



TUGAS AKHIR - RC 090412

**PERENCANAAN JALAN JALUR LINTAS SELATAN
KARANGGONGSO-KETAWANG STA 5+000 - STA
10+000 KABUPATEN TRENGGALEK PROPINSI JAWA
TIMUR**

**M. ZAINUL MUTTAQIN
NRP. 3113040602**

Dosen Pembimbing
R. BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST., MT

JURUSAN D-IV TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT - RC 090412

**PLANNING SOUTH ROUTE ROAD
KARANGGONGSO-KETAWANG STA 5+000 - 10+000
DISTRICT TRENGGALEK OF EAST JAVA PROVINCE**

**M. ZAINUL MUTTAQIN
NRP. 3113040602**

**Counselor Lecturer
R. BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST., MT**

**Diploma IV Civil Engineering
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016**


LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN JALAN JALUR LINTAS SELATAN KARANGGONGSO – KETAWANG STA 5+000 – 10+000 KABUPATEN TRENGGALEK PROPINSI JAWA TIMUR

PROYEK AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Terapan
Pada
Program Diploma IV Teknik Sipil
Bangunan Transportasi
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Disusun Oleh :


M. Zainul Muttaqin
NRP. 3113 040 602

Surabaya, 30 Juli 2016

Disetujui Oleh,

04 AUG 2016

Dosen Pembimbing



R. Buyung Anugraha A, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

ABSTRAK

**PERENCANAAN JALAN JALUR LINTAS SELATAN
KARANGGONGSO-KETAWANG
STA 5+000 – STA 10+000 KABUPATEN TRENGGALEK
PROVINSI JAWA TIMUR**

Disusun Oleh :

Mahasiswa : M Zainul Muttaqin
NRP : 3113 040 602

Dosen Pembimbing I : R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP : 19740203 200212 1 002

Proyek pembangunan jalan jalur lintas selatan popoh-prigi ini merupakan salah satu upaya untuk menghidupkan jalur selatan. Proyek akhir ini bertujuan untuk mencari tebal perkerasan konstruksi jalan, dimensi saluran drainase, mengontrol geometrik jalan, serta menghitung rencana anggaran biaya yang diperlukan. Metode yang digunakan pada perencanaan jalan ini meliputi perhitungan tebal perkerasan jalan pada ruas jalan dengan menggunakan Metode Analisa Komponen 1987. Perencanaan drainase dengan menggunakan metode SNI-03-342-1994. perencanaan geometrik jalan dengan menggunakan Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota. Rencana anggaran biaya menggunakan HSPK kota Tulungagung. Dari hasil perhitungan perencanaan pada proyek jalur lintas selatan diperoleh lebar perkerasan total 7 m dan bahu jalan 1 m dengan tipe jalan 2/2 UD. Untuk perencanaan tebal perkerasan jalan dengan umur rencana 10

tahun diperoleh tebal total 50 cm dengan perincian lapisan pondasi bawah menggunakan Sirtu Kelas A (CBR 30 %) setebal 30 cm, lapisan pondasi atas menggunakan Agregat Kelas A (CBR 80%) setebal 20 cm dan lapis permukaan menggunakan Laston (MS 744) dengan tebal 7,5 cm. Perencanaan dimensi saluran tepi (drainase) berbentuk persegi empat dengan bahan terbuat dari batu kali dengan finishing. RAB yang dibutuhkan untuk pembangunan jalan ini sebesar **Rp 14.448.400.000,-** (terbilang Empat Belas Milyar Empat Ratus Empat Puluh Delapan Juta Empat Ratus Ribu Tujuh Ratus Rupiah). Dengan pembangunan jalan jalur lintas selatan popoh-prigi ini maka diharapkan jalur selatan dapat meningkatkan perekonomian wilayah selatan seperti jalur pantura.

Kata kunci : jls, karanggongso, ketawang, tebal perkerasan, drainase, geometrik.

ABSTRACTION

**PLANNING SOUTH ROUTE ROAD
KARANGGONGSO-KETAWANG
STA 5+000 – STA 10+000 DISTRICT TRENGGALEK
OF EAST JAVA PROVINCE**

Composed By :

Student I : **M. Zainul Muttaqin**
NRP : **3113 040 602**

Counsellor Lecturer : **R. Buyung Anugraha A., ST., MT.**
NIP : **19740203 200212 1 002**

The construction of the traffic lane south-Prigi popoh This is an effort to revive the southern path. The final project is aimed to explore construction of road pavement thickness, drainage channel dimensions, geometric control path, and calculates the required budget plan. The method used in this way include the planning of road pavement thickness calculation on the road by using Component Analysis Method 1987. Road capacity analysis using the program KAJI. Drainage plan using the SNI-03-342-1994. geometric path planning using Goemetrik Planning Inter-City Road. Budget plan to use city HSPK Tulungagung. From the calculated cross-track project planning in the south gained a total pavement width of 7 m and 2 m with a shoulder type road 2/2 UD. To plan a road pavement thickness design life of 10 years obtained a total of 50 cm thick layer of foundation with the details of the use Sirtu Class C (CBR 30%) as thick as 30 cm, a layer of foundation

on the use of the Aggregate Class B (CBR 80%) and 20 cm thick layer surface using LASTON (MS 744) with a thickness of 7,5 cm. Planning dimensional edge channel (drainage) or rectangular with a material made of stone with a finishing time. RAB is needed for the construction of this road of **Rp 14,448,400,000**, - (in words Fourteen Billion Four Hundred Forty-Eight Million Four Hundred Thousand Dollar). With a cross-roads south Prigi popoh-south line is then expected to boost the economy of the south as pantura path.

Keyword : JLS, popoh, Prigi, pavement thickness, drainage, geometric

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xix

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan.....	3
1.5. Manfaat.....	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum.....	5
2.2. Analisa Kapasitas Jalan	5
2.2.1. Menentukan Kelas Jalan	5
2.2.2. Kapasitas Dasar	7
2.2.3. Faktor Penyesuaian Akibat Jalur Lalu Lintas	8
2.2.4. Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping	8
2.2.5. Penentuan Kapasitas pada Kondisi Lapangan	10
2.2.6. Derajat Kejenuhan (DS)	10
2.3. Perencanaan Geometrik Jalan	11
2.3.1. Alternatif Trase	11
2.3.2. Jarak Pandang	11
2.3.2.1 Jarak Pandang Henti	12
2.3.2.2 Jarak Pandang Menyiap	12
2.3.3. Gaya yang bekerja	

pada Alinemen Horisontal	14
2.3.4. Superelevasi.....	19
2.3.5. Alinemen Horisontal	28
2.3.6. Alinemen Vertikal	38
2.4. Perkerasan Lentur.....	55
2.4.1. Lapisan permukaan.....	56
2.4.2. Lapisan pondasi atas.....	56
2.4.3. Lapisan pondasi bawah.....	57
2.4.4. Lapisan tanah dasar	58
2.4.5. Umur rencana	58
2.4.6. Lalu-lintas harian rata-rata.....	59
2.4.7. Kondisi tanah dasar	61
2.4.8. Angka ekivalen beban sumbu	62
2.4.9. Perhitungan tebal perkerasan lentur menggunakan metode analisa komponen....	65
2.5. Perencanaan Drainase	82
2.6. Stabilitas Tanah	84
2.7. Rencana Anggaran Biaya	85

BAB III METODOLOGI

3.1. Pengumpulan data	87
3.2. Pengolahan data.....	87
3.2.1. Pengolahan data lalu-lintas.....	87
3.2.2. Pengolahan data CBR tanah dasar.....	88
3.2.3. Pengolahan data curah hujan	88
3.3. Perhitungan Kapasitas Jalan	88
3.4. Perencanaan Geometrik Jalan	89
3.4.1. Perencanaan Trase	89
3.4.2. Jarak Pandang	89
3.4.3. Alinemen Horisontal	89
3.4.3. Alinemen Vertikal	89
3.5. Perencanaan Konstruksi Perkerasan Lentur	89
3.6. Perencanaan Drainase.....	90
3.7. Gambar Rencana	90
3.8. Perencanaan Rencana Anggaran Biaya	90

3.9. Kesimpulan dan Saran.....	90
--------------------------------	----

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1. Umum.....	93
4.2. Pengumpulan data	93
4.2.1. Peta kontur lokasi proyek	93
4.2.2. Data CBR.....	93
4.2.3. Data lalu-lintas.....	94
4.2.4. Data curah hujan.....	94
4.3. Pengolahan Data.....	95
4.3.1. Data lalu-lintas.....	95
4.3.2. Data CBR tanah dasar.....	100
4.3.3. Data curah hujan.....	100

BAB V ANALISA PERHITUNGAN

5.1. Analisis Trase	103
5.1.1. Kondisi medan	103
5.1.2. Kecepatan rencana.....	104
5.2. Analisis Kapasitas Ruas Jalan Antar Kota	105
5.3. Perencanaan Geometrik Jalan	105
5.3.1. Alinyemen horizontal	106
5.3.2. Alinyemen vertikal	114
5.4. Perencanaan Tebal Perkerasan	118
5.4.1. Umur rencana	118
5.4.2. Lalu-lintas.....	118
5.4.3. Angka ekivalen	119
5.4.4. Lintas ekivalen permulaan.....	123
5.4.5. Lintas ekivalen akhir	125
5.4.6. Lintas ekivalen tengah	127
5.4.7. Lintas ekivalen rencana	127
5.4.8. Faktor regional.....	128
5.4.9. Indeks permukaan awal umur rencana	128
5.4.10. Penentuan IPT.....	128
5.5. Perencanaan Drainase.....	131
5.5.1. Perhitungan menentukan arah aliran	132

