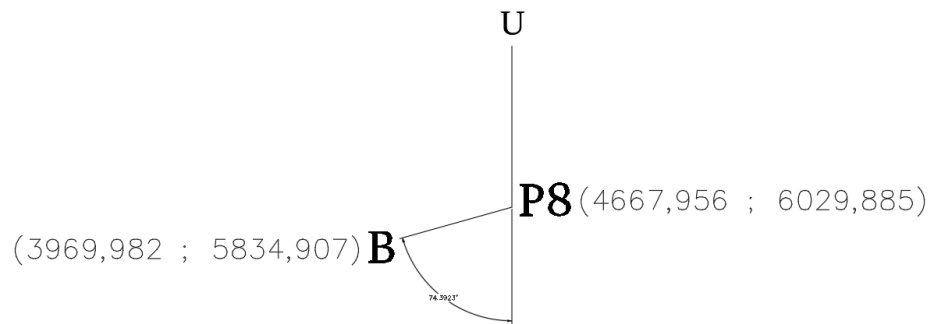
$$\alpha_{P7} = 110,8221^\circ$$

$$\Delta 7 = |\alpha_{P6}| - |\alpha_{P7}|$$

$$\Delta 7 = 97,07679^\circ - 110,8221^\circ$$

$$\Delta 7 = 13,745^\circ$$

9. Titik P8 dan B



Gambar 3.7 Sudut Azimuth Titik P8 dan B

$$\alpha_{P8} = 180 - \text{Arc tan} \left(\frac{x_B - x_8}{y_B - y_8} \right) \text{ (Kuadran II)}$$

$$\alpha_{P8} = 180 - \text{Arc tan} \left(\frac{3969,982 - 4667,956}{5834,907 - 6029,885} \right)$$

$$\alpha_{p8} = 74,39237^\circ$$

$$\Delta 8 = |\alpha_{P8}| - |\alpha_{PB}|$$

$$\Delta 8 = 110,8221^\circ - 74,39237^\circ$$

$$\Delta 8 = 36,430^\circ$$

3.2.4 Perhitungan Tikungan

1. Tikungan 1

Pada tikungan ini digunakan tikungan jenis *Full Circle (FC)*.

Jenis tikungan : *Full Circle (FC)*

Dimana dalam perencanaan :

Kecepatan rencana (V_r) = 80 km/jam

Kemiringan tikungan normal (e_n) = 2%

Kemiringan tikungan maksimum (e_{max}) = 10%

Jari-jari (R) = 700

Sudut Bearing (Δ_3) = 15,084°

Koefisien gesek (f_m)

$$\begin{aligned} F_m &= 0,24 - 0,00125 \times V \\ &= 0,24 - 0,00125 \times 80 \text{ km/jam} \\ &= 0,14 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_c &= 700/R_{min} \\ &= 700/209,974 \\ &= 3,333 \end{aligned}$$

Penyelesaian :

- Menentukan jari-jari minimum

$$R_{min} = 500 \text{ m (Tabel 2.15)} < 700 \text{ m OK}$$

- Menentukan derajat lengkung

$$\begin{aligned} D_{max} &= \frac{181913,53 \times (e_{max} + f_m)}{V^2} = \frac{181913,53 \times (0,10 + 0,14)}{80^2} \\ &= 6,8218^\circ \end{aligned}$$

$$D = \frac{1432,39}{R} = \frac{1432,39}{700} = 2,0463^\circ$$

- Menentukan nilai superelevasi

$$e_p = - \left(\frac{e_{max}}{D_{max}^2} \times D^2 \right) + \left(\frac{2 \times e_{max}}{D_{max}} \times D \right)$$

$$= - \left(\frac{10\%}{6,8218^2} \times 2,0463^2 \right) + \left(\frac{2 \times 10\%}{6,8218} \times 2,0463 \right)$$

$$= 0,051 = 5,099 \%$$

- Menentukan panjang Tangen dari titik PI ke titik TS atau ST

$$T_C = R \tan \frac{\Delta}{2}$$

$$= 700 \tan \frac{15,084}{2}$$

$$= 92,6794 \text{ m}$$

- Menentukan jarak dari titik PI ke puncak busur lingkaran

$$E_C = T_C \tan \frac{\Delta}{4}$$

$$= 92,6794 \tan \frac{15,084}{4}$$

$$= 6,109 \text{ m}$$

- Menentukan Nilai x

$$x = \frac{\frac{3}{4} \times L_s}{L_s} = \frac{x+2}{e+e_n}$$

$$= \frac{\frac{3}{4} \times L_s \times (e_p + e_n)}{L_s} - 2$$

$$= \frac{\frac{3}{4} \times 70 \times (5,099\% + 2\%)}{70} - 2$$

$$= 3,325$$

- Menentukan Panjang Bagian Lengkung

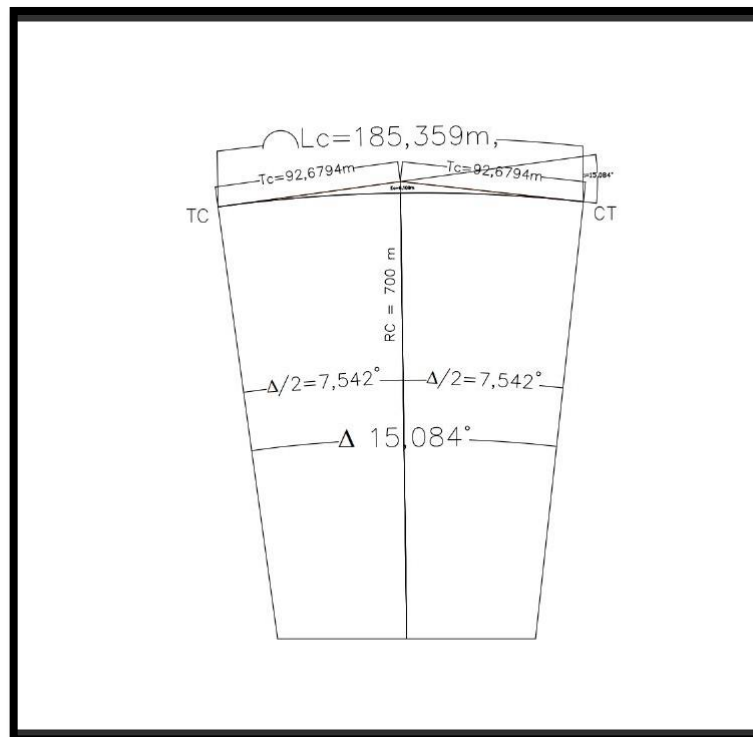
$$L_C = \frac{\pi}{180} \times \Delta \times R$$

$$= \frac{3,14}{180} \times 15,084 \times 700$$

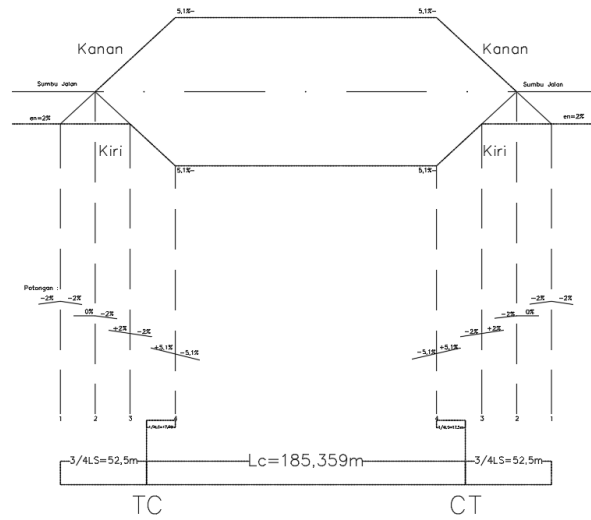
$$= 185,359 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kontrol} &= 2 \times T_c > L_c \\
 &= 2 \times 92,6794 > 185,359 \\
 &= 185,359 > 185,359 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Gambar hasil perhitungan Tikungan 1 *Full Circle* (FC) dapat dilihat dibawah ini :



Gambar 3.12 Tikungan *Full Circle*



Gambar 3.13 Superelevasi *Full Circle*

Tabel 3.9 Sudut Tangen FC ($\Delta 3$)

Kecepatan Rencana (V)	80 km/jam
R rencana	700 m
$\Delta 3$	15,084°
Ls	70 m
θ_s	7,542°
Lc	185,359°
Tc	92,6794
X	3,325
Ec	6,109
Ep	5,1%

(Sumber: Hasil Perhitungan 2023)

2. Pada tikungan ini digunakan tikungan jenis *Spiral-Spiral* (*SS*).

Tikungan 2

Jenis tikungan : *Spiral-Spiral* (*SS*).

Dimana dalam perencanaan :

Kecepatan rencana (V_r) = 80km/jam

Kemiringan tikungan normal (e_n) = 2%

Kemiringan tikungan maksimum (e_{max}) = 10%

Jari-jari (R) = 400 m

Sudut Bearing (Δ_2) = 39,99757

Koefisien gesek (f_m)

$$\begin{aligned} F_m &= 0,24 - 0,00125 \times V \\ &= 0,24 - 0,00125 \times 80 \text{ km/jam} \\ &= 0,14 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_c &= 400/R_{min} \\ &= 400/209,974 \\ &= 1,904 \end{aligned}$$

Penyelesaian :

- Menentukan nilai R_{min} , D_{max} , D :

$$\begin{aligned} R_{min} &= \frac{v^2}{127(e_{maks} + F_{maks})} \\ &= \frac{80^2}{127(0,10+0,14)} \\ &= 209,974 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{maks} &= \frac{181913,53 (e_{maks} + F_{maks})}{v^2} \\ &= \frac{181913,53(0,10+0,14)}{80^2} \\ &= 6,8218^\circ \end{aligned}$$

$$D = \frac{1432,39}{R} = \frac{1432,39}{400}$$

$$= 3,581^\circ$$

- Menentukan kemiringan tikungan (ep) :

$$e_p = - \left(\frac{e_{maks}}{D^2_{maks}} \cdot D^2 \right) + \left(\frac{2 \cdot e_{maks}}{D_{maks}} \cdot D \right)$$

$$= - \left(\frac{0,10}{6,871^2} \cdot 3,581^2 \right) + \left(\frac{2 \cdot 0,10}{6,817} \cdot 3,581 \right)$$

$$= 0,077$$

$$= 7,7 \%$$

- Menentukan Lengkung Peralihan (Ls)

Untuk menentukan nilai Ls dapat digunakan perhitungan sebagai berikut :

- Ls yang digunakan

$$Ls = \frac{\theta \cdot \pi \cdot R}{90}$$

$$= \frac{19,99 \cdot \pi \cdot 400}{90}$$

$$= 279,236 \text{ m}$$

- Berdasarkan tabel

$$Ls = 70 \text{ m}$$

Dikontrol dengan perhitungan sebagai berikut :

- Berdasarkan waktu tempuh maksimum 3 detik :

$$Ls = \frac{Vr}{3,6} T$$

$$= \frac{80}{3,6} \cdot 3$$

$$= 66,66 \text{ m}$$

- Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal :

$$\begin{aligned} L_s &= 0,022 \left(\frac{V^3}{R \cdot C} \right) - 2,727 \left(\frac{V \cdot ep}{C} \right) \\ &= 0,022 \left(\frac{80^3}{400 \cdot 0,4} \right) - 2,727 \left(\frac{80 \cdot 0,077}{0,4} \right) \\ &= 28,16 \text{ m} \end{aligned}$$

- Berdasarkan tingkat pencapaian kelandaian :

$$\begin{aligned} L_s &= \frac{(e_{maks} - e_n)}{3,6 \cdot Te} \cdot V \\ &= \frac{(0,10 - 0,02)}{3,6 \cdot 0,025} \cdot 80 \\ &= 71,11 \text{ m} \end{aligned}$$

$L_s > L_s$ minimum, maka L_s yang digunakan adalah L_s 279,236 m

$$\theta_s = \frac{\Delta}{2} = \frac{39,99757}{2} = 19,99878^\circ$$

- Menentukan panjang tangen terhadap spiral (p)

$$\begin{aligned} p &= \frac{L_s^2}{6 \times Rc} - R \times (1 - \cos \theta_s) \\ &= \frac{279,236^2}{6 \times 400} - 400 \times (1 - \cos 19,99^\circ) \\ &= 8,368 \text{ m} \end{aligned}$$

- Menentukan absis p pada tangen spiral

$$\begin{aligned} k &= L_s - \frac{60^3}{40 \times Rc} - R \times \sin \theta_s \\ &= 279,236 - \frac{60^3}{40 \times 400} - 400 \times \sin 19,99^\circ \\ &= 139,03 \text{ m} \end{aligned}$$

- Menentukan jarak PI ke TS atau ST

$$T_s = (R + P) \times \operatorname{tg} \frac{\Delta}{2} + K$$

$$\begin{aligned}
 &= (400 + 8,368) \times \operatorname{tg} \frac{39,997}{2} + 139,03 \\
 &= 287,657 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Menentukan jarak dari titik PI ke puncak busur lingkaran

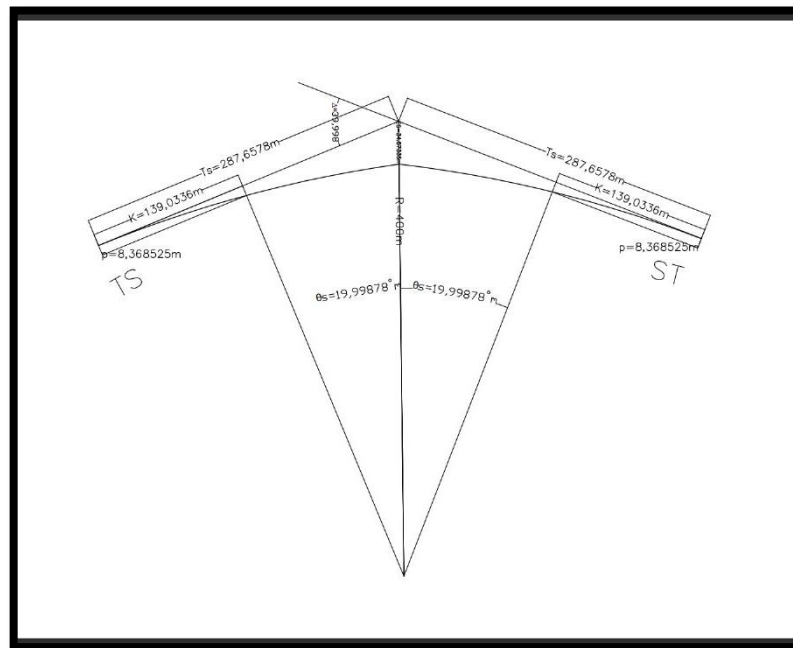
$$\begin{aligned}
 E_s &= \frac{(R + P)}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R \\
 &= \frac{(400 + 8,368)}{\cos \frac{1}{2} - 39,997} - 400 \\
 &= 34,573 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Menentukan Panjang Bagian Lengkung

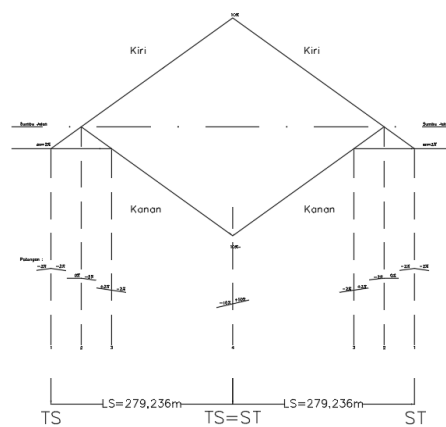
$$\begin{aligned}
 L_{total} &= 2 \times L_s \\
 &= 2 \times 279,236 \text{ m} \\
 &= 558,471 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kontrol} &= 2 L_s < 2 T_s \\
 &= 2 \cdot 279,236 < 2 \cdot 287,657 \\
 &= 558,472 < 575,314 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Gambar hasil perhitungan Tikungan 2 *Spiral-Spiral* (SS) dapat dilihat dibawah ini :



Gambar 3.12 Tikungan *Spiral-Spiral*



Gambar 3.11 Superelevasi *Spiral - Spiral*

Tabel 3.8 Sudut Tangen SS ($\Delta 2$)

Kecepatan Rencana (V)	80 km/jam
R rencana	400 m
$\Delta 2$	39,997
Ls	279,236 m
θ_s	19,998
P	8,368525 m
K	139,3006 m
Ts	267,6578 m
Es	34,537 m
L	558,4714 m