5.5.2. Perhitungan saluran	133
5.6. Metode Pelaksanaan Pekerjaan	139
5.6.1. Pekerjaan Persiapan	139
5.6.2. Pekerjaan Tanah	140
5.6.3. Pekerjaan Berbutir	141
5.6.4. Pekerjaan Aspal	142
5.6.5. Pekerjaan Drainase	143
5.6.6. Pekerjaan Minor	143
5.6.7. Peralatan Metode Pelaksanaan	144
5.7. Stabilitas Tanah	146
5.8. Rencana Anggaran Biaya	151
5.8.1. Volume pekerjaan.....	151
5.8.2. Harga satuan dasar.....	153
5.8.3. Harga satuan pokok pekerjaan.....	157
5.8.4. Rekapitulasi rencana anggaran biaya.....	165

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan.....	167
6.2. Saran.....	168

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kecepatan Rencana (V_R) sesuai dengan Fungsi dan klasifikasi Jalan	6
Tabel 2.2	Penentuan Lebar Jalur dan bahu jalan	7
Tabel 2.3	Kapasitas Dasar.....	7
Tabel 2.4	Penyesuaian Akibat Lebar Jalur Lalu-Lintas.....	8
Tabel 2.5	Penyesuaian Akibat Hambatan Samping Dan Lebar Bahu	9
Tabel 2.6	Kelas Hambatan Samping.....	9
Tabel 2.7	Jarak Pandang Henti Minimum	12
Tabel 2.8	Jarak Pandang Menyiap	14
Tabel 2.9	Nilai Superelevasi,e dan Panjang lengkung Peralihan Ls	24
Tabel 2.10	Kelandaian Relatif Maksimum	29
Tabel 2.11	Kelandaian Jalan.....	40
Tabel 2.12	Panjang Kritis	41
Tabel 2.13	Lengkung Vertical	43
Tabel 2.14	Nilai C Menurut AASHTO'90 dan Bina Marga'90 Berdasarkan JPM dan JPH	48
Tabel 2.15	Rumus Untuk Ekuivalen Beban Sumbu	63
Tabel 2.16	Angka ekivalensi E Beban Sumbu Kendaraan	64
Tabel 2.17	Komposisi Roda Tunggal dan Unit Ekuivalensi 8,16 ton Beban As Tunggal.....	65
Tabel 2.18	Koefisien Distribusi Kendaraan Pada Lajur Rencana	67
Tabel 2.19	Indeks Permukaan pada Akhir Umur Rencana (Ipt).....	70
Tabel 2.20	Indeks Permukaan pada Awal Umur Rencana.....	71
Tabel 2.21.	Indeks Permukaan pada Awal Umur Rencana (IPo)	72
Tabel 2.22.	Faktor Regional (FR)	73

Tabel 2.23. Koefisien Kekuatan Relatif (a).....	85
Tabel 2.24. Minimum Lapis Permukaan	86
Tabel 2.25 .Tebal Minimum Lapis Pondasi	87
Tabel 4.1. Rekapitulasi Data Lalu-Lintas Tahun 2009....	94
Tabel 4.2. Data Curah Hujan.....	95
Tabel 4.3. Pertumbuhan Lalu-Lintas Tiap Tahun	97
Tabel 4.4. Rekapitulasi Perhitungan Volume Lalu-Lintas	100
Tabel 4.5. Perhitungan Data Curah Hujan.....	101
Tabel 5.1. Klasifikasi Kemiringan Medan	103
Tabel 5.2. Kecepatan Rencana	105
Tabel 5.3. Rekapitulasi Derajat Kejenuhan.....	105
Tabel 5.4. Penilaian Alternatif Trase.....	106
Tabel 5.5. Rekapitulasi Lengkung Spiral-Circle-Spiral ..	110
Tabel 5.6. Rekapitulasi Alinyemen Vertikal	116
Tabel 5.7. LHR tahun 2016.....	118
Tabel 5.8. LHR tahun 2026.....	119
Tabel 5.9. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Angka Ekivalen.....	123
Tabel 5.10. Rekapitulasi hasil perhitungan LEP.	125
Tabel 5.11. Rekapitulasi hasil perhitungan LEA.....	127
Tabel 5.12. Penentuan arah aliran	133
Tabel 5.13. Rekapitulasi Dimensi Saluran	137
Tabel 5.14. Data Tanah	146
Tabel 5.15. Rekapitulasi Penahan Tanah	149
Tabel 5.16. Rekapitulasi Penahan Tanah Aktif.....	149
Tabel 5.17. Harga Satuan Upah.....	146
Tabel 5.18. Harga Satuan Bahan	147
Tabel 5.19. HSPK Pekerjaan Tanah.....	150
Tabel 5.20. HSPK Pekerjaan Berbutir.....	158
Tabel 5.21. HSPK Pekerjaan Perkerasan Aspal	160
Tabel 5.22. HSPK Pekerjaan Drainase.....	155
Tabel 5.23. HSPK Pekerjaan Minor dan Pengembalian Kondisi	156
Tabel 5.24. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya	158

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Peta Jawa Timur	2
Gambar 1.2. Peta Lokasi Studi	4
Gambar 2.1. Ilustrasi Jarak Pandangan Menyiap	13
Gambar 2.2. Gaya Sentrifugal pada Alinemen Horizontal	15
Gambar 2.3. Hubungan koefisien gesekan melintang dengan kecepatan rencana kendaraan untuk kecepatan tinggi (AASHTO 2004)	17
Gambar 2.4. Hubungan koefisien gesekan melintang dengan kecepatan rencana kendaraan untuk kecepatan rendah (AASHTO 2004)	17
Gambar 2.5. Koefisien gesekan melintang maksimum desain (AASHTO 2004)	18
Gambar 2.6. Koefisien gesekan melintang maksimum desain (Traffic Engineering Handbook, 1992)	19
Gambar 2.7. Ilustrasi diagram superelevasi dan potongan melintang jalan	27
Gambar 2.8. Ilustrasi Lengkung Peralihan Pada Tikungan	31
Gambar 2.9. Bentuk lengkung full circle	32
Gambar 2.10. Diagram superelevasi lengkung full Circle	33
Gambar 2.11. Bentuk lengkung spiral – circle – Spiral	34
Gambar 2.12. Diagram superelevasi lengkung spiral – circle – spiral	36
Gambar 2.13. Bentuk lengkung spiral – spiral	36
Gambar 2.14. Diagram superelevasi lengkung spiral – spiral	38

Gambar 2.15. Ilustrasi Kelandaian Jalan.....	39
Gambar 2.16. Ilustrasi Panjang Kritis	41
Gambar 2.17. Lengkung Vertikal.....	43
Gambar 2.18. Lengkung Vertikal Cembung $S < L$	46
Gambar 2.19. Lengkung Vertikal Cembung $S > L$	49
Gambar 2.20. Lengkung Vertikal Cekung $S < L$	51
Gambar 2.21. Lengkung Vertikal Cekung $S > L$	52
Gambar 2.22. Lengkung Vertikal Cekung $S < L$	53
Gambar 2.23. Lengkung Vertikal Cekung $S > L$	54
Gambar 2.24. Susunan lapisan konstruksi perkerasan lentur	56
Gambar 2.25. Penyebaran beban roda melalui lapisan perkerasan jalan.....	58
Gambar 2.26. Penentuan Umur Rencana	59
Gambar 2.27. Skematis Penentuan Angka Pertumbuhan Jumlah Kendaraan	61
Gambar 2.28. Beban Standar 8.16 t.....	63
Gambar 2.29. Korelasi DDT dan CBR.....	69
Gambar 2.30. Nomogram 1	74
Gambar 2.31. Nomogram 2	75
Gambar 2.32. Nomogram 3	75
Gambar 2.33. Nomogram 4	76
Gambar 2.34. Nomogram 5	76
Gambar 2.35. Nomogram 6	77
Gambar 2.36. Nomogram 7	77
Gambar 2.37. Nomogram 8	78
Gambar 2.38. Nomogram 9	78
Gambar 2.39. Susunan Lapis Perkerasan Jalan	79
Gambar 3.1. Diagram alir metodologi.....	91
Gambar 5.1. Kondisi jalan Ketawang	104
Gambar 5.2. Kondisi eksisting jalan Karanggongso... ..	104
Gambar 5.3. Rencana Perkerasan Lentur	129
Gambar 5.4. Perhitungan ITP untuk Surface course	130
Gambar 5.5. Susunan Perkerasan Lentur	131
Gambar 5.6. Peralatan Loader	144

Gambar 5.7. Peralatan Backhoe	144
Gambar 5.8. Peralatan Motor Grader	145
Gambar 5.9. Peralatan Asphalt Finisher.....	145
Gambar 5.10. Peralatan Asphalt Finisher.....	146
Gambar 5.11. Stabilitas Dinding Penahan.....	147

“Halaman ini sengaja d kosongkan”

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

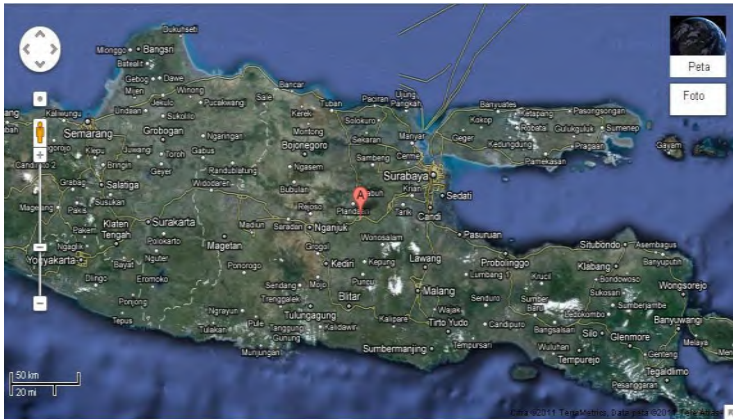
Pertumbuhan ekonomi di Indonesia yang terus berkembang menyebabkan peningkatan arus lalu lintas. Untuk itu diperlukan sarana dan prasarana yang memadai agar pendistribusian barang dan jasa antar daerah agar berjalan dengan lancar. Seiring dengan hal itu maka diperlukan jaringan jalan yang baru dan perbaikan jalan yang rusak. Agar jalan yang dibuat memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas, maka dibuat perencanaan geometric.

Provinsi Jawa Timur mempunyai jaringan jalan di utara dan selatan. Keberadaan jaringan jalan diantara keduanya tidak sama, baik dalam volume lalu lintas maupun kapasitas jalannya. Perbedaan paling nyata adalah pergerakan lalu lintas barang dan manusia di wilayah utara lebih cepat jika dibandingkan dengan wilayah selatan. Untuk menghubungkan antar Kabupaten atau Kota di wilayah selatan tidak akseleratif, sehingga konsentrasi kegiatan perekonomian hanya berada di wilayah utara dan sekitarnya. Kondisi yang demikian akan menimbulkan pengaruh yang kurang baik bagi pertumbuhan wilayah selatan dan apabila dilihat dari potensinya, wilayah selatan lebih potensial dan kelestarian lingkungannya masih terjaga baik. Seharusnya itu merupakan modal untuk meningkatkan perekonomian.

Dengan kondisi ekonomi nasional yang sedang berusaha bangkit, maka kawasan Jawa Timur bagian selatan cukup prospektif untuk dikembangkan sebagai motor penggerak perekonomian. Untuk mewujudkan hal tersebut, kebijakan pembangunan Propinsi Jawa Timur diarahkan ke wilayah selatan melalui Program Pengembangan Kawasan Selatan Jawa Timur sebagai program prioritas yang diawali dengan pembangunan jalan Jalur Lintas Selatan (JLS) Jawa

Timur melalui 8 (delapan) Kabupaten yaitu Kabupaten Pacitan, Trenggalek, Tulungagung, Blitar, Malang, Lumajang, Jember dan Banyuwangi.

Pada proyek akhir ini direncanakan bagian jalur lintas selatan yang melalui Kabupaten Trenggalek, tepatnya pada daerah Karanggongso-Ketawang pada STA 5+000 – 10+000. Lokasi Kabupaten Trenggalek terlihat pada gambar 1.1.



Gambar 1.1. Peta Jawa Timur

Pada gambar 1.1 terlihat bahwa kedua kabupaten tersebut berada pada wilayah selatan Jawa Timur.

1.2. Rumusan Masalah

Pada proyek akhir ini terdapat beberapa pokok masalah yang akan terjawab pada akhir kesimpulan, diantaranya :

1. Bagaimana bentuk perencanaan geometric jalan?
2. Bagaimana hasil perhitungan alinemen horizontal dan vertical pada rencana jalan tersebut?
3. Berapa ketebalan perkerasan lentur yang dibutuhkan?

4. Berapa dimensi saluran tepi pada rencana jalan tersebut?
5. Berapa anggaran biaya total pembangunan jalan tersebut?
6. Bagaimana hasil perhitungan stabilitas tanah?

1.3. Batasan Masalah

Mengingat permasalahan yang ada begitu luas maka kami memberikan batasan permasalahan. Batasan masalah pada proyek akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Perencanaan yang dilakukan meliputi perencanaan geometrik jalan, alinemen horizontal dan vertikal, dan jarak pandang berdasarkan (No. 034/TBM/2006).
2. Analisa kapasitas dengan Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997.
3. Perencanaan tebal perkerasan jalan dengan Metode Analisa Komponen (*SNI/PU 03-1732-1989*).
4. Rencana Anggaran Biaya menggunakan HSPK wilayah Kabupaten Trenggalek.
5. Perencanaan drainase dengan cara SNI 03-3424-1994.
6. Tidak menghitung jembatan dan gorong-gorong
7. Tidak melakukan survey lalu-lintas secara rinci.
8. Tidak membicarakan pelaksanaan di lapangan, dan pengolahan data-data tanah baik di lapangan maupun laboratorium.

1.4. Tujuan

Pada proyek akhir ini terdapat beberapa tujuan untuk menjawab beberapa parameter yang dihasilkan dari perencanaan jalan, diantaranya :

1. Merencanakan dan menggambar trase pada rencana jalan tersebut.
2. Merencanakan dan merencanakan alinemen horizontal dan vertikal
3. Merencanakan struktur tebal perkerasan lentur yang diperlukan
4. Menghitung dan merencanakan dimensi saluran tepi

5. Merencanakan anggaran biaya total pembangunan jalan tersebut
6. Menghitung dan merencanakan stabilitas tanah

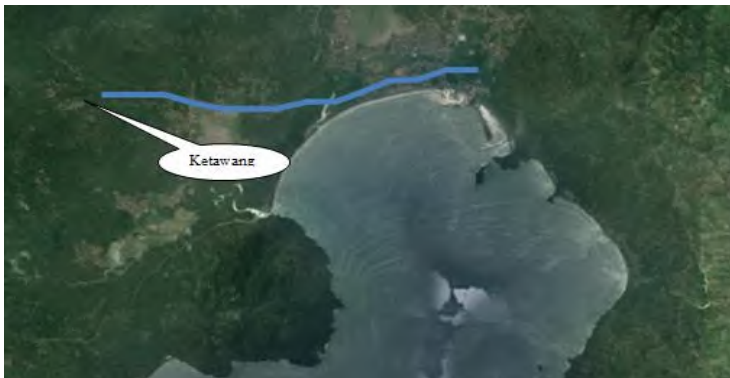
1.5. Manfaat

Adapun beberapa manfaat yang diperoleh dari penyelesaian proyek akhir ini yaitu :

1. Dapat menghitung dan menggambar trase pada rencana jalan tersebut.
2. Dapat menghitung dan menentukan alinemen pada rencana jalan
3. Dapat menghitung dan menentukan tebal perkerasan lentur pada rencana jalan
4. Dapat menghitung dan menentukan dimensi saluran tepi pada rencana jalan
5. Dapat menghitung dan menentukan anggaran biaya total pembangunan jalan
6. Dapat menghitung stabilitas tanah

1.6. Lokasi Studi

Lokasi proyek perencanaan lanjut ruas Jalan Karanggongso – Ketawang STA 5+000 – 10+000 dapat dilihat dari peta lokasi seperti gambar 1.2



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Bab ini akan menjelaskan tentang dasar teori yang akan digunakan dalam perencanaan jalan Proyek Akhir kami meliputi :

- a. Analisa Kapasitas Jalan
- b. Perencanaan Geometrik Jalan
- c. Tebal Perkerasan Jalan
- d. Perencanaan Saluran Tepi (Drainase)
- e. Stabilisasi Tanah
- f. RAB

2.2 Analisa Kapasitas Jalan

Analisa kapasitas jalan bertujuan untuk mengetahui kapasitas jalan pada arah tertentu yang diperlukan untuk mempertahankan perilaku lalu lintas yang dikehendaki sekarang dan yang akan datang. Sesuai dengan MKJI tahun 1997 analisa kapasitas jalan terbagi dilakukan pada masing – masing jalur jalan yang direncanakan dan tiap jalur diasumsikan sebagai jalan yang berbeda.

2.2.1 Menentukan Kelas Jalan

Menurut PP 34/2006 pasal 9 Tentang Jalan, pada dasarnya jalan umum dibagi dalam 3 kelompok berdasarkan fungsinya yaitu :

- Jalan Arteri : jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri- ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan yang masuk dibatasi secara efisien.
- Jalan Kolektor : jalan yang melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri-ciri perjalanan

jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

- Jalan Lokal/Penghubung : jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jalan masuk tidak dibatasi.

Sehubungan dengan kriteria jalan diatas, ruas jalan Karanggongso-Ketawang termasuk kategori jalan yang berfungsi :

- a. Berdasarkan fungsinya melayani angkutan utama dengan ciri- ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan yang masuk dibatasi secara efisien.
- b. Kecepatan Perencanaan.
Berdasarkan Data teknis perencanaan jalan Karanggongso-Ketawang. Kecepatan rencana (V_r) : 50 km/jam.
Berdasarkan pada tabel :

Tabel 2.1
Kecepatan Rencana

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 : Dinas pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur

- c. Lebar Jalan
Pada tabel yang bersumber dari dinas pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur :

Tabel 2.2
Penentuan Lebar Jalur dan Bahu Jalan

VLHR (smp/hari)	KOLEKTOR			
	Ideal		Minimum	
	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)
<3.000	6,0	1,5	4,5	1,0
3.000-10.000	7,0	1,5	6,0	1,5
10.001-25.000	7,0	2,0	7,0	2,0

Sumber : Dinas pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur

2.2.2 Kapasitas Dasar

Kapasitas Dasar adalah Kapasitas suatu segmen jalan untuk suatu set kondisi yang ditentukan sebelumnya (geometric, pola arus lalu lintas, dan factor lingkungan). Sedangkan segmen jalan adalah panjang jalan yang mempunyai karakteristik yang sama pada seluruh panjangnya. Titik dimana karakteristik jalan berubah secara otomatis menjadi batas segmen sekalipun tidak ada simpang jalan di dekatnya. Untuk dapat mengetahuinya harga kapasitas dasar dapat dilihat pada tabel 2.3

Tabel 2.3
Kapasitas Dasar

Type Aliyemen	Kapasitas Dasar Total Kedua Arah (smp/jam)
Datar	3100
Bukit	3000
Gunung	2900

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 hal. 6-65

2.2.3 Faktor penyesuaian Akibat Lebar Jalur lalu lintas

Menentukan faktor penyesuaian akibat lebar jalur lalu lintas berdasarkan pada lebar efektif jalur lalu lintas (W_c) dapat dilihat pada table 2. 4

Tabel 2.4
Penyesuaian Akibat Lebar Jalur Lalu-lintas

Tipe Jalan	Lebar Efektif (Total Kedua Arah) Jalur Lalu Lintas (W_c)	FCw
2 - lajur tak terbagi	5	0,69
	6	0,91
	7	1,00
	8	1,08
	9	1,15
	10	1,21
	11	1,27

2.2.4 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping

Hambatan samping adalah pengaruh kegiatan disamping ruas jalan terhadap kinerja lalu lintas, misalnya pejalan kaki, penghentian kendaraan umum, atau kendaraan lainnya, kendaraan keluar dan kendaraan masuk disamping jalan dan kendaraan lambat.