(Sumber: Perhitungan 2023)

3. Jenis tikungan : *Spiral-Circle-Spiral* (SCS).

Dimana dalam perencanaan :

$$\text{Kecepatan rencana (Vr)} = 80 \text{ km/jam}$$

$$\text{Kemiringan tikungan normal (e}_n\text{)} = 2\%$$

$$\text{Kemiringan tikungan maksimum (e}_{max}\text{)} = 10\%$$

$$\text{Jari-jari (R)} = 600 \text{ m}$$

$$\text{Sudut Bearing (}\Delta_1\text{)} = 24,455$$

Koefisien gesek (fm)

$$\begin{aligned} F_m &= 0,24 - 0,00125 \times V \\ &= 0,24 - 0,00125 \times 80 \text{ km/jam} \\ &= 0,14 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_c &= 600/R_{min} \\ &= 600/209,974 \\ &= 2,857 \end{aligned}$$

Penyelesaian :

- Menentukan nilai Rmin, Dmax, D :

$$\begin{aligned} R_{min} &= \frac{v^2}{127(e_{maks} + F_{maks})} \\ &= \frac{80^2}{127(0,1 + 0,140)} \\ &= 209,974 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{maks} &= \frac{181913,53 (e_{maks} + F_{maks})}{v^2} \\ &= \frac{181913,53(0,10 + 0,14)}{80^2} \\ &= 6,822^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= \frac{1432,39}{R} = \frac{1432,39}{600} \\ &= 2,387^\circ \end{aligned}$$

- Menentukan kemiringan tikungan (e_p) :

$$\begin{aligned}
 e_p &= - \left(\frac{e_{maks}}{D^2_{maks}} \cdot D^2 \right) + \left(\frac{2 \cdot e_{maks}}{D_{maks}} \cdot D \right) \\
 &= - \left(\frac{0,10}{6,822^2} \cdot 2,387^2 \right) + \left(\frac{2 \cdot 0,10}{6,822} \cdot 2,387 \right) \\
 &= 0,058 \\
 &= 5,774\%
 \end{aligned}$$

- Menentukan Lengkung Peralihan (L_s)

Untuk menentukan nilai L_s dapat digunakan perhitungan sebagai berikut :

- Berdasarkan tabel

$$L_s = 70 \text{ m}$$

Dikontrol dengan perhitungan sebagai berikut :

- Berdasarkan waktu tempuh maksimum 3 detik :

$$\begin{aligned}
 L_s &= \frac{Vr}{3,6} T \\
 &= \frac{80}{3,6} \cdot 3 \\
 &= 66,66 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal :

$$\begin{aligned}
 L_s &= 0,022 \left(\frac{V^3}{R \cdot C} \right) - 2,727 \left(\frac{V \cdot e_p}{C} \right) \\
 &= 0,022 \left(\frac{80^3}{600 \cdot 0,4} \right) - 2,727 \left(\frac{80 \cdot 0,070}{0,4} \right) \\
 &= 8,75 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Berdasarkan tingkat pencapaian kelandaian :

$$\begin{aligned}
 L_s &= \frac{(e_{maks} - e_n)}{3,6 \cdot T e} \cdot V \\
 &= \frac{(0,10 - 0,02)}{3,6 \cdot 0,025} \cdot 80 \\
 &= 71,11 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$L_s > L_s$ minimum, maka L_s yang digunakan adalah L_s 71,11 m

$$\theta_s = \frac{\Delta}{2} = \frac{3,40}{2} = 1,7$$

- Menentukan sudut lengkung bagian spiral

$$\begin{aligned}\theta_s &= \frac{90 \times L_s}{\pi \times R} \\ &= \frac{90 \times 71,111}{\pi \times 600} = 3,3953^\circ\end{aligned}$$

- Menentukan sudut lengkung bagian *circle*

$$\begin{aligned}\Delta_c &= \Delta - 2\theta_s \\ &= 24,455 - 2 \times 3,3953^\circ \\ &= 17,66^\circ\end{aligned}$$

- Menentukan Panjang tangen terhadap spiral (p)

$$\begin{aligned}P &= \frac{L_s^2}{6 \times R_c} - R (1 - \cos \theta_s) \\ &= \frac{71,111^2}{6 \times 600} - 600 (1 - \cos 3,3953^\circ) \\ &= 0,351 \text{ m}\end{aligned}$$

- Menentukan Absis p pada tangen spiral

$$\begin{aligned}K &= L_s - \frac{L_s^2}{40 R^2} - R \times \sin \theta_s \\ &= 71,1111 - \frac{71,111^2}{40 \times 600^2} - 600 \times \sin 3,3953^\circ \\ &= 35,551 \text{ m}\end{aligned}$$

- Panjang Busur Lingkaran (Panjang dari titik SC ke CS)

$$\begin{aligned}L_c &= \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times \pi \times R_c \\ &= \frac{(24,455 - 2 \times 3,3953)}{180} \times \pi \times 600 = 184,981\end{aligned}$$

Karena $L_c > 25 \text{ m}$ maka tikungan ini menggunakan tikungan

Spiral Circle Spiral (SCS)

- Menentukan jarak PI ke TS atau ST

$$\begin{aligned}
 T_s &= (R + P) \operatorname{tg} \frac{\Delta}{2} + K \\
 &= (600 + 0,351) \operatorname{tg} \frac{24,455}{2} + 35,551 \text{ m} \\
 &= 165,654 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Menentukan jarak dari titik PI ke puncak busur lingkaran

$$\begin{aligned}
 E_s &= \frac{(R+P)}{\cos^2 \frac{\Delta}{2}} - R \\
 &= \frac{(600 + 0,351)}{\cos^2 \frac{1}{2}(24,455)} - 600 = 14,287 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Menentukan absis titik S_C pada garis tangen / jarak titik T_s ke titik S_C

$$\begin{aligned}
 X_s &= L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40 \times R^2} \right) = 71,1111 \left(1 - \frac{71,1111^2}{40 \times 600^2} \right) \\
 &= 71,086 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Menentukan koordinat titik S_C pada garis tegak lurus tangen

$$\begin{aligned}
 Y_s &= \frac{L_s^2}{6 \times R} \\
 &= \frac{71,1111^2}{6 \times 600} \\
 &= 1,405 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Menentukan Panjang Bagian Lengkung

$$\begin{aligned}
 L_{\text{total}} &= L_c + 2 \times L_s \\
 &= 184,981 + 2 \times 71,1111 \\
 &= 327,204 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kontrol} &= L_{\text{total}} < 2 \cdot T_s \\
 &= 304,030 \text{ m} < 2 \times 165,654 \\
 &= 304,030 \text{ m} < 331,308 \text{ m (OK)}
 \end{aligned}$$

Tabel 3.7 Sudut Tangen SCS (Δ_1)

Kecepatan Rencana (V)	80 km/jam
R rencana	600 m
Δ_1	24,455
V	80 km/jam
Ls	71,111 m
Ep	5,77%
θ_s	3,3953°
P	0,351 m
K	35,551
Ts	165,654
Es	14,287
L	327,204

(Sumber: Perhitungan Excel 2023)

4. Tikungan 4

Pada tikungan ini digunakan tikungan jenis *Full Circle (FC)*.

Jenis tikungan : *Full Circle (FC)*

Dimana dalam perencanaan :

Kecepatan rencana (V_r) = 80 km/jam

Kemiringan tikungan normal (e_n) = 2%

Kemiringan tikungan maksimum (e_{max}) = 10%

Jari-jari (R) = 700

Sudut Bearing (Δ_3) = 14,536°

Koefisien gesek (f_m)

$$\begin{aligned} F_m &= 0,24 - 0,00125 \times V \\ &= 0,24 - 0,00125 \times 80 \text{ km/jam} \\ &= 0,14 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_c &= 700/R_{min} \\ &= 700/209,974 \\ &= 3,333 \end{aligned}$$

Penyelesaian :

- Menentukan jari-jari minimum

$$\begin{aligned} R_{min} &= \frac{v^2}{127(e_{maks} + f_{maks})} \\ &= \frac{80^2}{127(0,10+0,14)} \\ &= 209,974 \text{ m} \end{aligned}$$

- Menentukan derajat lengkung

$$\begin{aligned} D_{max} &= \frac{181913,53 \times (e_{max} + f_m)}{v^2} = \frac{181913,53 \times (0,10 + 0,14)}{80^2} \\ &= 6,8218^\circ \end{aligned}$$

$$D = \frac{1432,39}{R} = \frac{1432,39}{700} = 2,0463^\circ$$

- Menentukan nilai superelevasi

$$\begin{aligned}
 e_p &= - \left(\frac{e_{\max}}{D_{\max}^2} \times D^2 \right) + \left(\frac{2 \times e_{\max}}{D_{\max}} \times D \right) \\
 &= - \left(\frac{10\%}{6,8218^2} \times 2,0463^2 \right) + \left(\frac{2 \times 10\%}{6,8218} \times 2,0463 \right) \\
 &= 0,051 = 5,099 \%
 \end{aligned}$$

- Menentukan panjang Tangen dari titik PI ke titik TS atau ST

$$\begin{aligned}
 T_c &= R \tan \frac{\Delta}{2} \\
 &= 700 \tan \frac{14,536}{2} \\
 &= 89,2774 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Menentukan jarak dari titik PI ke puncak busur lingkaran

$$\begin{aligned}
 E_c &= T_c \tan \frac{\Delta}{4} \\
 &= 92,6794 \tan \frac{14,536}{4} \\
 &= 5,670 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Menentukan Nilai x

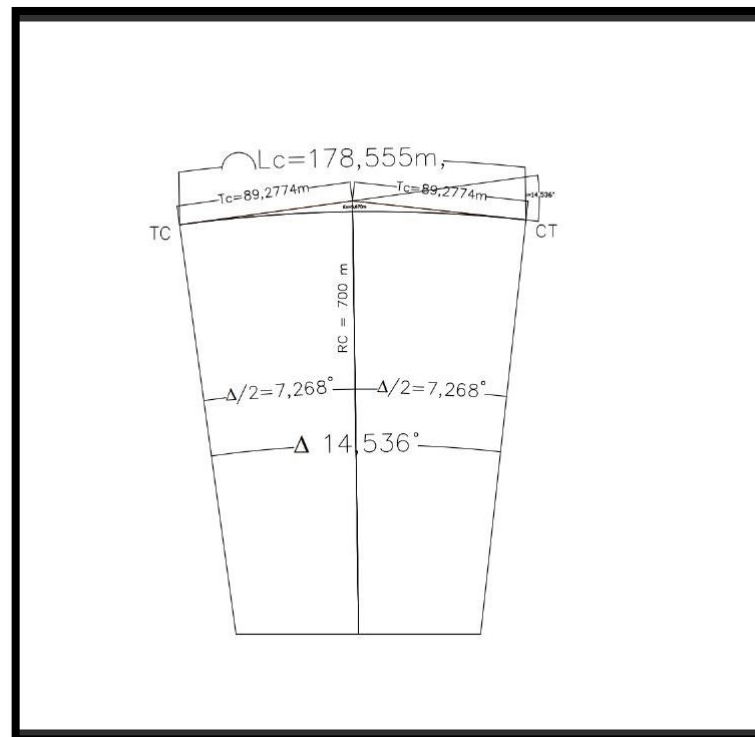
$$\begin{aligned}
 x &= \frac{\frac{3}{4} \times L_s}{L_s} = \frac{x+2}{e+e_n} \\
 &= \frac{\frac{3}{4} \times L_s \times (e_p + e_n)}{L_s} - 2 \\
 &= \frac{\frac{3}{4} \times 70 \times (5,099\% + 2\%)}{70} - 2 \\
 &= 3,325
 \end{aligned}$$

- Menentukan Panjang Bagian Lengkung

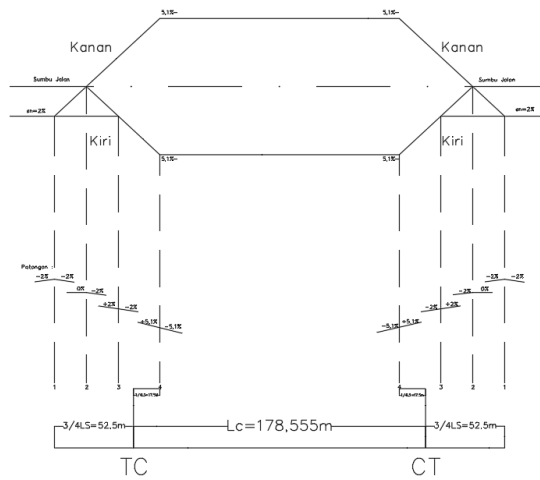
$$\begin{aligned}
 L_c &= \frac{\pi}{180} \times \Delta \times R \\
 &= \frac{3,14}{180} \times 14,536 \times 700 \\
 &= 178,555 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kontrol} &= 2 \times T_c > L_c \\
 &= 2 \times 89,2774 > 178,555 \\
 &= 178,5548 > 178,555 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Gambar hasil perhitungan Tikungan 4 *Full Circle* (FC) dapat dilihat dibawah ini :



Gambar 3.12 Tikungan *Full Circle*



Gambar 3.13 Superelevasi *Full Circle*

Tabel 3.9 Sudut Tangen FC ($\Delta 3$)

Kecepatan Rencana (V)	80 km/jam
R rencana	700 m
$\Delta 3$	14,536°
Ls	70 m
θ_s	7,268°
Lc	178,555°
Tc	89,2774
X	3,325
Ec	5,670
Ep	5,1%

(Sumber: Hasil Perhitungan 2023)

5. Jenis tikungan : *Spiral-Circle-Spiral* (SCS).

Dimana dalam perencanaan :

$$\text{Kecepatan rencana (Vr)} = 80 \text{ km/jam}$$

$$\text{Kemiringan tikungan normal (e}_n\text{)} = 2\%$$

$$\text{Kemiringan tikungan maksimum (e}_{max}\text{)} = 10\%$$

$$\text{Jari-jari (R)} = 600 \text{ m}$$

$$\text{Sudut Bearing (}\Delta_1\text{)} = 25,915^\circ$$

Koefisien gesek (fm)

$$\begin{aligned} F_m &= 0,24 - 0,00125 \times V \\ &= 0,24 - 0,00125 \times 80 \text{ km/jam} \\ &= 0,14 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_c &= 600/R_{min} \\ &= 600/209,974 \\ &= 2,857 \end{aligned}$$

Penyelesaian :

- Menentukan nilai Rmin, Dmax, D :

$$\begin{aligned} R_{min} &= \frac{v^2}{127(e_{maks} + F_{maks})} \\ &= \frac{80^2}{127(0,1 + 0,140)} \\ &= 209,974 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{maks} &= \frac{181913,53 (e_{maks} + F_{maks})}{v^2} \\ &= \frac{181913,53(0,10 + 0,14)}{80^2} \\ &= 6,822^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= \frac{1432,39}{R} = \frac{1432,39}{600} \\ &= 2,387^\circ \end{aligned}$$

- Menentukan kemiringan tikungan (e_p) :

$$\begin{aligned}
 e_p &= - \left(\frac{e_{maks}}{D^2_{maks}} \cdot D^2 \right) + \left(\frac{2 \cdot e_{maks}}{D_{maks}} \cdot D \right) \\
 &= - \left(\frac{0,10}{6,822^2} \cdot 2,387^2 \right) + \left(\frac{2 \cdot 0,10}{6,822} \cdot 2,387 \right) \\
 &= 0,058 \\
 &= 5,774\%
 \end{aligned}$$

- Menentukan Lengkung Peralihan (L_s)

Untuk menentukan nilai L_s dapat digunakan perhitungan sebagai berikut :

- Berdasarkan tabel

$$L_s = 70 \text{ m}$$

Dikontrol dengan perhitungan sebagai berikut :