Tabel 2.5.
Penyesuaian Akibat Hambatan Samping dan Lebar Bahu
(FFV_{sf})

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping	Faktor penyesuaian hambatan samping (FC _{sf})			
		Lebar Bahu Efektif (W _s)			
		≤ 0,5	1,0	1,5	≥ 2,0
2/2 UD	VL	1,00	1,00	1,00	1,00
	L	0,96	0,97	0,97	0,98
	M	0,91	0,92	0,93	0,97
	H	0,85	0,87	0,88	0,95
	VH	0,76	0,79	0,82	0,93

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 untuk jalan luar kota

Tabel 2.6
Kelas Hambatan Samping

Frekuensi bobot dari kejadian	Kondisi khas	Kelas Hambatan Samping	Kode
< 50	Pedalaman, pertanian atau tidak berkembang tanpa kegiatan.	Sangat rendah	VL
50-149	Pedalaman, beberapa bangunan dan kegiatan di samping jalan.	Rendah	L
150-249	Desa, kegiatan dan angkutan lokal.	Sedang	M
250-350	Desa, beberapa kegiatan pasar.	Tinggi	H
>350	Hampir perkotaan: banyak pasar/kegiatan perdagangan.	Sangat Tinggi	VH

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 untuk jalan luar kota

2.2.5 Penentuan Kapasitas Pada Kondisi Lapangan

Kapasitas didefinisikan sebagai arus maksimum yang dapat dipertahankan persatuan jam yang melewati suatu titik jalan dalam kondisi yang ada. Rumus yang digunakan :

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \dots \dots \dots \text{ (pers 2.1)}$$

Dimana :

C	=	Kapasitas
C _o	=	Kapasitas dasar (smp/jam)
FC _w	=	Faktor penyesuaian akibat lebar jalur lalu lintas
FC _{sp}	=	Faktor penyesuaian akibat pemisahan arah
FC _{sf}	=	Faktor penyesuaian akibat hambatan samping

2.2.6 Derajat Kejenuhan (DS)

Derajat kejenuhan (DS), didefinisikan sebagai ratio arus lalu lintas (Q) terhadap kapasitas (C) yang digunakan sebagai factor kunci dalam penentuan perilaku lalu lintas pada suatu simpang dan juga segmen jalan. Nilai derajat kejenuhan menunjukkan apakah segmen jalan akan mempunyai masalah kapasitas atau tidak.

Sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$DS = Q/C \dots \dots \dots \text{ (pers 2.2)}$$

dimana :

DS	=	<i>Degree of Saturated</i> (Derajat Kejenuhan)
Q	=	Arus Lalu Lintas (smp/jam)
C	=	Kapasitas

Dalam MKJI disebutkan bahwa Derajat Kejenuhan disarankan tidak melebihi 0,75. Apabila nilai DS lebih besar dari 0,75 maka jalan tersebut perlu adanya pelebaran atau penambahan lajur baru.

2.3. Perencanaan Geometrik Jalan

Pada perencanaan geometric ini dilakukan dari awal pembuatan trase. Adapun parameter yang harus dihitung agar dapat menghasilkan rencana jalan yang baik diantaranya :

2.3.1 Alternatif Trase

Pada perencanaan trase ini dibuat tiga alternatif rencana trase, kemudian dipilih satu trase yang terbaik dengan tujuan dari perencanaan alternatif ini adalah untuk mencari trase yang lebih efisien. Penilaian tersebut meliputi :

- a. Panjang jalan
- b. Jumlah tikungan
- c. Kelandaian medan
- d. Jumlah Jembatan
- e. Kondisi sekitar lokasi

2.3.2 Jarak Pandang

Jarak pandang adalah panjang bagian jalan didepan pengemudi yang dilihatnya secara jelas dari kedudukan pengemudi.

Jarak pandang diperlukan atau digunakan :

1. Menghindari terjadinya kecelakaan atau tabrakan yang dapat membahayakan manusia dan kendaraan.
2. Memberi kemungkinan untuk mendahului kendaraan lain yang bergerak dengan kecepatan lebih rendah dengan mempergunakan lajur sebelahnya.
3. Menambah efisien jalan tersebut, sehingga volume pelayanan dapat dicapai semaksimal mungkin.
4. Sebagai pedoman bagi pengatur lalu lintas dalam menempatkan rambu-rambu lalu lintas yang diperlukan pada tiap segmen jalan

Jarak pandang terbagi menjadi dua yaitu : jarak pandang henti dan jarak pandang menyiap.

2.3.2.1 Jarak Pandang Henti

Jarak pandang henti adalah jarak minimum yang diperlukan pengemudi dengan kecepatan rencana untuk menghentikan kendaraan yang sedang berjalan setelah melihat adanya rintangan pada jalur yang dilaluinya. Jarak pandang henti itu sendiri merupakan jumlah dari dua jarak, yaitu:

$$J_h = 0,694V_r + 0,004 \frac{V_r^2}{f} \dots \dots \dots \text{ (pers 2.3)}$$

Keterangan :

- V_r = Kecepatan rencana (km/jam)
- T = Waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik
- G = Percepatan gravitasi, ditetapkan 9,8 m/s²
- F = Koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,35 - 0,55

Berikut adalah jarak henti (J_h) minimum yang dihitung berdasarkan pers. 2.3 dengan pembulatan-pembulatan untuk berbagai kecepatan rencana (V_r).

Tabel 2.7

Jarak Pandang Henti Minimum

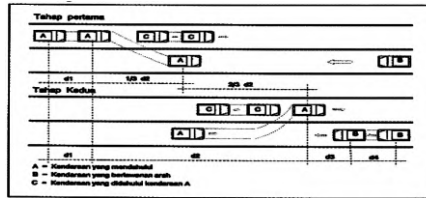
V_r , km/jam	120	100	80	60	50	40	30	20
J_h minimum (m)	250	175	120	75	55	40	27	16

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Bina Marga 1997

2.3.2.2 Jarak Pandang Menyiap

Jarak pandang menyiap adalah jarak yang diperlukan pengemudi untuk dapat mendahului kendaraan lain pada jalan dua jalur dengan aman. Jarak pandang mendahului dapat

diukur berdasarkan tinggi mata pengemudi yang diasumsikan 105 cm dan tinggi dari halangan adalah 115 cm
 Jarak pandang menyiap merupakan penjumlahan dari jarak - jarak pada gambar 2.1



Gambar 2.1
 Jarak Pandang Menyiap

Sedangkan jarak pandang menyiap yang harus diperhitungkan:

$$Jd = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \dots\dots\dots \text{(pers 2.4)}$$

Keterangan :

d_1 = Jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m)

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

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

d_4 = Jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan, yang besarnya diambil sama dengan $2/3 d_2$ (m)

Jarak pandang menyiap Jd sesuai dengan kecepatan rencana V_r dapat diperlihatkan sebagai berikut :

Tabel 2.8
Panjang jarak pandang menyiap

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

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Bina Marga 1997

2.3.3. Gaya Yang Bekerja Pada Alinemen Horisontal

Alinemen horisontal adalah proyeksi dari sumbu jalan pada bidang yang horisontal (plan/denah). Pada alinemen horisontal terdiri dari garis lurus dan garis lengkung. Untuk garis lengkung terdiri dari busur peralihan dan busur lingkaran atau busur peralihan saja.

1. Gaya Sentrifugal

Pada alinemen horisontal terdapat dua jenis gaya yang bekerja, yaitu gaya sentripetal dan sentrifugal. Berdasarkan arah gaya, arah gaya sentripetal menuju ke arah pusat lingkaran sedangkan gaya sentrifugal ke arah luar (menjauhi titik pusat lingkaran) atau terlempar ke luar. Pada alinemen horisontal, gaya yang diperhitungkan adalah gaya sentrifugal.

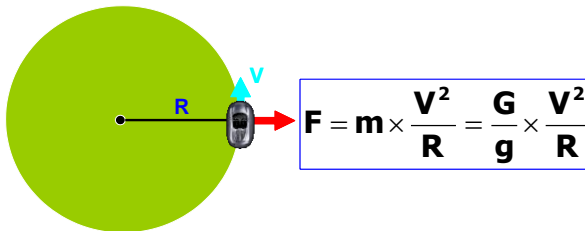
Gaya sentrifugal F akan terjadi jika benda (kendaraan) dengan kecepatan V melintasi suatu lengkung seperti lingkaran (tikungan). Gaya ini akan mendorong kendaraan keluar lintasan dengan arah tegak lurus terhadap kecepatan V . Besarnya gaya sentrifugal dapat dihitung dengan menggunakan pers. 3.1, sedangkan ilustrasi gaya sentrifugal dapat dilihat pada gambar 2.2.

$$\text{Gaya sentrifugal (F)} = m \cdot a = \frac{G}{g} \cdot a = \frac{G}{g} \cdot \frac{V^2}{R} \quad (2.14)$$

dimana :

$$m = \text{massa benda (kendaraan)}$$

G	=	berat kendaraan, kg
g	=	gaya grafitasi, m/dt ²
a	=	percepatan sentrifugal, m/dt ²
	=	V ² /R
V	=	kecepatan kendaraan, km/jam
R	=	jari-jari lengkung lintasan, m