- Berdasarkan waktu tempuh maksimum 3 detik :

$$\begin{aligned}
 L_s &= \frac{Vr}{3,6} T \\
 &= \frac{80}{3,6} \cdot 3 \\
 &= 66,66 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal :

$$\begin{aligned}
 L_s &= 0,022 \left(\frac{V^3}{R \cdot C} \right) - 2,727 \left(\frac{V \cdot e_p}{C} \right) \\
 &= 0,022 \left(\frac{80^3}{600 \cdot 0,4} \right) - 2,727 \left(\frac{80 \cdot 5,774}{0,4} \right) \\
 &= 15,44 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Berdasarkan tingkat pencapaian kelandaian :

$$\begin{aligned}
 L_s &= \frac{(e_{maks} - e_n)}{3,6 \cdot T_e} \cdot V \\
 &= \frac{(0,10 - 0,02)}{3,6 \cdot 0,025} \cdot 80 \\
 &= 71,11 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$L_s > L_s$ minimum, maka L_s yang digunakan adalah L_s 71,11 m

$$\theta_s = \frac{\Delta}{2} = \frac{3,40}{2} = 1,7$$

- Menentukan sudut lengkung bagian spiral

$$\begin{aligned}\theta_s &= \frac{90 \times L_s}{\pi \times R} \\ &= \frac{90 \times 71,111}{\pi \times 600} = 3,3953^\circ\end{aligned}$$

- Menentukan sudut lengkung bagian *circle*

$$\begin{aligned}\Delta_c &= \Delta - 2\theta_s \\ &= 25,915 - 2 \times 3,3953^\circ \\ &= 19,12^\circ\end{aligned}$$

- Menentukan Panjang tangen terhadap spiral (p)

$$\begin{aligned}P &= \frac{L_s^2}{6 \times R_c} - R (1 - \cos \theta_s) \\ &= \frac{71,111^2}{6 \times 600} - 600 (1 - \cos 3,3953^\circ) \\ &= 0,351 \text{ m}\end{aligned}$$

- Menentukan Absis p pada tangen spiral

$$\begin{aligned}K &= L_s - \frac{L_s^2}{40 R^2} - R \times \sin \theta_s \\ &= 71,1111 - \frac{71,111^2}{40 \times 600^2} - 600 \times \sin 3,3953^\circ \\ &= 35,551 \text{ m}\end{aligned}$$

- Panjang Busur Lingkaran (Panjang dari titik SC ke CS)

$$\begin{aligned}L_c &= \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times \pi \times R_c \\ &= \frac{(25,915 - 2 \times 3,3953)}{180} \times \pi \times 600 = 200,270\end{aligned}$$

Karena $L_c > 25 \text{ m}$ maka tikungan ini menggunakan tikungan

Spiral Circle Spiral (SCS)

- Menentukan jarak PI ke TS atau ST

$$\begin{aligned} T_s &= (R + P) \operatorname{tg} \frac{\Delta}{2} + K \\ &= (600 + 0,351) \operatorname{tg} \frac{25,915}{2} + 35,551 \text{ m} \\ &= 173,684 \text{ m} \end{aligned}$$

- Menentukan jarak dari titik PI ke puncak busur lingkaran

$$\begin{aligned} E_s &= \frac{(R+P)}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R \\ &= \frac{(600 + 0,351)}{\cos \frac{1}{2} (25,915)} - 600 = 16,038 \text{ m} \end{aligned}$$

- Menentukan absis titik S_C pada garis tangen / jarak titik T_s ke titik S_C

$$\begin{aligned} X_s &= L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40 \times R^2} \right) = 71,1111 \left(1 - \frac{71,1111^2}{40 \times 600^2} \right) \\ &= 71,086 \text{ m} \end{aligned}$$

- Menentukan koordinat titik S_C pada garis tegak lurus tangen

$$\begin{aligned} Y_s &= \frac{L_s^2}{6 \times R} \\ &= \frac{71,1111^2}{6 \times 600} \\ &= 1,405 \text{ m} \end{aligned}$$

- Menentukan Panjang Bagian Lengkung

$$\begin{aligned} L_{\text{total}} &= L_c + 2 \times L_s \\ &= 200,270 + 2 \times 71,1111 \\ &= 342,492 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol} &= L_{\text{total}} < 2.T_s \\ &= 304,030 \text{ m} < 2 \times 173,684 \\ &= 304,030 \text{ m} < 347,368 \text{ m (OK)} \end{aligned}$$

Tabel 3.7 Sudut Tangen SCS (Δ_1)

Kecepatan Rencana (V)	80 km/jam
R rencana	600 m
Δ_1	25,915
V	80 km/jam
Ls	71,111 m
Ep	5,77%
θ_s	3,3953°
P	0,351 m
K	35,551
Ts	173,684
Es	16,038
L	342,492

(Sumber: Perhitungan Excel 2023)

6. Tikungan 6

Pada tikungan ini digunakan tikungan jenis *Full Circle (FC)*.

Jenis tikungan : *Full Circle (FC)*

Dimana dalam perencanaan :

Kecepatan rencana (V_r) = 80 km/jam

Kemiringan tikungan normal (e_n) = 2%

Kemiringan tikungan maksimum (e_{max}) = 10%

Jari-jari (R) = 700

Sudut Bearing (Δ_3) = 16,296°

Koefisien gesek (f_m)

$$\begin{aligned} F_m &= 0,24 - 0,00125 \times V \\ &= 0,24 - 0,00125 \times 80 \text{ km/jam} \\ &= 0,14 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_c &= 700/R_{min} \\ &= 700/209,974 \\ &= 3,333 \end{aligned}$$

Penyelesaian :

- Menentukan jari-jari minimum

$$\begin{aligned} R_{min} &= \frac{v^2}{127(e_{maks} + F_{maks})} \\ &= \frac{80^2}{127(0,10 + 0,14)} \\ &= 209,974 \text{ m} \end{aligned}$$

- Menentukan derajat lengkung

$$\begin{aligned} D_{max} &= \frac{181913,53 \times (e_{max} + f_m)}{v^2} = \frac{181913,53 \times (0,10 + 0,14)}{80^2} \\ &= 6,8218^\circ \end{aligned}$$

$$D = \frac{1432,39}{R} = \frac{1432,39}{700} = 2,0463^\circ$$

- Menentukan nilai superelevasi

$$\begin{aligned} e_p &= - \left(\frac{e_{\max}}{D^2_{\max}} \times D^2 \right) + \left(\frac{2 \times e_{\max}}{D_{\max}} \times D \right) \\ &= - \left(\frac{10\%}{6,8218^2} \times 2,0463^2 \right) + \left(\frac{2 \times 10\%}{6,8218} \times 2,0463 \right) \\ &= 0,051 = 5,099 \% \end{aligned}$$

- Menentukan panjang Tangen dari titik PI ke titik TS atau ST

$$\begin{aligned} T_c &= R \tan \frac{\Delta}{2} \\ &= 700 \tan \frac{16,296}{2} \\ &= 100,2230 \text{ m} \end{aligned}$$

- Menentukan jarak dari titik PI ke puncak busur lingkaran

$$\begin{aligned} E_c &= T_c \tan \frac{\Delta}{4} \\ &= 100,2230 \tan \frac{16,296}{4} \\ &= 7,138 \text{ m} \end{aligned}$$

- Menentukan Nilai x

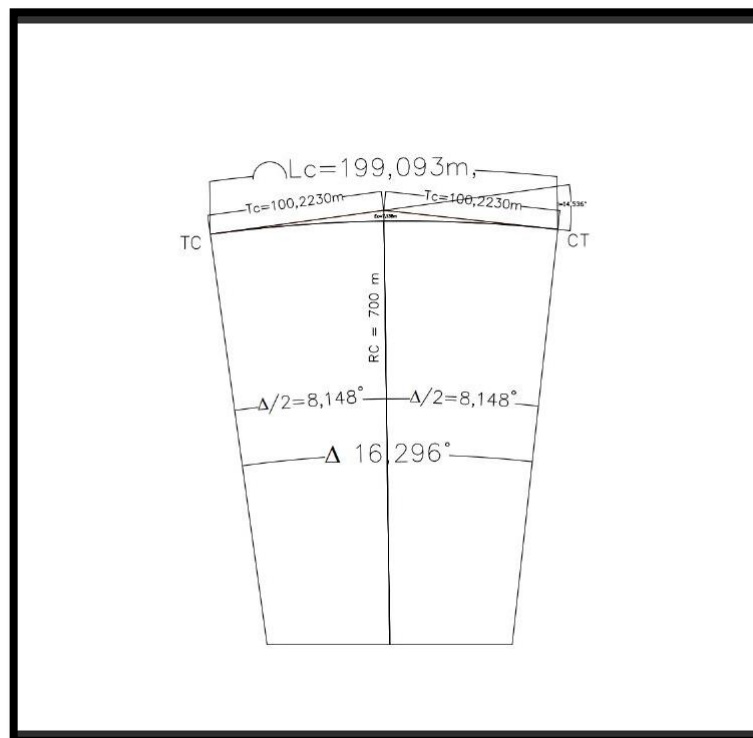
$$\begin{aligned} x &= \frac{\frac{3}{4} \times L_s}{L_s} = \frac{x+2}{e+e_n} \\ &= \frac{\frac{3}{4} \times L_s \times (e_p + e_n)}{L_s} - 2 \\ &= \frac{\frac{3}{4} \times 70 \times (5,099\% + 2\%)}{70} - 2 \\ &= 3,325 \end{aligned}$$

- Menentukan Panjang Bagian Lengkung

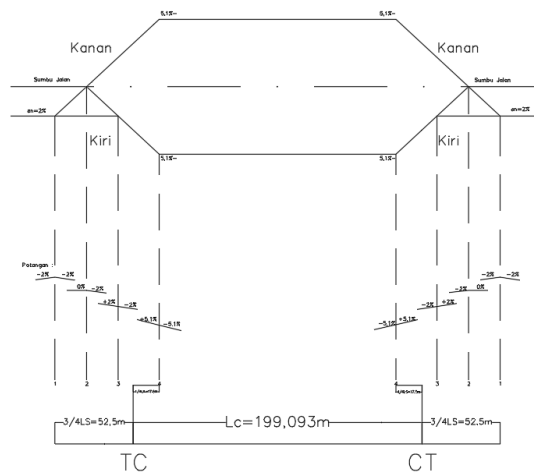
$$\begin{aligned}
 L_c &= \frac{\pi}{180} \times \Delta \times R \\
 &= \frac{3,14}{180} \times 16,296 \times 700 \\
 &= 200,446 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kontrol} &= 2 \times T_c > L_c \\
 &= 2 \times 100,2230 > 200,446 \\
 &= 200,446 > 200,446 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Gambar hasil perhitungan Tikungan 6 *Full Circle* (FC) dapat dilihat dibawah ini :



Gambar 3.12 Tikungan *Full Circle*



Gambar 3.13 Superelevasi Full Circle

Tabel 3.9 Sudut Tangen FC ($\Delta 3$)

Kecepatan Rencana (V)	80 km/jam
R rencana	700 m
$\Delta 3$	16,296°
Ls	70 m
θ_s	8,147°
Lc	200,446°
Tc	100,2230
X	3,325
Ec	7,138
Ep	5,1%

(Sumber: Hasil Perhitungan 2023)

7. Tikungan 7

Pada tikungan ini digunakan tikungan jenis *Full Circle (FC)*.

Jenis tikungan : *Full Circle (FC)*

Dimana dalam perencanaan :

Kecepatan rencana (V_r) = 80 km/jam

Kemiringan tikungan normal (e_n) = 2%

Kemiringan tikungan maksimum (e_{max}) = 10%

Jari-jari (R) = 700

Sudut Bearing (Δ_3) = 13,745°

Koefisien gesek (f_m)

$$\begin{aligned} F_m &= 0,24 - 0,00125 \times V \\ &= 0,24 - 0,00125 \times 80 \text{ km/jam} \\ &= 0,14 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_c &= 700/R_{min} \\ &= 700/209,974 \\ &= 3,333 \end{aligned}$$

Penyelesaian :

- Menentukan jari-jari minimum

$$\begin{aligned} R_{min} &= \frac{v^2}{127(e_{maks} + f_{maks})} \\ &= \frac{80^2}{127(0,10+0,14)} \\ &= 209,974 \text{ m} \end{aligned}$$

- Menentukan derajat lengkung

$$\begin{aligned} D_{max} &= \frac{181913,53 \times (e_{max} + f_m)}{v^2} = \frac{181913,53 \times (0,10 + 0,14)}{80^2} \\ &= 6,8218^\circ \end{aligned}$$

$$D = \frac{1432,39}{R} = \frac{1432,39}{700} = 2,0463^\circ$$

- Menentukan nilai superelevasi

$$\begin{aligned}
 e_p &= - \left(\frac{e_{\max}}{D_{\max}^2} \times D^2 \right) + \left(\frac{2 \times e_{\max}}{D_{\max}} \times D \right) \\
 &= - \left(\frac{10\%}{6,8218^2} \times 2,0463^2 \right) + \left(\frac{2 \times 10\%}{6,8218} \times 2,0463 \right) \\
 &= 0,051 = 5,099 \%
 \end{aligned}$$

- Menentukan panjang Tangen dari titik PI ke titik TS atau ST

$$\begin{aligned}
 T_C &= R \tan \frac{\Delta}{2} \\
 &= 700 \tan \frac{13,745}{2} \\
 &= 84,3704 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Menentukan jarak dari titik PI ke puncak busur lingkaran

$$\begin{aligned}
 E_C &= T_C \tan \frac{\Delta}{4} \\
 &= 84,3704 \tan \frac{13,745}{4} \\
 &= 5,066 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Menentukan Nilai x

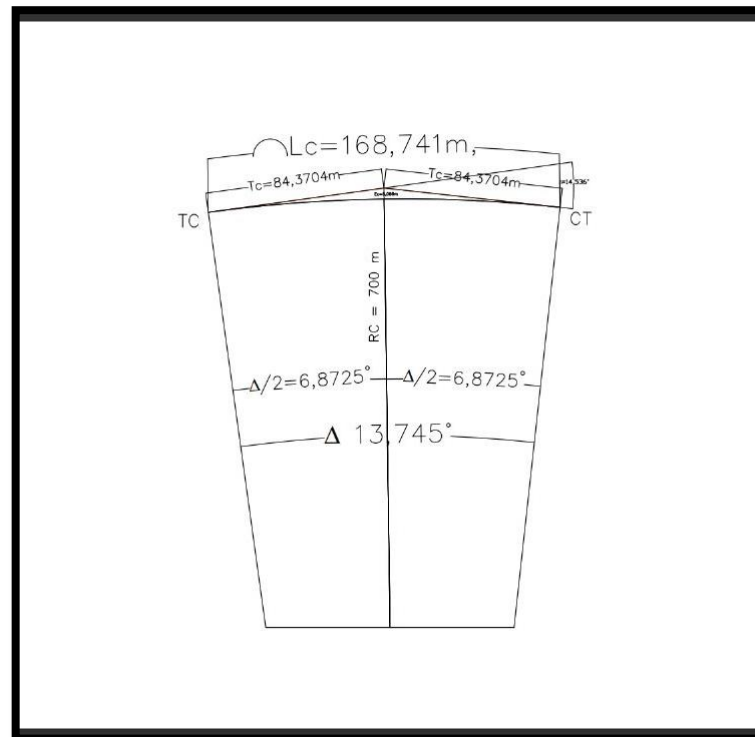
$$\begin{aligned}
 x &= \frac{\frac{3}{4} \times L_s}{L_s} = \frac{x+2}{e+e_n} \\
 &= \frac{\frac{3}{4} \times L_s \times (e_p + e_n)}{L_s} - 2 \\
 &= \frac{\frac{3}{4} \times 70 \times (5,099\% + 2\%)}{70} - 2 \\
 &= 3,325
 \end{aligned}$$

- Menentukan Panjang Bagian Lengkung

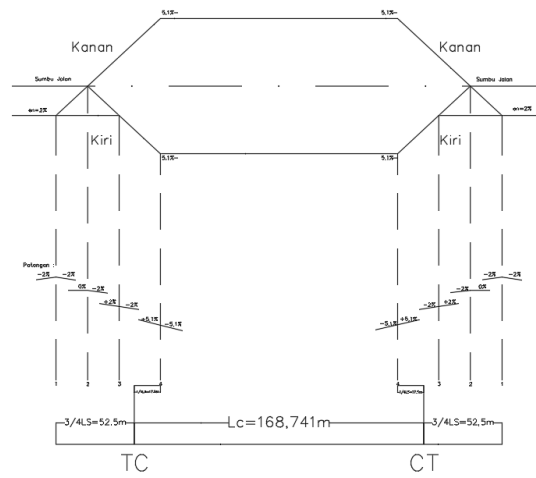
$$\begin{aligned}
 L_C &= \frac{\pi}{180} \times \Delta \times R \\
 &= \frac{3,14}{180} \times 13,745 \times 700 \\
 &= 168,741 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kontrol} &= 2 \times T_c > L_c \\
 &= 2 \times 84,3704 > 168,741 \\
 &= 168,7408 > 168,741 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Gambar hasil perhitungan Tikungan 7 *Full Circle* (FC) dapat dilihat dibawah ini :



Gambar 3.12 Tikungan *Full Circle*



Gambar 3.13 Superelevasi *Full Circle*

Tabel 3.9 Sudut Tangen FC ($\Delta 3$)

Kecepatan Rencana (V)	80 km/jam
R rencana	700 m
$\Delta 3$	13,745°
Ls	70 m
θ_s	6,872°
Lc	168,741°
Tc	84,3704
X	3,325
Ec	5,066
Ep	5,1%

(Sumber: Hasil Perhitungan 2023)

8. Tikungan 8

Pada tikungan ini digunakan tikungan jenis *Spiral-Spiral* (SS).

Tikungan 2

Jenis tikungan : *Spiral-Spiral* (SS).

Dimana dalam perencanaan :

Kecepatan rencana (V_r) = 80km/jam

Kemiringan tikungan normal (e_n) = 2%

Kemiringan tikungan maksimum (e_{max}) = 10%

Jari-jari (R) = 400 m

Sudut Bearing (Δ_2) = 36,42973

Koefisien gesek (f_m)

$$\begin{aligned} F_m &= 0,192 - 0,000652 \times V \\ &= 0,192 - 0,000652 \times 80 \text{ km/jam} \\ &= 0,140 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_c &= 400/R_{min} \\ &= 400/209,974 \\ &= 1,904 \end{aligned}$$

Penyelesaian :

- Menentukan nilai R_{min} , D_{max} , D :

$$\begin{aligned} R_{min} &= \frac{v^2}{127(e_{maks} + F_{maks})} \\ &= \frac{80^2}{127(0,1+0,140)} \\ &= 209,974 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{maks} &= \frac{181913,53 (e_{maks} + F_{maks})}{v^2} \\ &= \frac{181913,53(0,1 + 0,140)}{80^2} \\ &= 6,8218^\circ \end{aligned}$$

$$D = \frac{1432,39}{R} = \frac{1432,39}{400}$$

$$= 3,581^\circ$$

- Menentukan kemiringan tikungan (ep) :

$$e_p = - \left(\frac{e_{maks}}{D^2_{maks}} \cdot D^2 \right) + \left(\frac{2 \cdot e_{maks}}{D_{maks}} \cdot D \right)$$

$$= - \left(\frac{0,10}{6,871^2} \cdot 3,581^2 \right) + \left(\frac{2 \cdot 0,10}{6,817} \cdot 3,581 \right)$$

$$= 0,077$$

$$= 7,7 \%$$

- Menentukan Lengkung Peralihan (Ls)

Untuk menentukan nilai Ls dapat digunakan perhitungan sebagai berikut :

- Ls yang digunakan

$$Ls = \frac{\theta \cdot \pi \cdot R}{90}$$

$$= \frac{18,21 \cdot \pi \cdot 400}{90}$$

$$= 254,328 \text{ m}$$

- Berdasarkan tabel

$$Ls = 70 \text{ m}$$

Dikontrol dengan perhitungan sebagai berikut :

- Berdasarkan waktu tempuh maksimum 3 detik :

$$Ls = \frac{Vr}{3,6} T$$

$$= \frac{80}{3,6} \cdot 3$$

$$= 66,66 \text{ m}$$

- Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal :

$$\begin{aligned} L_s &= 0,022 \left(\frac{V^3}{R \cdot C} \right) - 2,727 \left(\frac{V \cdot ep}{C} \right) \\ &= 0,022 \left(\frac{80^3}{400 \cdot 0,4} \right) - 2,727 \left(\frac{80 \cdot 0,077}{0,4} \right) \\ &= 28,16 \text{ m} \end{aligned}$$

- Berdasarkan tingkat pencapaian kelandaian :

$$\begin{aligned} L_s &= \frac{(e_{maks} - e_n)}{3,6 \cdot Te} \cdot V \\ &= \frac{(0,10 - 0,02)}{3,6 \cdot 0,025} \cdot 80 \\ &= 71,11 \text{ m} \end{aligned}$$

$L_s > L_s$ minimum, maka L_s yang digunakan adalah L_s 254,328 m

$$\theta_s = \frac{\Delta}{2} = \frac{36,42973}{2} = 18,21487^\circ$$

- Menentukan panjang tangen terhadap spiral (p)

$$\begin{aligned} p &= \frac{L_s^2}{6 \times Rc} - R \times (1 - \cos \theta_s) \\ &= \frac{254,328^2}{6 \times 400} - 400 \times (1 - \cos 18,21^\circ) \\ &= 6,907 \text{ m} \end{aligned}$$

- Menentukan absis p pada tangen spiral

$$\begin{aligned} k &= L_s - \frac{60^3}{40 \times Rc} - R \times \sin \theta_s \\ &= 254,328 - \frac{60^3}{40 \times 400} - 400 \times \sin 18,21^\circ \\ &= 126,72 \text{ m} \end{aligned}$$

- Menentukan jarak PI ke TS atau ST

$$\begin{aligned}
 T_s &= (R + P) \times \operatorname{tg} \frac{\Delta}{2} + K \\
 &= (400 + 6,907) \times \operatorname{tg} \frac{36,429}{2} + 163,40 \\
 &= 260,626 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Menentukan jarak dari titik PI ke puncak busur lingkaran

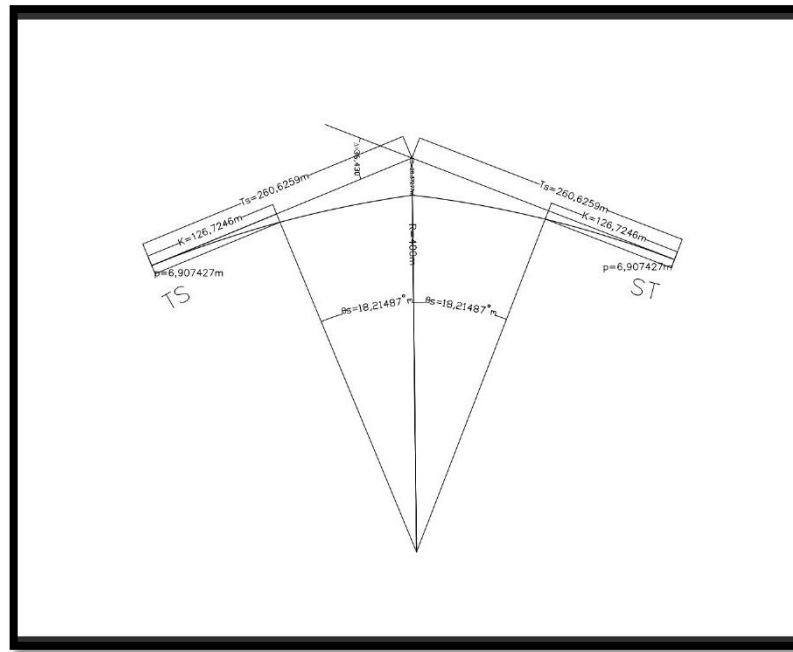
$$\begin{aligned}
 E_s &= \frac{(R + P)}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R \\
 &= \frac{(400 + 6,907)}{\cos \frac{1}{2} 36,429} - 400 \\
 &= 28,372 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Menentukan Panjang Bagian Lengkung

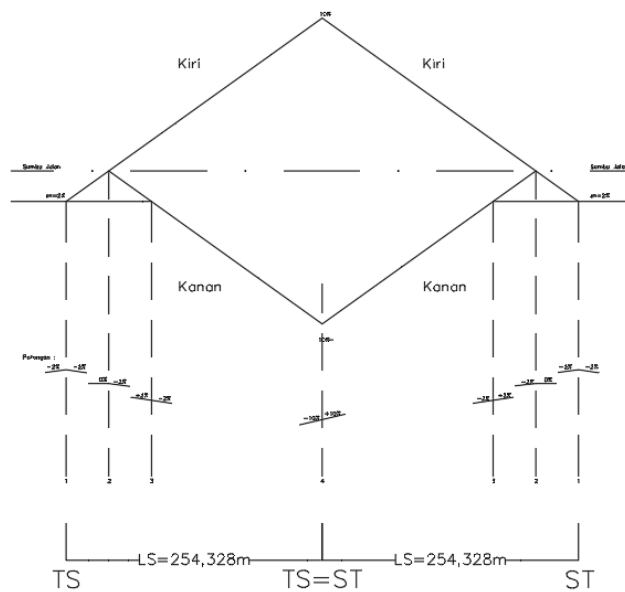
$$\begin{aligned}
 L_{total} &= 2 \times L_s \\
 &= 2 \times 254,328 \text{ m} \\
 &= 508,655 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kontrol} &= 2 L_s < 2 T_s \\
 &= 2 \cdot 254,328 < 2 \cdot 260,626 \\
 &= 508,656 < 521,252 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Gambar hasil perhitungan Tikungan 8 *Spiral-Spiral* (SS) dapat dilihat dibawah ini :



Gambar 3.12 Tikungan *Spiral-Spiral*



Gambar 3.11 Superelevasi *Spiral - Spiral*

Tabel 3.8 Sudut Tangen SS ($\Delta 2$)

Kecepatan Rencana (V)	80 km/jam
R rencana	400 m
$\Delta 2$	36,42973
Ls	254,328 m
θ_s	18,214
P	6,907427 m
K	126,7246 m
Ts	260,6259 m
Es	28,327 m
L	508,655 m

(Sumber: Perhitungan 2023)

3.2.5 Perhitungan Kontrol Overlapping

Untuk mengetahui apakah hasil perencanaan geometrik alinyemen horizontal tidak terjadi *overlapping*, maka diperlukan perhitungan kontrol *overlapping* antara lengkung horizontal yang satu dengan lengkung horizontal yang lain.

1. Titik Awal Proyek (A) Dengan Tikungan 1 (FC)

$$\begin{aligned}
 &= Tc1 + \left(\frac{3}{4} Ls \right) + 30 && \leq d1 \\
 &= 92,67 + 52,5 + 30 && \leq 1020,116 \text{ m} \\
 &= 175,17 \text{ m} && \leq 1020,116 \text{ m} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

2. Tikungan 1 (FC) Dengan Tikungan 2 (SS)

$$\begin{aligned}
 &= Tc1 + \left(\frac{3}{4} Ls \right) + Ts2 + 30 && \leq d2 \\
 &= 92,67 + 52,5 + 287,65 + 30 && \leq 843,7182 \text{ m} \\
 &= 462,83 \text{ m} && \leq 843,7182 \text{ m} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

3. Tikungan 2 (SS) Dengan Tikungan 3 (SCS)

$$\begin{aligned}
 &= Ts2 + Ts3 + 30 && \leq d3 \\
 &= 287,65 + 165,65 + 30 && \leq 1011,987 \text{ m} \\
 &= 483,31 \text{ m} && \leq 1011,987 \text{ m} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

4. Tikungan 3 (SCS) Dengan Tikungan 4 (FC)

$$\begin{aligned}
 &= Ts3 + Tc4 + \left(\frac{3}{4} Ls \right) + 30 && \leq d4 \\
 &= 165,65 + 89,27 + 52,5 + 30 && \leq 849,2525 \text{ m} \\
 &= 337,43 \text{ m} && \leq 849,2525 \text{ m} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

5. Tikungan 4 (FC) Dengan Tikungan 5 (SCS)

$$\begin{aligned}
 &= Tc4 + \left(\frac{3}{4} Ls \right) + Ts5 + 30 && \leq d5 \\
 &= 89,27 + 52,5 + 173,68 + 30 && \leq 914,9335 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$= 345,46 \text{ m} \leq 914,9335 \text{ m} \rightarrow \text{OK}$$

6. Tikungan 5 (SCS) Dengan Tikungan 6 (FC)

$$= Ts5 + Tc6 + (\frac{3}{4} Ls) + 30 \leq d6$$

$$= 173,68 + 100,22 + 52,5 + 30 \leq 765,3773 \text{ m}$$

$$= 356,40 \text{ m} \leq 765,3773 \text{ m} \rightarrow \text{OK}$$

7. Tikungan 6 (FC) Dengan Tikungan 7 (FC)

$$= Tc6 + (\frac{3}{4} Ls) + Tc7 + (\frac{3}{4} Ls) + 30 \leq d7$$

$$= 100,22 + 52,5 + 84,37 + 52,5 + 30 \leq 766,3592 \text{ m}$$

$$= 319,59 \text{ m} \leq 766,3592 \text{ m} \rightarrow \text{OK}$$

8. Tikungan 7 (FC) Dengan Tikungan 8 (SS)

$$= Tc7 + (\frac{3}{4} Ls) + Ts8 + 30 \leq d8$$

$$= 84,37 + 52,5 + 260,62 + 30 \leq 819,0225 \text{ m}$$

$$= 427,49 \text{ m} \leq 819,0225 \text{ m} \rightarrow \text{OK}$$

Tabel 3.11 Kontrol Overlapping

No.	Titik Koordinat	Overlapping	Jarak (d)
1.	A – P1	175,17	1020,116
2.	P1 – P2	462,83	843,7182
3.	P2 – P3	483,31	1011,987
4.	P3 – P4	337,43	849,2525
5.	P4 – P5	345,46	914,9335
6.	P5 – P6	356,40	765,3773

7.	P6 – P7	319,59	766,3592
8.	P7 – P8	427,49	819,0225

(Sumber:Hasil Perhitungan 2023)

3.2.6 Penentuan Stationing

Awal Proyek STA 72+981,000

a. Tikungan 1 *Full Circle* (FC)

$$D1 = 1020,116 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{STA TC1} &= \text{STA A} + (D1) - \text{TC1} \\ &= 72981,000 + (1020,116) - 92,679 \\ &= 73908,437 \\ &= 73 + 908,437 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{STA CT1} &= \text{STA TC1} + \text{Lc1} \\ &= 73908,437 + 184,287 \\ &= 74092,723 \\ &= 74+092,723 \end{aligned}$$

b. Tikungan 2 *Spiral-Spiral* (SS)

$$D2 = 843,7182 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{STA TS2} &= \text{STA Titik CT1} + D2 - \text{TC1} - \text{TS2} \\ &= (74908,723) + 843,7182 (92,679 - 287,657) \\ &= 74556,104 \text{ m} \\ &= 74+556,104 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{STA ST2} &= \text{STA TS2} + \text{Ltotal} \\ &= 74556,104 \text{ m} + 558,4714 \text{ m} \\ &= 75114,576 \text{ m} \\ &= 75+114,576 \end{aligned}$$

c. Tikungan 3 *Spiral – Circle – Spiral* (SCS)

$$D3 = 1614,339 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{STA TS3} &= \text{STA ST2} + (D3) - \text{TS2} - \text{TS3} \\ &= 75114,576 + (1011,987) - 287,675 - 165,654 \\ &= 75673,252 \text{ m} \\ &= 75+673,252 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{STA SC3} &= \text{STA TS3} + \text{Ls3} \\ &= 75673,252 + 71,1111 \\ &= 75744,363 \\ &= 75+744,363 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{STA CS3} &= \text{STA SC3} + \text{Lc3} \\ &= 75744,363 + 184,981 \\ &= 75929,344 \\ &= 75+929,344 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{STA ST3} &= \text{STA CS3} + \text{Ls3} \\ &= 75929,344 + 71,1111 \\ &= 76000,455 \text{ m} \\ &= 76+000,455 \end{aligned}$$

d. Tikungan 4 *Full Circle* (FC)

$$D4 = 849,2525 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{STA TC4} &= \text{STA ST3} + (D4) - \text{Ts3} - \text{Tc4} \\ &= 76000,455 + (849,2525) - 165,654 - 89,2774 \\ &= 76594,777 \\ &= 76+594,777 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{STA CT4} &= \text{STA TC4} + \text{Lc4} \\ &= 76594,777 + 178,555 \\ &= 76772,373 \\ &= 76+772,373 \end{aligned}$$

e. Tikungan 5 *Spiral – Circle – Spiral* (SCS)

$$D5 = 914,9335 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{STA TS5} &= \text{STA CT4} + (D5) - T_{c4} - T_{s5} \\ &= 76772,373 + (914,9335) - 89,2774 - 173,684 \\ &= 77424,344 \text{ m} \\ &= 77+424,344 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{STA SC5} &= \text{STA TS5} + L_{s5} \\ &= 77424,344 + 71,1111 \\ &= 77495,456 \\ &= 77+495,456 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{STA CS5} &= \text{STA SC5} + L_{c5} \\ &= 77495,456 + 200,270 \\ &= 77695,725 \\ &= 77+695,725 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{STA ST5} &= \text{STA CS5} + L_{s5} \\ &= 77695,725 + 71,1111 \\ &= 77766,836 \text{ m} \\ &= 77+766,836 \end{aligned}$$

f. Tikungan 6 *Full Circle* (FC)

$$D6 = 765,3773 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{STA TC6} &= \text{STA ST5} + (D6) - T_{s5} - T_{c6} \\ &= 77766,836 + (765,3773) - 173,684 - 100,2230 \\ &= 78258,306 \\ &= 78+258,306 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{STA CT6} &= \text{STA TC6} + L_{c6} \\ &= 78258,306 + 200,446 \\ &= 78457,399 \\ &= 78+457,399 \end{aligned}$$

g. Tikungan 7 *Full Circle* (FC)

$$D7 = 766,3592 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{STA TC7} &= \text{STA CT6} + (D7) - T_{c6} - T_{c7} \\ &= 78457,399 + (766,3592) - 100,2230 - 84,3704 \\ &= 79039,165 \\ &= 79+039,165 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{STA CT7} &= \text{STA TC7} + L_{c7} \\ &= 79039,165 + 168,741 \\ &= 79207,096 \\ &= 79+207,096 \end{aligned}$$

h. Tikungan 8 *Spiral-Spiral* (SS)

$$D8 = 819,0225 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{STA TS8} &= \text{STA TC7} + D8 - T_{c7} - T_{s8} \\ &= 79207,096 + 819,0225 - 84,3704 - 260,6259 \\ &= 79681,122 \text{ m} \\ &= 79+681,122 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{STA ST8} &= \text{STA TS8} + L_{\text{total}} \\ &= 79681,122 \text{ m} + 508,6551 \text{ m} \\ &= 80189,777 \text{ m} \\ &= 80+189,777 \end{aligned}$$

i. Akhir Proyek STA B

$$D9 = 724,6959 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{STA B} &= \text{STA ST8} + (D9 - T_{s8}) \\ &= 80189,777 + (724,6959 - 260,6259) \\ &= 80653,847 \\ &= 80+653,847 \end{aligned}$$