Gambar 2.2. Gaya sentrifugal pada alinemen horisontal

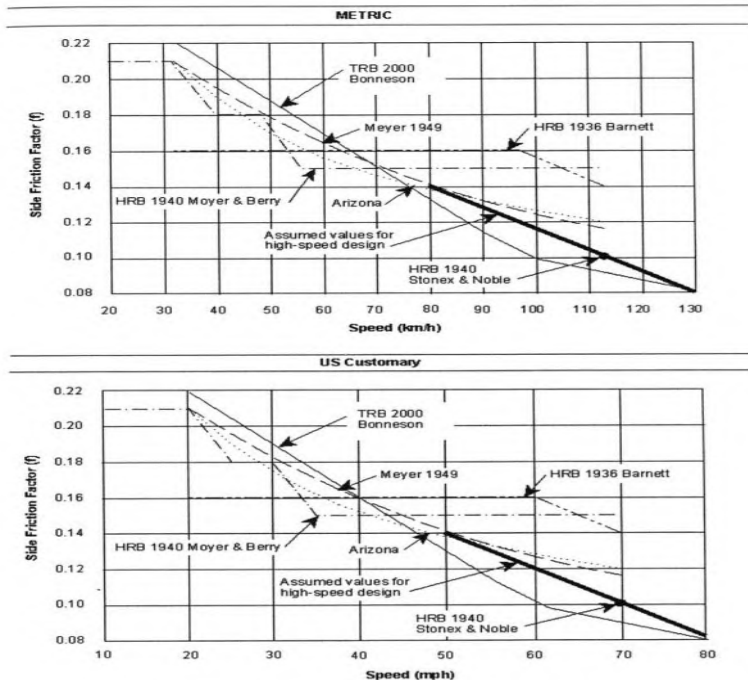
Agar kendaraan yang melintasi sebuah lengkungan (tikungan) tidak terlempar keluar lintasan, perlu adanya gaya-gaya yang dapat mengimbangnya sehingga kendaraan tidak terlempar keluar lintasan. Gaya-gaya tersebut antara lain :

1. Gaya gesek melintang antara roda kendaraan dengan permukaan perkerasan jalan
 2. Berat kendaraan akibat adanya kemiringan melintang permukaan jalan.
- 2. Gaya Gesek Melintang Antara Roda Kendaraan dengan Permukaan Perkerasan Jalan**

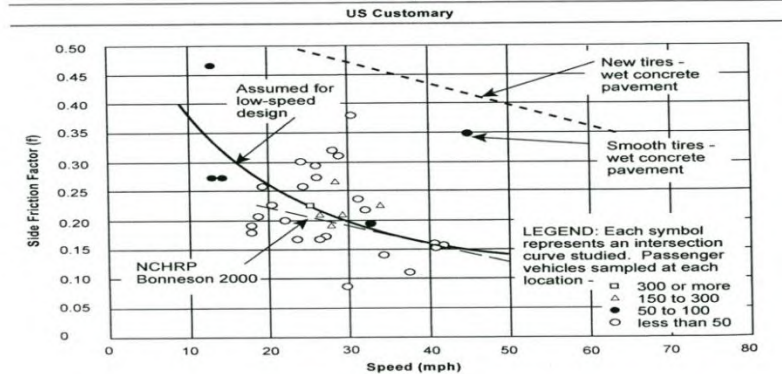
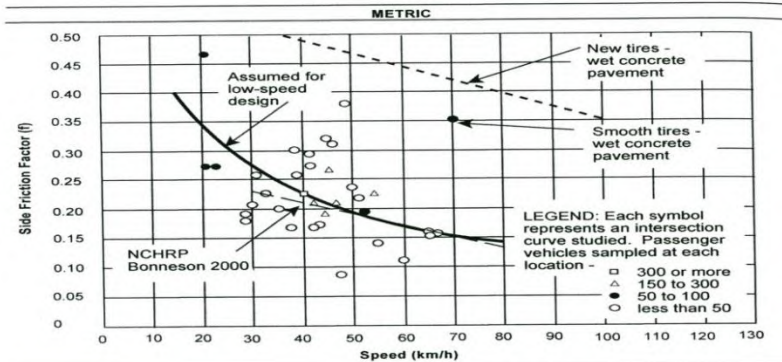
Gaya gesek melintang, F_s adalah gaya gesek arah melintang permukaan jalan yang ditimbulkan oleh roda (ban)

kendaraan dengan permukaan jalan. Dalam perencanaan alinemen horisontal faktor gaya gesek yang digunakan dalam perencanaan adalah koefisien gesekan melintang. Koefisien ini diilustrasikan sebagai perbandingan antara gaya gesek melintang dengan gaya normal yang berkerja.

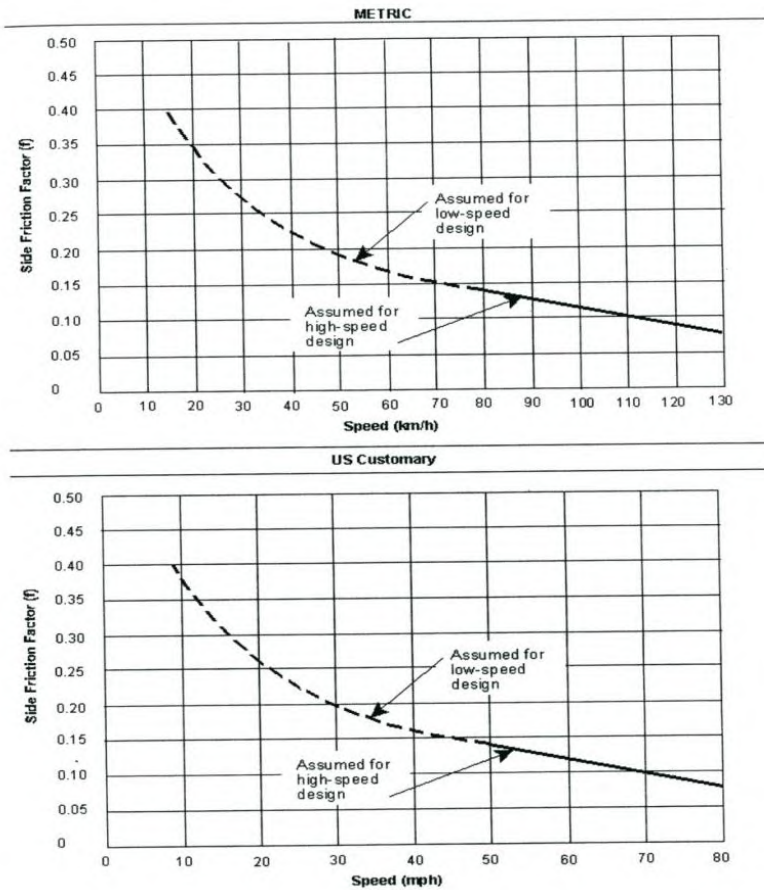
Secara umum, besarnya koefisien gesekan melintang jalan, f dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain : jenis dan kondisi ban, tekanan ban, tekstur permukaan ban, konstruksi permukaan perkerasan (kekasaran), kecepatan kendaraan dan yang tidak kalah penting adalah cuaca. Hubungan antara nilai koefisien gesekan melintang dengan kecepatan rencana kendaraan disajikan pada **Gambar 2.3** sampai dengan **Gambar 2.6**.



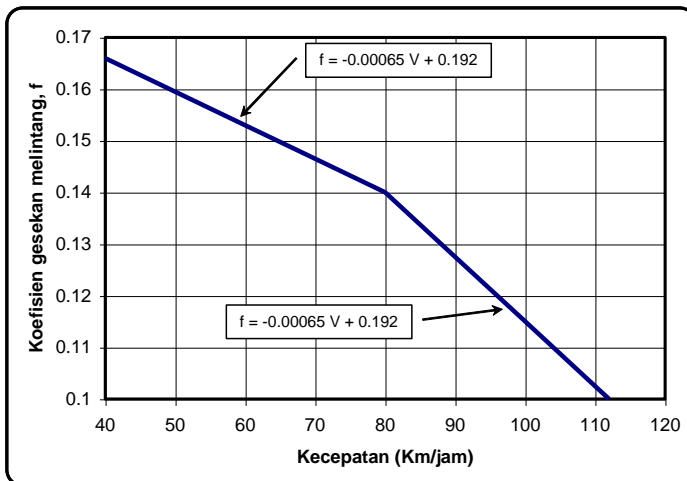
Gambar 2.3. Hubungan koefisien gesekan melintang dengan kecepatan rencana kendaraan untuk kecepatan tinggi (AASHTO 2004).



Gambar 2.4. Hubungan koefisien gesekan melintang dengan kecepatan rencana kendaraan untuk kecepatan rendah (AASHTO 2004)



Gambar 2.5. Koefisien gesekan melintang maksimum desain (AASHTO 2004)



Gambar 2.6. Koefisien gesekan melintang maksimum desain (Traffic Engineering Handbook, 1992)

2.3.4. Superelevasi

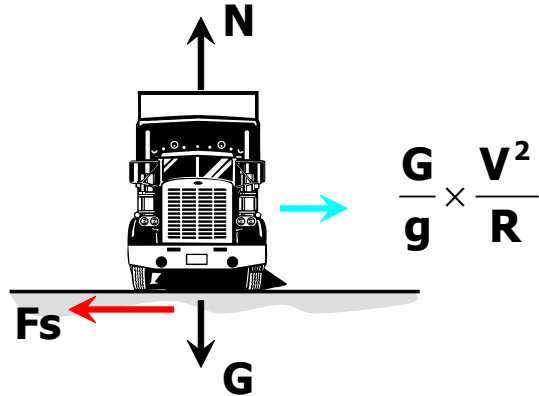
Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, bahwa pada kendaraan yang melintasi alinemen horisontal perlu adanya gaya-gaya yang dapat mengimbangi gaya sentrifugal supaya kendaraan tidak terlempar keluar lintasan.

Pada alinemen horisontal, terdapat faktor penting sebagai penyeimbang gaya antara lain:

1. Gaya gesek melintang antara roda kendaraan dengan permukaan perkerasan jalan
2. Berat kendaraan akibat adanya kemiringan melintang permukaan jalan.