3.2.7 Perhitungan Kebebasan Samping pada Tikungan

Kebebasan samping pada tikungan ditinjau berdasarkan jarak pandang henti :

1. Berdasarkan Jarak Pandang Henti

Adapun untuk perhitungan kebebasan samping pada tikungan berdasarkan jarak pandang henti adalah sebagai berikut :

a) Tikungan 3 (*Full Circle*)

$$V_r = 80 \text{ km/jam}$$

$$R = 700 \text{ m}$$

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

$$J_h = 120 \text{ m (Berdasarkan tata cara perencanaan Geometrik Jalan antar Kota Bina Marga 1997)}$$

$$L_c = 184,287 \text{ m}$$

$$J_h > L_c$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned} R' &= R - \frac{1}{4} \times B \\ &= 700 - \frac{1}{4} \times 7 \\ &= 698,25 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= R' \left[1 - \cos \left(\frac{90^\circ \times J_h}{\pi \times R'} \right) \right] \\ &= 698,25 \left[1 - \cos \left(\frac{90^\circ \times 120}{\pi \times 698,25} \right) \right] \\ &= 2,576 \text{ m} \end{aligned}$$

b) Tikungan 2 (*Spiral – Spiral*)

$$V_r = 80 \text{ km/jam}$$

$$R = 400 \text{ m}$$

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

$$J_h = 120 \text{ m (Berdasarkan tata cara perencanaan Geometrik Jalan antar Kota Bina Marga 1997)}$$

$$L_t = 2.L_s = 558,471 \text{ m}$$

$$J_h < L_t$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned} R' &= R - \frac{1}{4} \times B \\ &= 400 - \frac{1}{4} \times 7 \\ &= 398,25 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= R' \left[1 - \cos \left(\frac{90^\circ \times J_h}{\pi \times R'} \right) \right] \\ &= 398,25 \left[1 - \cos \left(\frac{90^\circ \times 120}{\pi \times 398,25} \right) \right] \\ &= 4,511 \text{ m} \end{aligned}$$

c) Tikungan 3 (*Spiral – Circle – Spiral*)

$$V_r = 80 \text{ km/jam}$$

$$R = 600 \text{ m}$$

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

$J_h = 120 \text{ m}$ (Berdasarkan tata cara perencanaan Geometrik Jalan antar Kota Bina Marga 1997)

$$L_t = 2L_s + L_c = 327,204 \text{ m}$$

$$J_h < L_t$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned} R' &= R - \frac{1}{4} \times B \\ &= 600 - \frac{1}{4} \times 7 \\ &= 598,25 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= R' \left[1 - \cos \left(\frac{90^\circ \times J_h}{\pi \times R'} \right) \right] \\ &= 598,25 \left[1 - \cos \left(\frac{90^\circ \times 120}{\pi \times 598,25} \right) \right] \\ &= 3,006 \text{ m} \end{aligned}$$

d) Tikungan 4 (*Full Circle*)

$$V_r = 80 \text{ km/jam}$$

$$R = 700 \text{ m}$$

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

$$J_h = 120 \text{ m (Berdasarkan tata cara perencanaan Geometrik Jalan antar Kota Bina Marga 1997)}$$

$$L_c = 177,596 \text{ m}$$

$$J_h > L_c$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned} R' &= R - \frac{1}{4} \times B \\ &= 700 - \frac{1}{4} \times 7 \\ &= 698,25 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= R' \left[1 - \cos \left(\frac{90^\circ \times J_h}{\pi \times R'} \right) \right] \\ &= 698,25 \left[1 - \cos \left(\frac{90^\circ \times 120}{\pi \times 698,25} \right) \right] \\ &= 2,576 \text{ m} \end{aligned}$$

e) Tikungan 5 (*Spiral – Circle – Spiral*)

$$V_r = 80 \text{ km/jam}$$

$$R = 600 \text{ m}$$

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

$$J_h = 120 \text{ m (Berdasarkan tata cara perencanaan Geometrik Jalan antar Kota Bina Marga 1997)}$$

$$L_t = 2L_s + L_c = 342,492 \text{ m}$$

$$J_h < L_t$$

Perhitungan :

$$R' = R - \frac{1}{4} \times B$$

$$= 600 - \frac{1}{4} \times 7$$

$$= 598,25 \text{ m}$$

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

$$= 598,25 \left[1 - \cos \left(\frac{90^\circ \times 120}{\pi \times 598,25} \right) \right]$$

$$= 3,006 \text{ m}$$

f) Tikungan 6 (*Full Circle*)

$$V_r = 80 \text{ km/jam}$$

$$R = 700 \text{ m}$$

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

$$Jh = 120 \text{ m (Berdasarkan tata cara perencanaan Geometrik Jalan antar Kota Bina Marga 1997)}$$

$$L_c = 199,903 \text{ m}$$

$$Jh > L_c$$

Perhitungan :

$$R' = R - \frac{1}{4} \times B$$

$$= 700 - \frac{1}{4} \times 7$$

$$= 698,25 \text{ m}$$

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

$$= 698,25 \left[1 - \cos \left(\frac{90^\circ \times 120}{\pi \times 698,25} \right) \right]$$

$$= 2,576 \text{ m}$$

g) Tikungan 7 (*Full Circle*)

$$V_r = 80 \text{ km/jam}$$

$$R = 700 \text{ m}$$

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

$$J_h = 120 \text{ m (Berdasarkan tata cara perencanaan Geometrik Jalan antar Kota Bina Marga 1997)}$$

$$L_c = 167,931 \text{ m}$$

$$J_h > L_c$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned} R' &= R - \frac{1}{4} \times B \\ &= 700 - \frac{1}{4} \times 7 \\ &= 698,25 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= R' \left[1 - \cos \left(\frac{90^\circ \times J_h}{\pi \times R'} \right) \right] \\ &= 698,25 \left[1 - \cos \left(\frac{90^\circ \times 120}{\pi \times 698,25} \right) \right] \\ &= 2,576 \text{ m} \end{aligned}$$

h) Tikungan 2 (*Spiral – Spiral*)

$$V_r = 80 \text{ km/jam}$$

$$R = 400 \text{ m}$$

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

$$J_h = 120 \text{ m (Berdasarkan tata cara perencanaan Geometrik Jalan antar Kota Bina Marga 1997)}$$

$$L_t = 2.L_s = 508,655 \text{ m}$$

$$J_h < L_t$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned} R' &= R - \frac{1}{4} \times B \\ &= 400 - \frac{1}{4} \times 7 \\ &= 398,25 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E &= R' \left[1 - \cos \left(\frac{90^\circ \times Jh}{\pi \times R'} \right) \right] \\
 &= 398,25 \left[1 - \cos \left(\frac{90^\circ \times 120}{\pi \times 398,25} \right) \right] \\
 &= 4,511 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tabel 3.12 Hasil Perhitungan Kebebasan Samping Berdasarkan Jh

Tikungan	Vr	Jh	R	Lt	R'	E
	(km/jam)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
Tikungan 1	80	120	700	184,287	698,25	2,576
Tikungan 2	80	120	400	558,471	398,25	4,511
Tikungan 3	80	120	600	327,204	598,25	3,006
Tikungan 4	80	120	700	177,596	698,25	2,576
Tikungan 5	80	120	600	342,492	598,25	3,006
Tikungan 6	80	120	700	199,093	698,25	2,576
Tikungan 7	80	120	700	167,931	698,25	2,576
Tikungan 8	80	120	400	508,655	398,25	4,511

(Sumber: Hasil Perhitungan 2023)

3.2.8 Perhitungan Pelebaran Perkerasan pada Tikungan

Pada perhitungan Pelebaran Perkerasan Pada Tikungan dibawah ini diambil 3 contoh tikungan yang mewakili, yaitu Tikungan *Spiral – Spiral*, Tikungan *Spiral – Circle – Spiral*, dan Tikungan *Full Circle*. Selanjutnya perhitungan pelebaran perkerasan pada tikungan untuk semua jenis tikungan akan ditampilkan dalam bentuk tabel. Adapun perhitungan Pelebaran Perkerasan Pada Tikungan adalah sebagai berikut:

1. Tikungan *Full Circle (FC)*

Kecepatan (VR)	= 80 km/jam
Jari – jari (R)	= 700 m
Jumlah Lajur (n)	= 2 Lajur
Lebar Total Perkerasan bagian lurus (Bn)	= 7 m
L. Perkerasan Samping di kiri & kanan Kendaraan(c)	= 1 m

Lebar Kendaraan Rencana (b)	= 2,5 m
Jarak antar gandar (p)	= 6,5 m
Tonjolan depan kendaraan (A)	= 1,5 m

Perhitungan :

$$R_c = R - \frac{1}{4} B_n + \frac{1}{2} \times b$$

$$R_c = 700 - \frac{1}{4} \times 7 + \frac{1}{2} \times 2,5$$

$$R_c = 699,50 \text{ m}$$

$$B = \sqrt{\left(\sqrt{R_c^2 - (p + A)^2} + \frac{1}{2} b\right)^2 + (p + A)^2} - \sqrt{R_c^2 - (p + A)^2} + \frac{1}{2} b$$

$$B = \sqrt{\left(\sqrt{R_c^2 - 65} + \frac{1}{2} 2,5\right)^2 + 65} - \sqrt{R_c^2 - 65} + \frac{1}{2} 2,5$$

$$B = \sqrt{\left(\sqrt{699,50^2 - 65} + 1,25\right)^2 + 65} - \sqrt{(699,50^2 - 65)} + 1,25$$

$$B = 2,546 \text{ m}$$

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

$$Z = \frac{0,105 \times 80}{\sqrt{700}}$$

$$= 0,317 \text{ m}$$

$$B_t = n (B + C) + Z$$

$$B_t = 2 (2,546 + 1) + 0,317$$

$$= 7,409 \text{ m}$$

$$\Delta b = B_t - B_n$$

$$\Delta b = 7,409 - 7$$

$$= 0,409 \text{ m (Perlu Pelebaran)}$$

2. Tikungan 2 (*Spiral – Spiral*)

Kecepatan (V_R)	= 80 km/jam
Jari – jari (R)	= 400 m
Jumlah Lajur (n)	= 2 Lajur
Lebar Total Perkerasan bagian lurus (B_n)	= 7 m
L.Perkerasan Samping di kiri & kanan Kendaraan (c)	= 1 m
Lebar Kendaraan Rencana (b)	= 2,5 m
Jarak antar gandar (p)	= 6,5 m
Tonjolan depan kendaraan (A)	= 1,5 m

Perhitungan :

$$R_c = R - \frac{1}{4} B_n + \frac{1}{2} b$$

$$R_c = 400 - \frac{1}{4} \times 7 + \frac{1}{2} \times 2,5$$

$$R_c = 399,5 \text{ m}$$

$$B = \sqrt{\left(\sqrt{R_c^2 - (p + A)^2} + \frac{1}{2} b\right)^2 + (p + A)^2} - \sqrt{R_c^2 - (p + A)^2} + \frac{1}{2} b$$

$$B = \sqrt{\left(\sqrt{R_c^2 - 65} + \frac{1}{2} 2,5\right)^2 + 65} - \sqrt{R_c^2 - 65} + \frac{1}{2} 2,5$$

$$B = \sqrt{\left(\sqrt{399,5^2 - 65} + 1,25\right)^2 + 65} - \sqrt{(399,5^2 - 65)} + 1,25$$

$$B = 2,580 \text{ m}$$

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

$$Z = \frac{0,105 \times 80}{\sqrt{400}}$$

$$= 0,420 \text{ m}$$

$$B_t = n (B + C) + Z$$

$$B_t = 2 (2,580 + 1) + 0,420$$

$$= 7,582 \text{ m}$$

$$\Delta b = B_t - B_n$$

$$\Delta b = 7,582 - 7$$

$$= 0,582 \text{ m (Perlu Pelebaran)}$$

3. Tikungan 3 (*Spiral – Circle – Spiral*)

$$\text{Kecepatan (VR)} = 80 \text{ km/jam}$$

$$\text{Jari – jari (R)} = 600 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah Lajur (n)} = 2 \text{ Lajur}$$

$$\text{Lebar Total Perkerasan bagian lurus (Bn)} = 7 \text{ m}$$

$$\text{L. Perkerasan Samping di kiri \& kanan Kendaraan (c)} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Lebar Kendaraan Rencana (b)} = 2,5 \text{ m}$$

$$\text{Jarak antar gandar (p)} = 6,5 \text{ m}$$

$$\text{Tonjolan depan kendaraan (A)} = 1,5 \text{ m}$$

Perhitungan :

$$R_c = R - \frac{1}{4} B_n + \frac{1}{2} \times b$$

$$R_c = 600 - \frac{1}{4} \times 7 + \frac{1}{2} \times 2,5$$

$$R_c = 599,523 \text{ m}$$

$$B = \sqrt{\left(\sqrt{R_c^2 - (p + A)^2} + \frac{1}{2} b\right)^2 + (p + A)^2} - \sqrt{R_c^2 - (p + A)^2} + \frac{1}{2} b$$

$$B = \sqrt{\left(\sqrt{R_c^2 - 65} + \frac{1}{2} 2,5\right)^2 + 65} - \sqrt{R_c^2 - 65} + \frac{1}{2} 2,5$$

$$B = \sqrt{\left(\sqrt{599,50^2 - 65} + 1,25\right)^2 + 65} - \sqrt{(599,50^2 - 65)} + 1,25$$

$$B = 2,553 \text{ m}$$

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

$$Z = \frac{0,105 \times 80}{\sqrt{600}}$$

$$= 0,343 \text{ m}$$

$$B_t = n (B + C) + Z$$

$$B_t = 2 (2,553 + 1) + 0,343$$

$$= 7,449 \text{ m}$$

$$\Delta b = B_t - B_n$$

$$\Delta b = 7,449 - 7 = 0,449 \text{ m}$$

Tabel 3.13 Perhitungan Pelebaran Perkerasan pada Tikungan

No	V (km/jam)	R (m)	C (m)	Rc (m)	B (m)	Z (m)	Bt (m)	Δb (m)	Keterangan
1	80	700	1	799,50	2,556	0,317	7,409	0,409	Perlu Pelebaran
2	80	400	1	399,50	2,581	0,420	7,582	0,582	Perlu Pelebaran
3	80	600	1	599,50	2,553	0,343	7,449	0,449	Perlu Pelebaran
4	80	700	1	799,50	2,556	0,317	7,409	0,409	Perlu Pelebaran
5	80	600	1	599,50	2,553	0,343	7,449	0,449	Perlu Pelebaran
6	80	700	1	799,50	2,556	0,317	7,409	0,409	Perlu Pelebaran
7	80	700	1	799,50	2,556	0,317	7,409	0,409	Perlu Pelebaran
8	80	400	1	399,50	2,581	0,420	7,582	0,582	Perlu Pelebaran

(Sumber: Hasil Perhitungan 2023)

3.3 Perhitungan Alinyemen Vertikal

Perhitungan alinyemen vertikal terdiri atas perhitungan bagian landai vertikal dan bagian lengkung vertikal. Penentuan landai maksimum berdasarkan kriteria perencanaan diambil kecepatan rencana (V_r) 80km/jam maka kelandaian maksimum adalah 5%

Lengkung vertikal direncanakan untuk merubah secara bertahap perubahan dari dua macam kelandaian arah memanjang jalan pada setiap lokasi yang diperlukan. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi guncangan akibat perubahan kelandaian dan menyediakan jarak pandang henti yang cukup untuk keamanan dan kenyamanan pengemudi.

Alinyemen vertikal sangat erat hubungan dengan besarnya biaya pembangunan, biaya penggunaan kendaraan serta jumlah lalu lintas. Kalau pada alinyemen horizontal (bagian tikungan) maka pada alinyemen vertikal yang merupakan bagian kritis justru pada bagian lurus. Kemampuan pendakian dari kendaraan truck dipengaruhi oleh panjang pendakian (panjang kritis landai) dan besarnya landai. Lengkung vertikal terbagi atas:

A. Lengkung Vertikal Cekung

1. Lengkung Vertikal Cekung

Pada STA 72 + 981 digunakan lengkung vertikal cekung, dimana dalam perencanaan sebagai berikut :

Elevasi A = 82,444 m

Elevasi PPV1 = 66,50 m

Elevasi PPV2 = 80,50 m

Jarak A – PPV1 = 654 m

Jarak PPV1 – PPV2 = 285 m

a. Menghitung Kelandaian Rencana

$$\begin{aligned} g_1 &= \frac{\text{elevasi PPV1} - \text{elevasi A}}{\text{jarak A} - \text{PPV1}} \times 100\% \\ &= \frac{66,50 \text{ m} - 82,444 \text{ m}}{654 \text{ m}} \times 100\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 g_1 &= -2,44 \% \\
 g_2 &= \frac{\text{elevasi PPV1} - \text{elevasi PPV2}}{\text{jarak PPV1} - \text{PPV2}} \times 100\% \\
 &= \frac{66,50 \text{ m} - 80,50 \text{ m}}{285 \text{ m}} \times 100\% \\
 g_2 &= 4,91\% \\
 A &= |g_1 - g_2| \\
 &= |(-2,44 \%) - (4,91\%)| \\
 A &= 7,35 \%
 \end{aligned}$$

Dengan kecepatan rencana (V_r) = 80 km/jam dan kelandaian (A) = 7,35 % maka didapatkan $L_v = 45 \text{ m}$ (berdasarkan grafik panjang lengkung vertikal cekung)

b. Menghitung nilai y (jarak vertikal antar kemiringan dengan lengkung)

$$\begin{aligned}
 y &= \frac{A \times x^2}{200 \times L_v} \\
 \text{Untuk } x &= \frac{1}{4} L_v \\
 y &= \frac{7,35 \times \left(\frac{1}{4} \times 45\right)^2}{200 \times 45} \\
 &= 0,1033 \text{ m} \\
 \text{untuk } x &= \frac{1}{2} L_v \\
 y &= \frac{7,35 \times \left(\frac{1}{2} \times 45\right)^2}{200 \times 45} \\
 &= 0,4134 \text{ m} \\
 E_v &= \frac{A \times L_v}{800} \\
 &= \frac{7,35 \times 45}{800} \\
 E_v &= 0,4134 \text{ m}
 \end{aligned}$$

c. Mencari Elevasi Tangen

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi Tangen PLV1} &= \text{Elevasi PPV1} - (g_1 \times \frac{1}{2} L_v) \\
 &= 66,50, \text{ m} - (-2,44 \% \times \frac{1}{2} 45 \text{ m}) \\
 &= 67,049 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi Tangen } \frac{1}{4} L_v &= \text{Elevasi PPV1} - (g_1 \times \frac{1}{4} L_v) \\
 &= 66,50 \text{ m} - (-2,44 \% \times \frac{1}{4} 45 \text{ m}) \\
 &= 66,774 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Elevasi Tangen PPV} = 66,50 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi Tangen } \frac{1}{4} L_v &= \text{Elevasi PPV1} + (g_2 \times \frac{1}{4} L_v) \\
 &= 66,50 \text{ m} + (4,91\% \times \frac{1}{4} 45 \text{ m}) \\
 &= 67,053 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi Tangen PTV} &= \text{Elevasi PPV1} + (g_2 \times \frac{1}{2} L_v) \\
 &= 66,50 \text{ m} + (4,91, \% \times \frac{1}{2} 45 \text{ m}) \\
 &= 67,605 \text{ m}
 \end{aligned}$$

d. Mencari Elevasi Lengkung Vertikal Cekung

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi PLV1} &= \text{Elevasi Tangen PLV1} - y \\
 &= 67,049 \text{ m} - 0 \text{ m} \\
 &= 67,049 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi } \frac{1}{4} L_v &= \text{Elevasi Tangen } \frac{1}{4} L_v - y \\
 &= 66,774 \text{ m} - 0,1033 \text{ m} \\
 &= 66,6707 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi PPV} &= \text{Elevasi Tangen PPV1} - E_v \\
 &= 66,50 \text{ m} - 0,4134 \text{ m} \\
 &= 66,0866 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi } \frac{1}{4} L_v &= \text{Elevasi Tangen } \frac{1}{4} L_v + y \\
 &= 67,053 \text{ m} - 0,1033 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$= 66,9497 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi PTV} = \text{Elevasi Tangen PTV} - y$$

$$= 67,4 \text{ m} - 0 \text{ m}$$

$$= 67,605 \text{ m}$$

e. Mencari STA

$$\text{STA PLV1} = \text{STA PPV1} - \frac{1}{2} L_v$$

$$= 73 + 635 \text{ m} - \frac{1}{2} 45 \text{ m}$$

$$= 73 + 612,500 \text{ m}$$

$$\text{STA } \frac{1}{4} L_v = \text{STA PPV1} - \frac{1}{4} L_v$$

$$= 73 + 635 \text{ m} - \frac{1}{4} 45 \text{ m}$$

$$= 73 + 623,750 \text{ m}$$

$$\text{STA PPV1} = 73 + 635 \text{ m}$$

$$\text{STA } \frac{1}{4} L_v = \text{STA PPV1} + \frac{1}{4} 45 \text{ m}$$

$$= 73 + 635 \text{ m} + \frac{1}{4} 45 \text{ m}$$

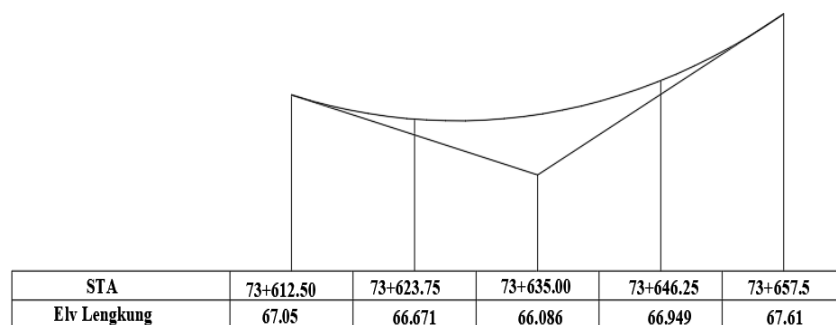
$$= 73 + 635 + 11,250 \text{ m}$$

$$= 73 + 646,25$$

$$\text{STA PTV} = \text{STA PPV1} + \frac{1}{2} L_v$$

$$= 73 + 635 \text{ m} + \frac{1}{2} 45 \text{ m}$$

$$= 73 + 657,5 \text{ m}$$



B. Lengkung Vertikal Cembung

2. Lengkung Vertikal Cembung

Pada STA 71 + 200 digunakan lengkung vertikal cembung, dimana dalam perencanaan sebagai berikut :

Elevasi PPV1 = 66,50 m

Elevasi PPV2 = 80,50 m

Elevasi PPV3 = 74,50 m

Jarak PPV1 – PPV2 = 285 m

Jarak PPV2 – PPV3 = 295 m

a. Menghitung Kelandaian Rencana

$$\begin{aligned} g_2 &= \frac{\text{elevasi PPV1} - \text{elevasi PPV2}}{\text{jarak PPV1} - \text{PPV2}} \times 100\% \\ &= \frac{69,122 \text{ m} - 96,830 \text{ m}}{1200 \text{ m}} \times 100\% \end{aligned}$$

$$g_2 = -0,34 \%$$

$$\begin{aligned} g_3 &= \frac{\text{elevasi PPV3} - \text{elevasi PPV2}}{\text{jarak PPV2} - \text{PPV3}} \times 100\% \\ &= \frac{84,497 \text{ m} - 96,830 \text{ m}}{400 \text{ m}} \times 100\% \end{aligned}$$

$$g_3 = -2,03 \%$$

$$\begin{aligned} A &= |g_2 - g_3| \\ &= |(-0,34 \%) - (-2,03 \%)| \end{aligned}$$

$$A = 1,69\%$$

Dengan kecepatan rencana (V_r) = 80 km/jam dan kelandaian (A) = 1,69%, maka didapatkan L_v = 45 m (berdasarkan grafik panjang lengkung vertikal cembung)

b. Menghitung nilai y (jarak vertikal antar kemiringan dengan lengkung)

$$y = \frac{A \times x^2}{200 \times L_v}$$

$$\text{Untuk } x = \frac{1}{4} L_v$$

$$y = \frac{1,69 \times \left(\frac{1}{4} \times 45\right)^2}{200 \times 45}$$

$$= 0,024 \text{ m}$$

$$\text{untuk } x = \frac{1}{2} L_v$$

$$y = \frac{1,69 \times \left(\frac{1}{2} \times 45\right)^2}{200 \times 45}$$

$$= 0,095 \text{ m}$$

$$E_v = \frac{A \times L_v}{800} = \frac{1,69 \times 45}{800}$$

$$E_v = 0,095 \text{ m}$$

c. Mencari Elevasi Tangen

$$\begin{aligned} \text{Elevasi Tangen PLV2} &= \text{Elevasi PPV2} - (g_2 \times \frac{1}{2} L_v) \\ &= 80,50 \text{ m} - (-0,34 \% \times 22,5) \\ &= 80,577 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elevasi Tangen } \frac{1}{4} L_v &= \text{Elevasi PPV2} - (g_2 \times \frac{1}{4} L_v) \\ &= 80,50 \text{ m} - (-0,34\% \times 11,25) \\ &= 80,538 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Elevasi Tangen PPV2} = 80,50 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Elevasi Tangen } \frac{1}{4} L_v &= \text{Elevasi PPV2} + (g_3 \times \frac{1}{4} L_v) \\ &= 80,50 \text{ m} + (-2,03\% \times 11,25 \text{ m}) \\ &= 80,271 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elevasi Tangen PTV2} &= \text{Elevasi PPV2} + (g_3 \times \frac{1}{2} L_v) \\ &= 80,50 \text{ m} + (-2,03\% \times 22,5 \text{ m}) \\ &= 80,043 \text{ m} \end{aligned}$$

d. Mencari Elevasi Lengkung Vertikal Cembung

$$\begin{aligned}\text{Elevasi PLV} &= \text{Elevasi Tangen PLV2} - y \\ &= 80,577 \text{ m} + 0 \text{ m} \\ &= 80,577 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Elevasi } \frac{1}{4} L_v &= \text{Elevasi Tangen } \frac{1}{4} L_v + y \\ &= 80,538 \text{ m} + 0,024 \text{ m} \\ &= 80,562 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Elevasi PPV} &= \text{Elevasi Tangen PPV2} + E_v \\ &= 80,50 \text{ m} + 0,095 \text{ m} \\ &= 80,595 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Elevasi } \frac{1}{4} L_v &= \text{Elevasi Tangen } \frac{1}{4} L_v + y \\ &= 80,271 \text{ m} + 0,024 \text{ m} \\ &= 80,295 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Elevasi PTV} &= \text{Elevasi Tangen PTV2} - y \\ &= 80,043 \text{ m} - 0 \text{ m} \\ &= 80,043 \text{ m}\end{aligned}$$

e. Mencari STA

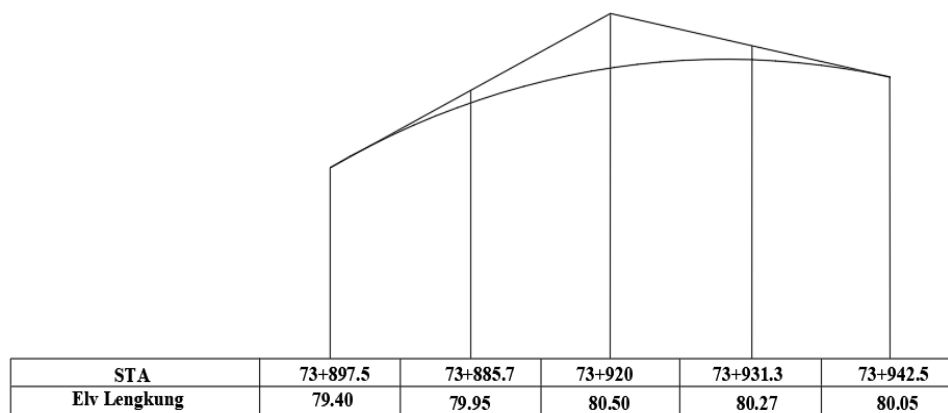
$$\begin{aligned}\text{STA PLV} &= \text{STA PPV2} - \frac{1}{2} L_v \\ &= 73 + 920 \text{ m} - \frac{1}{2} 45 \text{ m} \\ &= 73 + 897,5 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{STA } \frac{1}{4} L_v &= \text{STA PPV2} - \frac{1}{4} L_v \\ &= 73 + 897 \text{ m} - \frac{1}{4} 45 \text{ m} \\ &= 73 + 885,75 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\text{STA PPV} = 73 + 920 \text{ m}$$

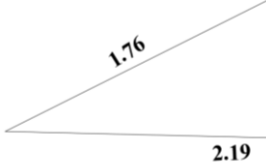
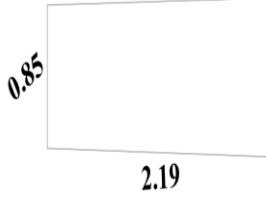
$$\begin{aligned}\text{STA } \frac{1}{4} L_v &= \text{STA PPV2} + \frac{1}{4} L_v \\ &= 73 + 920 \text{ m} + \frac{1}{4} 45 \text{ m} \\ &= 73 + 931,25 \text{ m}\end{aligned}$$

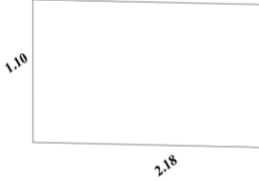
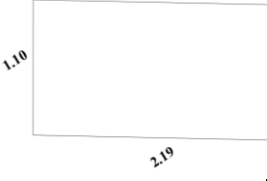
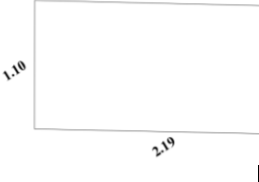
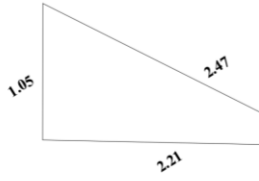
$$\begin{aligned}\text{STA PTV} &= \text{STA PPV2} + \frac{1}{2} L_v \\ &= 73 + 920 \text{ m} + \frac{1}{2} 45 \text{ m} \\ &= 73 + 942,5 \text{ m}\end{aligned}$$