Berbicara tentang kesimbangan gaya, terdapat 3 kondisi gaya-gaya yang berkerja pada alinemen horisontal antara lain :

1. Gaya sentrifugal diimbangi dengan gaya gesek, F_s roda kendaraan dengan permukaan jalan arah melintang.



$$F_s = f \cdot N \quad ; \quad N = G$$

$$= f \cdot G$$

$$F_s = \frac{G}{g} \times \frac{V^2}{R}$$

$$f \times G = \frac{G}{g} \times \frac{V^2}{R} \quad \rightarrow \quad f = \frac{V^2}{g * R}$$

Jika $g = 9.81 \text{ m/dt}^2$ dan $V = \text{km/jam}$, maka :

$$f = \frac{V^2}{127 R} \quad (2.15)$$

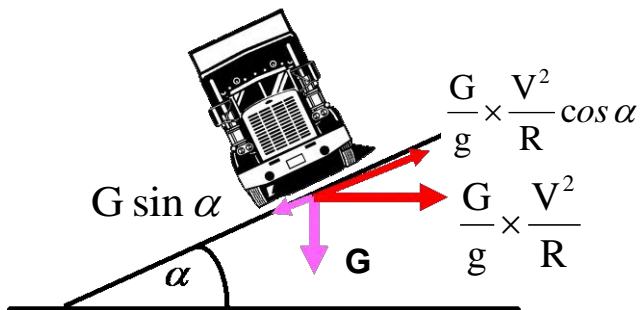
dimana :

f = koefisien gesek ban dan permukaan jalan

V = kecepatan rencana (m/jam)

R = jari-jari lengkung (m)

2. Gaya sentrifugal diimbangi hanya dengan kemiringan melintang jalan.



$$G \sin \alpha = \frac{G}{g} \times \frac{V^2}{R} \cos \alpha$$

$$G \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{G}{g} \times \frac{V^2}{R} \quad \rightarrow \quad \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{V^2}{g * R} \quad \rightarrow$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{V^2}{g * R}$$

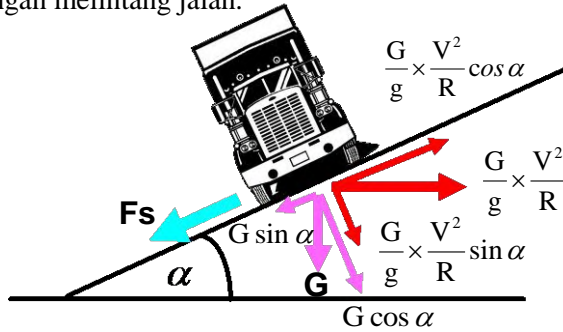
jika $\operatorname{tg} \alpha = e$, maka :

$$e = \frac{V^2}{g * R} \quad \rightarrow \quad e = \frac{V^2}{127 R} \quad (2.16)$$

dimana :

e = kemiringan melintang jalan (super-elevasi jalan),
%

3. Gaya sentrifugal diimbangi dengan gaya gesek dan kemiringan melintang jalan.



$$G \sin \alpha + F_s = \frac{G}{g} \times \frac{V^2}{R} \cos \alpha ; F_s = f \cdot N = f \cdot G$$

$$G \sin \alpha + f \left(G \cos \alpha + \frac{G}{g} \times \frac{V^2}{R} \sin \alpha \right) = \frac{G}{g} \times \frac{V^2}{R} \cos \alpha$$

→ dibagi $\cos \alpha$

$$G \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} + f \left(G \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha} + \frac{G}{g} \times \frac{V^2}{R} \times \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \right) = \frac{G}{g} \times \frac{V^2}{R} \times \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha}$$

$$G \operatorname{tg} \alpha + f \left(G + \frac{G}{g} \times \frac{V^2}{R} \times \operatorname{tg} \alpha \right) = \frac{G}{g} \times \frac{V^2}{R} \quad \rightarrow$$

dibagi G

$$tg \alpha + f \left(1 + \frac{V^2}{g * R} tg \alpha \right) = \frac{V^2}{g * R} \quad \rightarrow tg \alpha = e$$

$$e + f \left(1 + \frac{V^2}{g * R} e \right) = \frac{V^2}{g * R}$$

$$e + f + \frac{V^2}{g * R} e f = \frac{V^2}{g * R} \quad \rightarrow e \cdot f \approx \text{kecil}$$

sekali (= 0), maka :

$$e + f = \frac{V^2}{g * R}$$

$$e + f = \frac{V^2}{127R} \quad (2.17)$$

Berdasarkan ke 3 kondisi tersebut, kondisi ke 3 dengan persamaan 4.3 adalah kondisi yang ideal untuk merencanakan alinemen horisontal.

Besarnya nilai super-elevasi jalan di Indonesia baik untuk luar kota maupun dalam kota bervariasi yaitu 2%, 4%, 6%, 8% dan 10% (Tata cara perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota dan Jalan Perkotaan, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997, 1992). Namun demikian, nilai e maksimum menurut Bina Marga untuk jalan dalam kota adalah 8% dan untuk jalan luar kota adalah 10%. Sedangkan menurut A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, AASHTO, 2004 nilai e maksimum untuk semua jenis jalan adalah 4%, 6%, 8%, 10% dan 12%. Besarnya nilai super-elevasi, e dapat dilihat pada **tabel 2.9**, sedangkan ilustrasi tentang diagram superelevasi dapat dilihat pada **Gambar 2.7**.

Tabel 2.9. Nilai Superelevasi, e dan Panjang Lengkung Peralihan, L_s

D (o)	R (m)	V = 50 km/jam		V = 60 km/jam		V = 70 km/jam		V = 80 km/jam		V = 90 km/jam	
		e	L_s	e	L_s	e	L_s	e	L_s	e	L_s
0,25	5730	LN	0	LN	0	LN	0	LN	0	LN	0
0,50	2865	LN	0	LN	0	LN	60	LP	70	LP	75
0,75	1910	LN	0	LP	50	LP	60	LP	70	0,025	75
1,00	1432	LP	45	LP	50	LP	60	0,026	70	0,032	75
1,25	1146	LP	45	LP	50	0,025	60	0,031	70	0,038	75
1,50	955	LP	45	0,022	50	0,029	60	0,036	70	0,045	75
1,75	819	LP	45	0,025	50	0,033	60	0,041	70	0,050	75
2,00	716	LP	45	0,028	50	0,037	60	0,046	70	0,055	75
2,50	573	0,025	45	0,034	50	0,044	60	0,054	70	0,064	75
3,00	477	0,029	45	0,040	50	0,050	60	0,060	70	0,070	75
3,50	409	0,033	45	0,045	50	0,056	60	0,065	70	0,075	75
4,00	358	0,037	45	0,049	50	0,061	60	0,071	70	0,079	75
4,50	318	0,041	45	0,053	50	0,064	60	0,074	70	0,080	75
5,00	286	0,044	45	0,057	50	0,068	60	0,077	70	Dmaks = 4,67	
6,00	239	0,050	45	0,063	50	0,074	60	0,080	70	Dmaks = 6,25	
7,00	205	0,056	45	0,068	50	0,078	60	0,080	70		
8,00	179	0,060	45	0,073	50	0,080	60	Dmaks = 8,43			
9,00	159	0,064	45	0,076	50	Dmaks = 11,74					
10,00	143	0,068	45	0,078	50	Dmaks = 17,47					
11,00	130	0,071	45	0,079	50						
12,00	119	0,074	45	Dmaks = 17,47							
13,00	110	0,076	45								
14,00	102	0,078	45								
15,00	95	0,079	45								
16,00	90	0,080	45								
17,00	84	0,080	45								

Keterangan :

LN = lereng jalan normal diasumsikan = 2 %

LP = lereng luar diputar sehingga perkerasan sebesar lereng jalan normal = 2 %.

L_s = diperhitungkan dengan mempertimbangkan Short, landai relatif maksimum (gambar dan lebar perkerasan 2 x 3,75 m.

(e mak 8% metode Bina Marga)

Lanjutan Tabel 2.9.

D (o)	R (m)	V = 50 km/jam		V = 60 km/jam		V = 70 km/jam		V = 80 km/jam		V = 90 km/jam	
		e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls
0,250	5730	LN	0	LN	0	LN	0	LN	0	LN	0
0,500	2865	LN	0	LN	0	LP	60	LP	70	LP	75
0,750	1910	LN	0	LP	50	LP	60	0,020	70	0,025	75
1,000	1432	LP	45	LP	50	LP	60	0,021	60	0,027	70
1,250	1146	LP	45	LP	50	0,025	60	0,033	70	0,040	75
1,500	955	LP	45	0,023	50	0,030	60	0,038	70	0,047	75
1,750	819	LP	45	0,026	50	0,035	60	0,044	70	0,054	75
2,000	716	LP	45	0,029	50	0,039	60	0,049	70	0,060	75
2,500	573	0,026	45	0,036	50	0,047	60	0,059	70	0,072	75
3,000	477	0,030	45	0,042	50	0,055	60	0,068	70	0,081	75
3,500	409	0,035	45	0,048	50	0,062	60	0,076	70	0,089	75
4,000	358	0,039	45	0,054	50	0,068	60	0,082	70	0,095	75
4,500	318	0,043	45	0,059	50	0,074	60	0,088	70	0,099	75
5,000	286	0,048	45	0,064	50	0,079	60	0,093	70	0,100	75
6,000	239	0,055	45	0,073	50	0,088	60	0,098	70	Dmaks = 5,12	
7,000	205	0,062	45	0,080	50	0,094	60	Dmaks = 6,82			
8,000	179	0,068	45	0,086	50	0,098	60	Dmaks = 9,12			
9,000	159	0,074	45	0,091	50	0,099	60				
10,000	143	0,079	45	0,095	60	Dmaks = 12,79					
11,000	130	0,083	45	0,098	60						
12,000	119	0,087	45	0,100	60	Dmaks = 18,85					
13,000	110	0,091	50								
14,000	102	0,093	50								
15,000	95	0,096	50								
16,000	90	0,097	50								
17,000	84	0,099	60								
18,000	80	0,099	60								
19,000	75	Dmaks = 18,85									