No	Titik	Bentuk Lengkung	g 1 (%)	g2 (%)	A (%)	Lv		STA	X	Elevasi Tangen	y'	Elevasi
		Grafik				Lengkung						
1	PPV1	Cekung	-2,44	4,91	7,35	45	PLV	73612,500	22,5	67,049	0,000	67,049
							PLV2	73623,750	11,25	66,774	0,103	66,671
							PPV	73635,000	0	66,500	0,413	66,087
							PTV2	73646,250	11,25	67,053	0,103	66,949
							PTV	73657,500	22,5	67,605	0,000	67,605
2	PPV2	Cembung	-0,34	-2,03	1,69	45	PLV	73897,500	22,5	80,577	0,000	80,577
							PLV2	73908,750	11,25	80,538	0,024	80,562
							PPV	73920,000	0	80,500	0,095	80,595
							PTV2	73931,250	11,25	80,271	0,024	80,295
							PTV	73942,500	22,5	80,042	0,000	80,042
3	PPV3	Cekung	0,66	2,02	1,36	45	PLV	74192,500	22,5	74,352	0,000	74,352
							PLV2	74203,750	11,25	74,426	0,002	74,424
							PPV	74215,000	0	74,500	0,076	74,424
							PTV2	74226,250	11,25	74,727	0,019	74,708
							PTV	74237,500	22,5	74,953	0,000	74,953
4	PPV4	Cembung	-0,55	-4,45	3,90	45	PLV	74387,500	22,5	78,554	0,000	78,554
							PLV2	74398,750	11,25	78,492	0,055	78,547
							PPV	74410,000	0	78,430	0,219	78,649
							PTV2	74421,250	11,25	77,929	0,055	77,984
							PTV	74432,500	22,5	77,428	0,000	77,428
5	PPV5	Cekung	-0,14	2,15	2,29	45	PLV	75032,500	22,5	49,752	0,000	49,752
							PLV2	75043,750	11,25	49,736	0,032	49,768
							PPV	75055,000	0	49,720	0,129	49,849
							PTV2	75066,250	11,25	49,962	0,032	49,994
							PTV	75077,500	22,5	50,203	0,000	50,203
6	PPV6	Cembung	0,16	-2,95	3,11	45	PLV	75796,500	22,5	66,094	0,000	66,094
							PLV2	75807,750	11,25	66,112	0,044	66,068
							PPV	75819,000	0	66,130	0,175	65,955
							PTV2	75830,250	11,25	65,798	0,044	65,754
							PTV	75841,500	22,5	65,466	0,000	65,466
7	PPV7	Cekung	-0,02	2,88	2,90	45	PLV	76292,500	22,5	51,505	0,000	51,505
							PLV2	76303,750	11,25	51,502	0,041	51,543
							PPV	76315,000	0	51,500	0,163	51,663
							PTV2	76326,250	11,25	51,824	0,041	51,865
							PTV	76337,500	22,5	52,149	0,000	52,149
8	PPV8	Cembung	0,04	-1,46	1,50	45	PLV	77957,500	22,5	99,481	0,000	99,481
							PLV2	77968,750	11,25	99,486	0,021	99,507
							PPV	77980,000	0	99,490	0,084	99,574
							PTV2	77991,250	11,25	99,326	0,021	99,347
							PTV	78002,500	22,5	99,161	0,000	99,161
9	PPV9	Cekung	0,31	0,92	0,61	45	PLV	78367,500	22,5	93,430	0,000	93,430
							PLV2	78378,750	11,25	93,465	0,009	93,457
							PPV	78390,000	0	93,500	0,034	93,466
							PTV2	78401,250	11,25	93,604	0,009	93,595
							PTV	78412,500	22,5	93,707	0,000	93,707
10	PPV10	Cembung	-0,17	-4,87	4,70	45	PLV	78892,500	22,5	98,368	0,000	98,368
							PLV2	78903,750	11,25	98,349	0,066	98,415
							PPV	78915,000	0	98,330	0,265	98,595
							PTV2	78926,250	11,25	97,782	0,066	97,848
							PTV	78937,500	22,5	97,233	0,000	97,233
11	PPV11	Cekung	0,08	4,46	4,38	45	PLV	79217,500	22,5	82,472	0,000	82,472
							PLV2	79228,750	11,25	82,481	0,062	82,543
							PPV	79240,000	0	82,490	0,246	82,736
							PTV2	79251,250	11,25	82,992	0,062	83,053
							PTV	79262,500	22,5	83,493	0,000	83,493
12	PPV12	Cembung	0,38	-3,55	3,93	45	PLV	79587,500	22,5	98,905	0,000	98,905
							PLV2	79598,750	11,25	98,947	0,055	98,892
							PPV	79610,000	0	98,990	0,221	98,769
							PTV2	79621,250	11,25	98,591	0,055	98,535
							PTV	79632,500	22,5	98,191	0,000	98,191
13	PPV13	Cekung	0,31	0,11	0,20	45	PLV	79981,500	22,5	84,930	0,000	84,930
							PLV2	79992,750	11,25	84,965	0,003	84,962
							PPV	80004,000	0	85,000	0,011	84,989
							PTV2	80015,250	11,25	85,012	0,003	85,009
							PTV	80026,500	22,5	85,024	0,000	85,024

Tabel 3.15 Perhitungan Manual Timbunan Pada STA STA 73+400.

o	Gambar Potongan	Perhitungan
		$S = (a+b+c)/2$ $= (1,77+0,82+1,58)/2$ $= 2,085 \text{ m}$ $LT1 = \sqrt{S(S-a)(S-b)(S-c)}$ $= \sqrt{2,06(2,06 - 1,76)(2,06 - 0,85)(2,06 - 2,19)}$ $= 0,34 \text{ m}^2$
		$LT2 = ((a + b) / 2) \times t$ $= ((0,85 + 0,94) / 2) \times 2,19$ $= 1,96 \text{ m}^2$
		$LT3 = (a + b) / 2 \times t$ $= ((0,94+1,03) / 2) \times 2,18$ $= 2,14 \text{ m}^2$
		$LT4 = ((a + b) / 2) \times t$ $= ((1,07+1,10) / 2) \times 2,20$ $= 2,38 \text{ m}^2$

o	Gambar Potongan	Perhitungan
		$\begin{aligned} \text{LT5} &= ((a + b) / 2) \times t \\ &= ((1,10 + 1,10) / 2) \times 2,18 \\ &= 2,39 \text{ m}^2 \end{aligned}$
		$\begin{aligned} \text{LT6} &= ((a + b) / 2) \times t \\ &= ((1,10 + 1,10) / 2) \times 2,19 \\ &= 2,40 \text{ m}^2 \end{aligned}$
		$\begin{aligned} \text{LT7} &= ((a + b) / 2) \times t \\ &= ((1,10 + 1,05) / 2) \times 2,19 \\ &= 2,35 \text{ m}^2 \end{aligned}$
		$\begin{aligned} S &= (a+b+c)/2 \\ &= (2,47 + 1,05 + 2,21)/2 \\ &= 2,86 \text{ m} \\ \text{LT1} &= \sqrt{S(S - a)(S - b)(S - c)} \\ &= \sqrt{2,86(2,86 - 2,47)(2,86 - 1,05)(2,86 - 2,21)} \\ &= 1,14 \text{ m}^2 \end{aligned}$

Luas total Timbunan pada STA 73+400.:

$$LT1 + LT2 + LT3 + LT4 + LT5 + LT6 + LT7 + LT8$$

$$= 0,70 \text{ m}^2 + 1,96 \text{ m}^2 + 2,14 \text{ m}^2 + 2,38 \text{ m}^2 + 2,39 \text{ m}^2 + 2,40 \text{ m}^2 + 2,35 \text{ m}^2 + 1,14 \text{ m}^2$$

$$= 16,1 \text{ m}^2$$

Untuk perhitungan STA selanjutnya dengan cara yang sama dan dimasukkan ke dalam tabel 3.16

Tabel 3.16 Perhitungan Luas dan Volume Galian dan Timbunan

<u>Station</u>	<u>Galian</u>	<u>Timbunan</u>	<u>Jarak</u>	<u>Volume</u>	
				Galian	Timbunan
72+981 ,000	7,76	0	19	272,08	0
73+000 ,000	20,88	0	100	4708	0
73+100 ,000	73,28	0	100	7971	0
73+200 ,000	86,14	0	100	5996	0
73+300 ,000	33,78	0	100	1689	805
73+400 ,000	0	16,1	100	0	4741,5
73+500 ,000	0	78,73	100	0	5020
73+600 ,000	0	21,67	100	8076,5	1083,5
73+700 ,000	161,53	0	100	28415	0

73+800 ,000	406, 77	0	10 0	2704 7	0
73+900 ,000	134, 17	0	10 0	6708, 5	644,5
74+000 ,000	0	12,89	10 0	0	5734
74+100 ,000	0	101,79	10 0	4978, 5	5089, 5
74+200 ,000	99,5 7	0	10 0	1472 1	0
74+300 ,000	194, 85	0	10 0	1019 2	2,5
74+400 ,000	8,99	0,05	10 0	449,5	3002
74+500 ,000	0	59,99	10 0	0	6928, 5
74+600 ,000	0	78,58	10 0	569,5	3929
74+700 ,000	11,3 9	0	10 0	3894, 5	0
74+800 ,000	66,5	0	10 0	4331	0
74+900 ,000	20,1 2	0	10 0	1158, 5	7
75+000 ,000	3,05	0,14	10 0	152,5	733,5
75+100 ,000	0	14,53	10 0	0	3764
75+200 ,000	0	60,75	10 0	0	7329

75+300 ,000	0	85,83	10 0	0	5149
75+400 ,000	0	17,15	10 0	1161	857,5
75+500 ,000	23,2 2	0	10 0	5657	0
75+600 ,000	89,9 2	0	10 0	7327	0
75+700 ,000	56,6 2	0	10 0	3274, 5	0
75+800 ,000	8,87	0	10 0	443,5	1624
75+900 ,000	0	32,48	10 0	0	6914, 5
76+000 ,000	0	105,81	10 0	0	1146 4,5
76+100 ,000	0	123,48	10 0	0	8398, 5
76+200 ,000	0	44,49	10 0	5711, 5	2224, 5
76+300 ,000	114, 23	0	10 0	2122 9	0
76+400 ,000	310, 35	0	10 0	3104 7	0
76+500 ,000	310, 59	0	10 0	2700 3	0
76+600 ,000	229, 47	0	10 0	1498 9,5	0
76+700 ,000	70,3 2	0	10 0	3850, 5	0

76+800 ,000	6,69	0	10 0	334,5	2173, 5
76+900 ,000	0	43,47	10 0	0	8811, 5
77+000 ,000	0	132,76	10 0	0	1790 1,5
77+100 ,000	0	225,27	10 0	0	1467 5
77+200 ,000	0	68,23	10 0	108,5	3479, 5
77+300 ,000	2,17	1,36	10 0	108,5	133
77+400 ,000	0	1,3	10 0	0	2614
77+500 ,000	0	50,98	10 0	0	9949, 5
77+600 ,000	0	148,01	10 0	0	1216 2,5
77+700 ,000	0	95,24	10 0	0	4895, 5
77+800 ,000	0	2,67	10 0	1809, 5	133,5
77+900 ,000	36,1 9	0	10 0	1817, 5	23
78+000 ,000	0,16	0,46	10 0	905	23
78+100 ,000	17,9 4	0	10 0	3158	0
78+200 ,000	45,2 2	0	10 0	6730	0

78+300 ,000	89,3 8	0	10 0	1081 3	0
78+400 ,000	126, 88	0	10 0	1091 9,5	0
78+500 ,000	91,5 1	0	10 0	7509, 5	0
78+600 ,000	58,6 8	0	10 0	5328, 5	0
78+700 ,000	47,8 9	0	10 0	4366, 5	0
78+800 ,000	39,4 4	0	10 0	2736, 5	0
78+900 ,000	15,2 9	0	10 0	766	125,5
79+000 ,000	0,03	2,51	10 0	1,5	4003, 5
79+100 ,000	0	77,56	10 0	0	5508
79+200 ,000	0	32,6	10 0	156	1630
79+300 ,000	3,12	0	10 0	5071, 5	0
79+400 ,000	98,3 1	0	10 0	1097 2	0
79+500 ,000	121, 13	0	10 0	6499	0
79+600 ,000	8,85	0	10 0	3667, 5	0
79+700 ,000	64,5	0	10 0	6069	0

79+800 ,000	56,8 8	0	10 0	3139, 5	0
79+900 ,000	5,91	0	10 0	295,5	878,5
80+000 ,000	0	17,57	10 0	2418	878,5
80+100 ,000	48,3 6	0	10 0	8551, 5	0
80+200 ,000	122, 67	0	10 0	1205 6	0
80+300 ,000	118, 45	0	10 0	1041 7,5	0
80+400 ,000	89,9	0	10 0	7832	0
80+500 ,000	66,7 4	0	10 0	7034, 5	0
80+600 ,000	73,9 5	0	10 0	4086	0
80+675 ,754	7,77	0			
			77 19	3987 01,580	1754 45,000

3.5 Perhitungan Tebal Perkerasan

Adapun data-data yang digunakan pada perencanaan tebal perkerasan ruas jalan ini antara lain data lalu lintas harian rata-rata pada ruas jalan Sungai Lilin - Betung dilihat pada tabel 3.21 dan data perencanaan dapat dilihat pada tabel 3.22

Tabel 3.17 Data Lalu Lintas Harian Rata-rata 2021 (LHR)

Golongan	Kode	Jumlah (kend/hari)
1	1 .1	2641
2	1 .1	1507
3	1 .1	110
4	1 .1	353
5a	1 .2	2
5b	1 .2	0
6a	1 .2	678
6b	1 .2	192
7a	1 .22	50
7b	1 .2-22	0
7c	1 .2-22	6

(Sumber: Hasil Perhitungan 2023)

Tabel 3.18 Data Perencanaan

Parameter	Kode
Fungsi jalan	Arteri
Tipe jalan	1/2 UD
Umur rencana	20 tahun
Pertumbuhan kendaraan awal umur rencana	4,83%
Koefisien drainase/nilai m	1 m
DL (Distribusi lajur)	100% (Bina Marga,2017)
DD (Distribusi arah)	50%(Bina Marga, 2017)
Rentang tahun rencana (2021-2022)	2
Rentang tahun total (2022-2042)	20
Pertumbuhan kendaraan akhir umur rencana	5%

(Sumber: Hasil Perhitungan 2023)

3.6.1 Menentukan nilai ESA5

Menentukan nilai faktor ekivalen beban (VDF5) aktual dan normal. Berdasarkan ketentuan Bina Marga 2017 untuk nilai faktor ekivalen beban di daerah Sumatera bisa dilihat pada tabel 2.35 dan bisa kita tuliskan sebagai berikut:

Tabel 3.19 Nilai VDF5

Jenis Kendaraan	VDF5	
	Beban aktual	Normal
5b	1,0	1,0
6a	0,5	0,5
6b	7,4	4,6

7a	18,4	7,4
7c	29,5	9,6

(Sumber: Hasil Perhitungan 2023)

1. Perhitungan lalu lintas

a. LHR awal umur rencana 2022

Dengan $n=3$; $I = 4,83\%$, Adapun perhitungannya antara lain:

Sepeda Motor	$= 2641 \times (1 + 0,0483)^3$	$= 2902,359$
Sedan, jeep	$= 1507 \times (1 + 0,0483)^3$	$= 1656,092$
Oplet, Pick-up, combi	$= 110 \times (1 + 0,0483)^3$	$= 120,883$
Pick-up, micro truk	$= 353 \times (1 + 0,0483)^3$	$= 387,923$
Bus kecil	$= 2 \times (1 + 0,0483)^3$	$= 2,198$
Bus Besar	$= 0 \times (1 + 0,0483)^3$	$= 0$
Truk ringan 2 sumbu	$= 678 \times (1 + 0,0483)^3$	$= 745,076$
Truk sedang 2 sumbu	$= 192 \times (1 + 0,0483)^3$	$= 210,9951$
Truk 3 sumbu	$= 50 \times (1 + 0,0483)^3$	$= 54,995$
Truk 3 semi trailer	$= 6 \times (1 + 0,0483)^3$	$= 6,593$

b. LHR akhir umur rencana 2042

Dengan $n = 20$; $I = 5\%$, Adapun perhitungannya antara lain:

Sepeda Motor	$= 2641 \times (1 + 0,0483)^{20}$	$= 7007,359$
Sedan, jeep	$= 1507 \times (1 + 0,0483)^{20}$	$= 3998,52$
Oplet, Pick-up, combi	$= 110 \times (1 + 0,0483)^{20}$	$= 291,863$
Pick-up, micro truk	$= 353 \times (1 + 0,0483)^{20}$	$= 936,614$
Bus kecil	$= 2 \times (1 + 0,0483)^{20}$	$= 5,306$
Bus Besar	$= 0 \times (1 + 0,0483)^{20}$	$= 0$
Truk ringan 2 sumbu	$= 678 \times (1 + 0,0483)^{20}$	$= 1798,936$
Truk sedang 2 sumbu	$= 192 \times (1 + 0,0483)^{20}$	$= 509,433$
Truk 3 sumbu	$= 50 \times (1 + 0,0483)^{20}$	$= 132,665$
Truk 3 semi trailer	$= 6 \times (1 + 0,0483)^{20}$	$= 15,919$

2. Menghitung nilai faktor pengali pertumbuhan lalu lintas (R)

Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas dihitung dari formula

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

Dengan UR masing-masing sama dengan 3 tahun dan 20 tahun.

Sehingga di dapatlah nilai R sebagai berikut:

- R (2021-2022)

$$R = \frac{(1+0,01 \times 0,0483)^2-1}{0,01 \times 0,0483} = 2,00$$

- R (2022-2042)

$$R = \frac{(1+0,01 \times 0,05)^{20}-1}{0,01 \times 0,05} = 20,09$$

3. Menghitung nilai ESA5

$$ESA_{TH-1} = (\sum LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R$$

Dengan :

ESA_{TH-1} : kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen pada tahun pertama

LHR_{JK} : lintas harian rata-rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kend/hari)

VDF_{JK} : faktor ekivalen beban tiap jenis kendaraan niaga

DD : faktor distribusi arah

DL : faktor distribusi lajur

R : faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

CESAL : kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana

Tabel 3.20 Nilai faktor ekivalen beban (VDF5)

Golongan	Kode	HR 2020	L HR 2022	LH R 2042	VDF5		ESA5	
					A ktual	N ormal	2020- 2022	2022- 2042
1	.1	641	29 02,282	7007,359				
2	.1	507	16 56,092	3998,52	-	-	-	-
3	.1	10	12 0,883	291, 8627	-	-	-	-
4	.1	53	38 7,923	936,6 141	-	-	-	-
5a	.2		2, 198	5,30 6595	-	-	-	-
5b	.2		0, 000	5,30 0	1 ,0	1 ,0	0	0
6a	.2	78	74 5,076	1798, 936	0 ,5	0 ,5	1359 76,4	32830 58
6b	.2	92	21 0,995	509,4 332	7 ,4	4 ,6	5698 97,5	85533 83
7a	.22	0	54 ,947	132,6 649	1 8,4	7 ,4	3690 24,1	35832 79
7c	.22		6, 594	15,9 1979	2 9,5	9 ,6	7100 0,9	55782 9,4
Jumlah							1145 899	15977 550
CESAL							17.123.448,83	

(Sumber: Hasil Perhitungan 2023)

Dari perhitungan diatas maka didapat nilai ESA5 adalah 17.123.448,83

3.6.2 Menentukan jenis perkerasan

Tabel 3.21 Pemilihan Tipe perkerasan

Struktur perkerasan	Bagan desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0-0,5	0,1-4	>4-10	>10-30	>30-200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (diatas tanah dengan CBR $\geq$ 2,5%)	4	-	-	2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah perdesaan dan perkotaan)	4A	-	1,2	-	-	-
AC-WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC tebal $\geq$ 100 mm dengan lapis pondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B	-	-	1,2	2	2
AC atau HRS tipis diatas lapis pondasi berbutir	3A	-	1,2	-	-	-
Burda atau burtu dengan LPA Kelas A atau batuan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis pondasi Soil Cement	6	1	1	-	-	-

Perkerasan tanpa penutup (Japat, jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-
---	---	---	---	---	---	---

Untuk nilai ESA dalam 20 tahun sebesar 13.725.181,6 digunakan bagan desain 3 , yaitu struktur perkerasan AC-WC tebal modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5) dengan tingkat kesulitan diangka 2

3.6.3 Menentukan nilai CBR design

Dari hasil pengambilan tanah pada proyek jalan Betung – Sungai lilin didapat nilai CBR tanah sebagai berikut:

Tabel 3.22 Data CBR

o	STA	CBR DCP (%)	FAKTOR KONDISI MUSIM	CBR DESAIN (%)
	72+981	21,8	0,9	19,6
	73+000	12,5	0,9	11,3
	73+100	10,3	0,9	9,3
	73+500	17,4	0,9	15,6
	73+900	13,4	0,9	12,0
	74+000	17,8	0,9	16,1
	74+100	11,5	0,9	10,3
	74+500	13,3	0,9	11,9
	74+900	13,5	0,9	12,2
0	75+100	10,9	0,9	9,8
1	75+500	13,9	0,9	12,5
	75+900	15,1	0,9	13,6

2				
3	76+000	9,2	0,9	8,2
4	76+100	11,5	0,9	10,3
5	76+500	10,3	0,9	9,3
6	76+900	11,6	0,9	10,4
7	77+000	12,7	0,9	11,4
8	77+100	10,3	0,9	9,3
9	77+500	8,9	0,9	8,0
0	77+900	12,7	0,9	11,4
1	78+000	9,2	0,9	8,2
2	78+100	10,0	0,9	9,0
3	78+500	8,0	0,9	7,2
4	78+900	9,9	0,9	8,9
5	79+000	11,5	0,9	10,3
6	79+100	10,3	0,9	9,3
	79+900	9,8	0,9	8,8

7				
8	80+000	8,9	0,9	8,0
9	80+675	10,6	0,9	9,5
Total		346,8	0,9	311,7

(Sumber: Hasil Perhitungan 2022)

$$CBR_{rata-rata} = \frac{\sum CBR}{Jumlah\ titik}$$

$$= \frac{346,8}{29}$$

$$= 11,959 \%$$

Menghitung CBR Design

Nilai CBR Design = CBR hasil pengujian DCP x Faktor Penyesuaian

Berdasarkan Bina Marga 2017 Tentang Faktor Penyesuaian modulus tanah dasar terhadap kondisi musim untuk ruas jalan Betung – Sungai Lilin menggunakan factor penyesuaian musim kemarau dengan nilai 0,70 sehingga didapat nilai CBR design sebagai berikut:

Nilai CBR design = CBR rata-rata x Nilai Faktor penyesuaian

$$= 11,95\% \times 0,7$$

$$= 8,3\%$$

3.6.4 Menentukan struktur pondasi

Menurut ketentuan dari Bina Marga 2017 atau dapat dilihat pada tabel 2.37 tentang desain pondasi jalan minimum, dimana untuk nilai CBR tanah dasar sebesar 6 % didapatkan kelas kekuatan tanah SG6 dan tidak diperlukan perbaikan lagi lapis penopangnya.

Dari perhitungan ESA5, didapat nilai diatas 10 juta maka struktur perkerasan berdasarkan desain 3 pada tabel 2.39. didapatlah struktur perekerasan sebagai berikut:

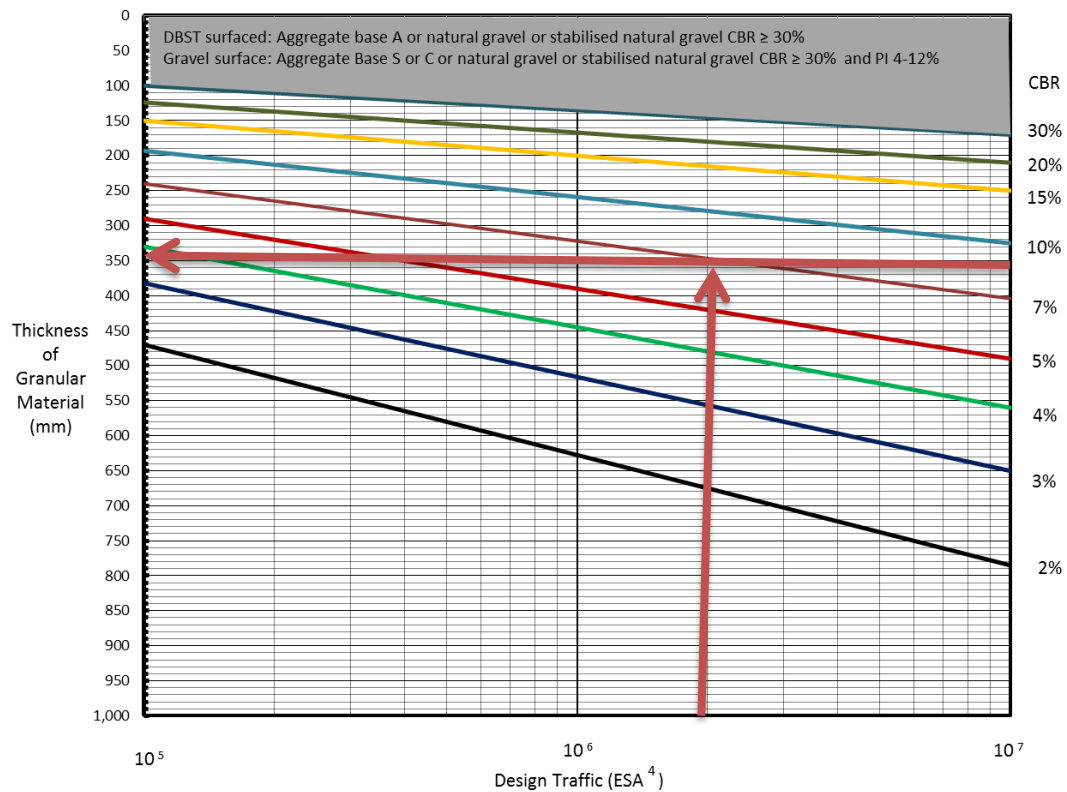
Tabel 3.24 Struktur Perkerasan

AC WC	40 mm
AC BC	60 mm
AC BASE	175 mm
CTB	150 mm
LPA Kelas A	150 mm
Total	575 mm

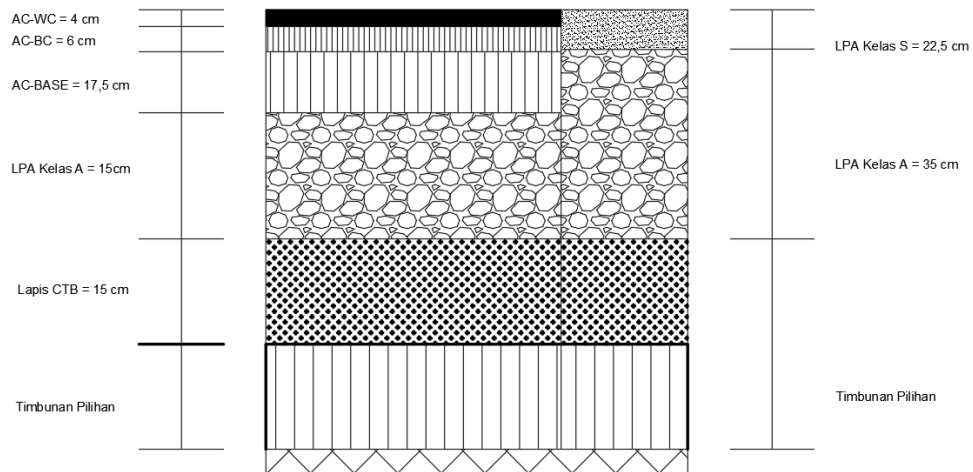
(Sumber: Hasil Perhitungan 2023)

3.6.5 Menentukan kebutuhan pelapisan (Sealing) bahu jalan

1. Berdasarkan perencanaan sebelumnya, diperoleh:
 CBR tanah dasar = 8,3 %
 Beban gandar kumulatif 20 tahun = 33.725.181,60
 Struktur perkerasan lajur utama diatas 1000 mm lapis penopang
2. Beban rencana bahu jalan = 10% x 33.725.181,60= 3.725.181,60
3. Dengan menyiapkan pondasi yang sama dengan lajur utama diperoleh daya dukung pondasi perkerasan bahu jalan ekuivalen CBR 8,3%



Gambar 3.20 Grafik Desain ESA5 dan CBR Desain



Gambar 3.2`1 Jenis dan Tebal Perkerasan Lentur Rencana

- Berdasarkan grafik diatas untuk beban rencana 3.725.181,60 ESA5 dan CBR 8,3 % diperlukan penutup setebal 350 mm.

5. Tebal total perkerasan lajur utama 575 mm > 350 mm, maka diperlukan perkerasan bahu jalan
6. Tebal lapis beraspal pada lajur utama 200 mm, digunakan permukaan bahu jalan berupa lapis pondasi agregat kelas S setebal (575-350) 225 mm
7. Untuk memastikan air permukaan yang meresap ke perkerasan dapat dialirkan, pasang LPA kelas A dibawah permukaan LPA kelas S dengan (575 – 350) 225 mm dibawah lapis permukaan LPA kelas S.

Tabel 3.31 struktur Perkerasan Bahu Jalan

Lapisan	Tebal (mm)
LPA Kelas S	225
LPA Kelas A	350

(Sumber : Hasil Perhitungan 2023)

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari Perencanaan Geometrik dan Tebal Perkerasan Lentur Ruas Jalan Betung – Sungai Lilin STA 72+981 – 80+675 ini antara lain:

1. Jalan yang direncanakan termasuk ke dalam jalan Arteri kelas I A dimana lebar perkerasan 2 x 3,5 m dengan kemiringan melintang 2% dan lebar bahu jalan 2 x 1,5 m dengan kemiringan melintang 4%. Jalan ini dapat dilalui semua jenis kendaraan dengan batas kecepatan rencana yaitu 80 km/jam.
2. Pada jalan ini terdapat 8 tikungan yaitu 2 buah tikungan *Spiral-spiral*, 2 buah tikungan *Spiral-Circle-Spiral*, dan 4 buah tikungan *Full Circle*. Dengan volume pekerjaan galian sebesar 398.701,580 m³ dan volume pekerjaan timbunan sebesar 175.445,000 m³.
3. Perkerasan aspal menggunakan metode perancangan tebal perkerasan lentur, dan didapat tebal perkerasan lapisan AC-WC 40 mm, lapisan AC-BC 60 mm, lapisan AC-Base 175 mm, Lapisan pondasi CTB 150 mm dan Lapisan pondasi atas 150 mm.
4. Untuk membangun jalan ini diperlukan dana sebesar Rp 80.415.000.000,00 (***Delapan Puluh Milyar Empat Ratus Lima Belas Juta Rupiah***). Dengan waktu pelaksanaan 157 hari kerja.

5.2 Saran

Dalam pembuatan laporan ini ada beberapa saran yang dapat penulis sampaikan, antara lain :

- 1) Perencanaan jalan raya harus direncanakan sesuai dengan fungsi kegunaan jalan tersebut dan harus mempunyai pedoman yang mengacu pada Metode Bina Marga yang telah dibuat dan disetujui.

- 2) Dalam melakukan perencanaan trase jalan harus memperhatikan pekerjaan tanah, pada penentuann kelandaian jangan memotong kontur terlalu banyak agar volume pekerjaan tanah dapat dikurangi dan tinggi galian maupun timbunan masih dalam batas-batas kemampuan pelaksanaan dan perencanaan dapat lebih ekonomis.
- 3) Dalam menghitung rencana anggaran biaya dengan mutu dan material sesuai dengan spesifikasi yang telah diatur pelaksanaannya dalam manajemen proyek.

DAFTAR PUSTAKA

Direktoral Jendral Bina Marga, 1997, *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan*

Antar Kota No. 038/T/BM/1997, Badan Penerbit Pekerjaan Umum Jakarta.

Direktoral Jendral Bina Marga, 2020, *Pedoman Desain Geometrik Jalan* , Badan Penerbit Pekerjaan Umum Jakarta.

Direktorat Jendral Bina Marga, 2017, *Manual Desain Perkerasan Jalan* No. 04/SE/Db/2017, Badan Penerbit Pekerjaan Umum Jakarta.

Herdarsin, Shirley L, 2000, *Perencanaan Teknik Jalan Raya*, Jurusan Teknik Sipil – Politeknik Negeri Bandung.

Sukirman Silvia, 1999, *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*, Penerbit Nova, Bandung.