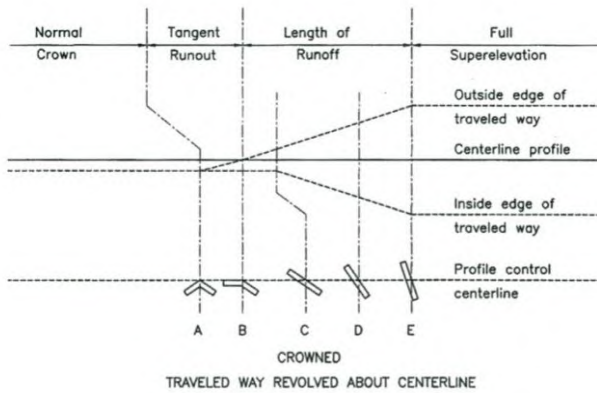
Keterangan :

LN = lereng jalan normal diasumsikan = 2 %

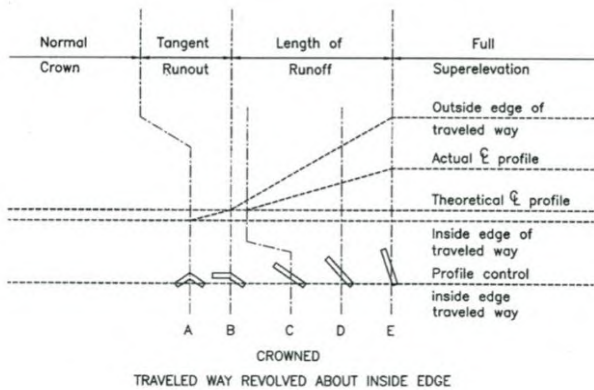
LP = lereng luar diputar sehingga perkerasan mendapat superelevasi sebesar lereng jalan normal = 2 %.

I_e = diperhitungkan dengan mempertimbangkan rumus modifikasi Shortt, landai relatif maksimum (gambar 12), jarak tempuh 2 detik, dan lebar perkerasan 2 x 3,75 m.

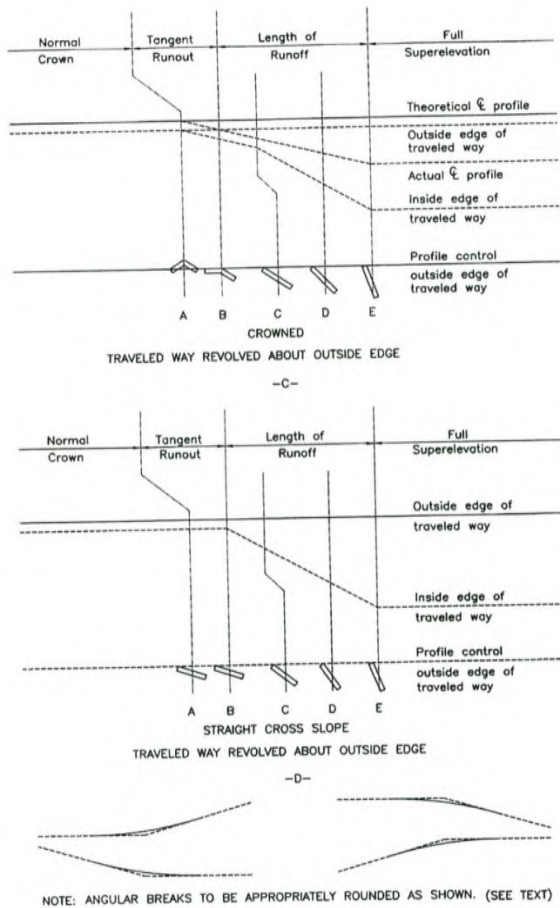
(e mak 8% metode Bina Marga)



-A-



-B-



Gambar 2.7. Ilustrasi diagram superelevasi dan potongan melintang jalan

2.3.5. Alinemen Horisontal

Alinemen horizontal adalah lengkung yang menghubungkan kedua garis tangent, untuk perencanaan lengkung tersebut dibutuhkan beberapa parameter berikut, diantaranya :

1. Perhitungan Panjang Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan atau sering disebut lengkung spiral juga merupakan lengkung spiral clothoid. Radius pada spiral clothoid diawali dari radius yang terhingga sampai dengan radius yang merupakan radius lingkaran.

Sesuai dengan nama peralihan, fungsi dari lengkung spiral adalah untuk mengantisipasi perubahan alinemen jalan dari betuk lurus dengan R tak terhingga sampai pada bentuk lengkung dengan R tetap atau untuk menuntun kendaraan dari posisi kemiringan normal (jalan lurus) ke kemiringan alinemen horisontal (tikungan) sebagaimana fenomena keimbangan gaya yang diakibatkan adanya gaya sentrifugal. Perhitungan lengkung peralihan, L_s adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan waktu tempuh di lengkung peralihan.

$$L_s = \frac{Vd * t}{3.6} \quad (2.18)$$

dimana :

Vd = kecepatan rencana, km/jam

t = waktu tempuh di lengkung peralihan, detik (= 3 detik)

2. Berdasarkan landai relatif.

$$L_s \geq (e + e_n) * B * m_{maks} \quad (2.19)$$

dimana :

L_s = panjang lengkung peralihan, m

e = superelevasi, %

e_n = kemiringan melintang normal, %

B = lebar jalur per arah, m

m_{maks} = landai relatif maksimum

Tabel 2.10. Kelandaian relatif maksimum

AASHTO 1990		Bina Marga (Luar Kota)	
Kec. Rencana (km/jam)	Kelandaian relatif maks, m_{maks}	Kec. Rencana (km/jam)	Kelandaian relatif maks, m_{maks}
32	33	20	50
48	150	30	75
64	175	40	100
80	200	50	115
88	123	60	125
96	222	80	150
104	244	100	
112	250		

3. Berdasarkan rumus Modifikasi Shortt.

$$L_s = 0.022 \frac{V^3}{R C} - 2.727 \frac{V e}{C} \quad (2.20)$$

dimana :

L_s = panjang lengkung peralihan, m

V = kecepatan rencana, km/jam

R = jari-jari tikungan, m

C = perubahan percepatan, m/dt^3 ($0.3 - 0.9 m/dt^3$)

e = superelevasi, %

4. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian.

$$L_s = \frac{(e_{maks} - e_n) Vd}{3.6 * r_e} \quad (2.21)$$

dimana :

L_s = panjang lengkung peralihan, m

E_{maks} = superelevasi maksimum, %

e_n = kemiringan melintang normal, %

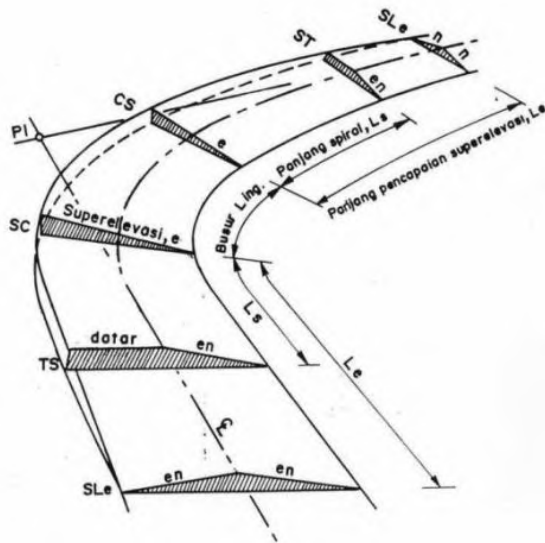
Vd = kecepatan rencana, km/jam

Re = tingkat pencapaian perubahan kemiringan melintang jalan,

= 0.035 m/m/detik untuk $Vd \leq 70$ km/jam

= 0.025 m/m/detik untuk $Vd \geq 80$ km/jam

Dari ke empat persamaan tersebut, panjang lengkung peralihan, L_s yang digunakan untuk perencanaan adalah L_s dengan nilai yang terbesar. Untuk ilustrasi L_s terlihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8. Ilustrasi Lengkung Peralihan Pada Tikungan

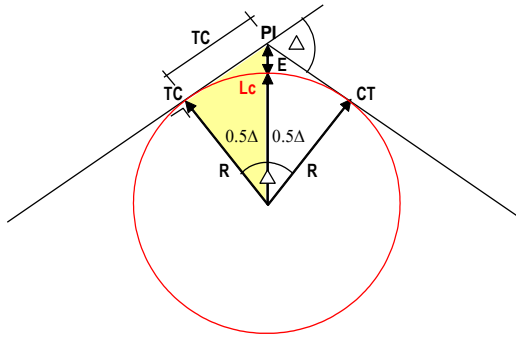
2. Perhitungan Alinemen Horizontal

Ada 3 bentuk alinemen horizontal, antara lain :

1. Lengkung busur lingkaran sederhana (*full circle*)
2. Lengkung busur lingkaran dengan lengkung peralihan (*spiral – circle – spiral*)
3. Lengkung peralihan (*spiral – spiral*)

1. Lengkung busur lingkaran sederhana (*full circle*)

Lengkung *full circle* pada umumnya hanya dapat digunakan jika jari-jari tikungan R yang direncanakan besar dan nilai superelevasi e lebih kecil dari 3%. Bentuk lengkung dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9. Bentuk lengkung full circle

Parameter lengkung full circle :

$$Tc = R * tg \left(\frac{1}{2} \Delta \right) \quad (2.22)$$

$$E = \frac{R}{\cos \left(\frac{1}{2} \Delta \right)} - R \quad (2.23)$$

$$Lc = \left(\frac{\Delta \pi}{180} \right) * R \quad (2.24)$$

dimana :

Tc = Panjang tangen dari PI (Point of Intersection),

m = titik awal peralihan dari posisi lurus ke lengkung

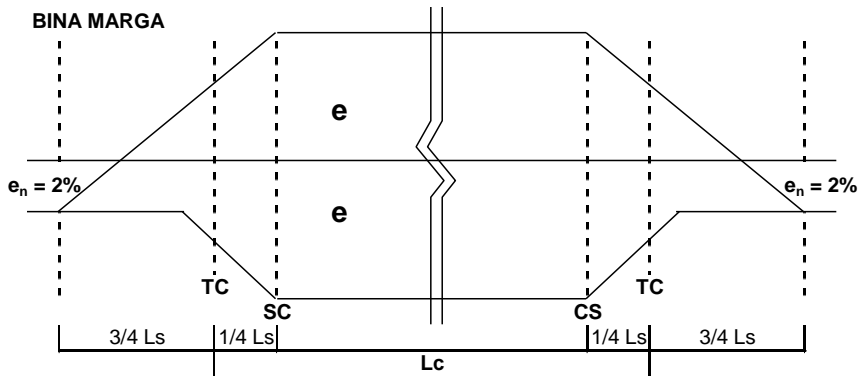
R = jari-jari alinemen horisontal, m

Δ = sudut alinemen horisontal, °

E = jarak dari PI ke sumbu jalan arah pusat lingkaran, m

L_c = panjang busur lingkaran, m

Berdasarkan rumusan diatas, tidak dijumpai adanya panjang lengkung peralihan. Padahal lengkung tersebut sangat penting pada alinemen horisontal. Karena bentuk lengkungnya adalah full circle, maka pencapaian superelevasi dilakukan pada bagian lurus dan lengkung. Sehingga lengkung peralihan pada lengkung full circle sering disebut panjang lengkung peralihan fiktif. Bina Marga menetapkan $3/4 L_s$ berada pada bagian lurus sisinya pada bagian lengkung. Bentuk diagram superelevasi Full Circle dengan as jalan sebagai sumbu putar dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10. Diagram superelevasi lengkung full circle

2. Lengkung busur lingkaran dengan lengkung peralihan (*spiral – circle – spiral*)

Lengkung *spiral – circle – spiral* pada umumnya digunakan jika nilai superelevasi $e \geq 3\%$ dan panjang $L_c > 25$ meter. Bentuk lengkung dapat dilihat pada gambar 2.11.

$$E = \frac{(R + p)}{\cos\left(\frac{1}{2}\Delta\right)} - R \quad (2.30)$$

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40 * R^2}\right) \quad (2.31)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 * R} \quad (2.32)$$

dimana :

θ_s = sudut spiral pada titik SC

L_s = panjang lengkung spiral

R = jari-jari alinemen horisontal, m

Δ = sudut alinemen horisontal, °

L_c = panjang busur lingkaran, m

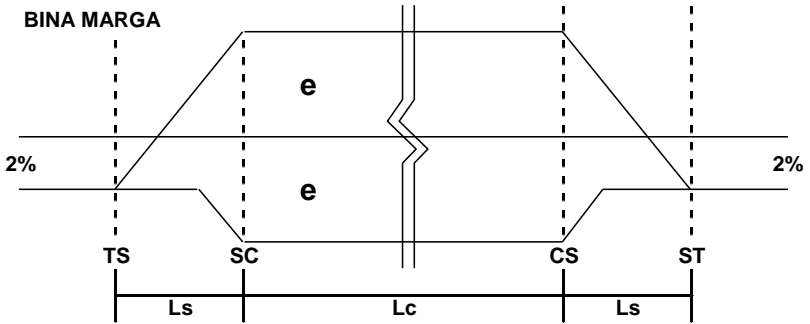
T_s = jarak titik T_s dari PI, m

= titik awal mulai masuk ke daerah lengkung

E = jarak dari PI ke sumbu jalan arah pusat lingkaran, m

X_s, Y_s = koordinat titik peralihan dari spiral ke circle (SC), m

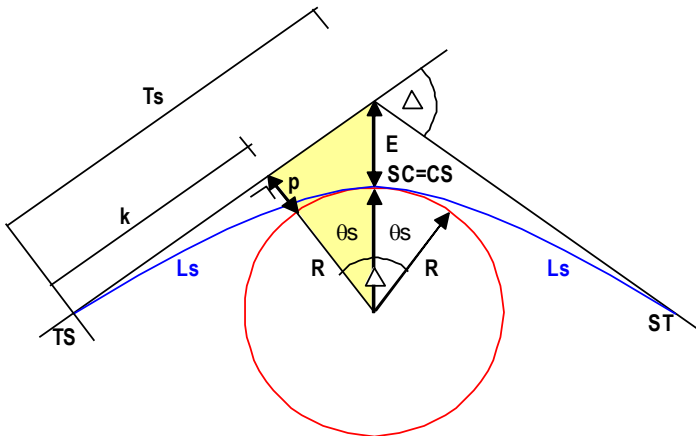
Bentuk diagram super-elevasi dapat dilihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.12. Diagram superelevasi lengkung spiral – circle – spiral

3. Lengkung peralihan (*spiral – spiral*)

Lengkung *spiral – spiral* pada umumnya digunakan jika nilai superelevasi $e \geq 3\%$ dan panjang $L_c \leq 25$ meter. Bentuk lengkung dapat dilihat pada gambar 2.16.



Gambar 2.13. Bentuk lengkung spiral – spiral

Parameter lengkung spiral – spiral :

$$\theta_s = \frac{1}{2} \Delta \quad (2.33)$$

$$p = \frac{L_s^2}{6R} - R(1 - \cos \theta_s) \quad (2.34)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40R^2} - R * \sin \theta_s \quad (2.35)$$

$$T_s = (R + p) * \operatorname{tg}(\theta_s) + k \quad (2.36)$$

$$E = \frac{(R + p)}{\cos \theta_s} - R \quad (2.37)$$

Besarnya L_s pada tipe lengkung ini adalah didasarkan pada landai relatif minimum yang disyaratkan (*Cara 2*). Bentuk matematisnya seperti pada persamaan 3.2, adalah :

$$L_{s_{\min imum}} = (e + e_n) * B * m_{maks}$$

dimana :

θ_s = sudut spiral pada titik SC=CS

L_s = panjang lengkung spiral

R = jari-jari alinemen horisontal, m

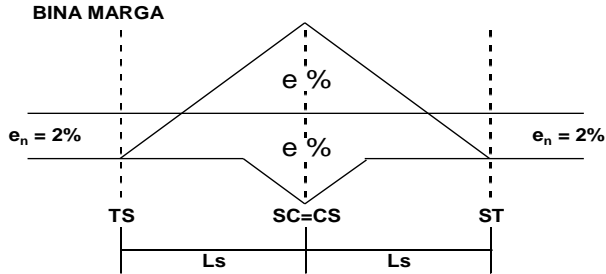
Δ = sudut alinemen horisontal, °

T_s = jarak titik T_s dari PI, m

= titik awal mulai masuk ke daerah lengkung

E = jarak dari PI ke sumbu jalan arah pusat lingkaran, m

Bentuk diagram super-elevasi dapat dilihat pada gambar 2.17.



Gambar 2.14. Diagram superelevasi lengkung spiral – spiral

2.3.6. Alinemen Vertikal

Alinyemen vertikal atau biasa juga disebut penampang melintang jalan didefinisikan sebagai perpotongan antara potongan bidang vertikal dengan badan jalan arah memanjang (Sukirman, 1994).

Perencanaan alinemen vertikal berkaitan erat dengan besarnya volume galian dan timbunan yang akan terjadi, oleh karena itu perencanaannya juga terkait dengan besarnya biaya konstruksi yang akan terjadi. Sebagai contoh, jalan yang cenderung mengikuti muka tanah asli akan menghasilkan volume galian dan timbunan yang relatif kecil sehingga mengakibatkan biaya yang ditimbulkan menjadi relatif murah.

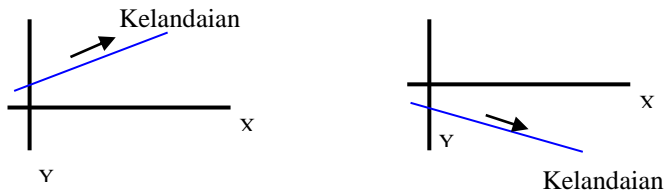
Elevasi muka jalan sebaiknya:

- Berada di atas elevasi permukaan tanah asli
- Berada di atas muka air banjir, pada daerah yang sering dilanda banjir.
- Dibuat dengan volume galian dan timbunan yang seimbang untuk minimalisasi biaya.
- Memperhatikan penurunan (settlement), pada tanah lunak.

- Memperhatikan perkembangan lingkungan

1. Kelandaian Jalan

Yang disebut kelandaian selalu dilihat dari kiri ke kanan bidang gambar. Agar lebih jelas, berikut ini adalah ilustrasi penentuan kelandaian jalan yang terlihat pada gambar 2.15.



Gambar 2.15. Ilustrasi Kelandaian Jalan

a. Landai Minimum

Kelandaian jalan merupakan faktor yang perlu diperhatikan dalam perencanaan alinemen vertikal. Kelandaian yang bagus bagi kendaraan tentunya adalah kelandaian yang tidak menimbulkan kesulitan dalam mengoperasikan kendaraan yaitu kelandaian 0% (datar). Namun, untuk keperluan drainase justru kelandaian yang tidak datar-lah yang lebih disukai. Beberapa panduan yang bisa diikuti dalam perencanaan kelandaian adalah sebagai berikut:

1. Untuk jalan-jalan di atas timbunan yang tidak memiliki kereb dan kemiringan melintang jalan sudah memadai untuk mengalirkan air, maka kelandaian “datar” sangat dianjurkan.
2. Untuk jalan-jalan di atas timbunan dan berada pada medan datar serta memiliki kereb, maka kelandaian 0.15%

dianjurkan untuk dipakai guna mengalirkan air menuju saluran samping atau inlet.

3. Untuk jalan-jalan di atas galian dan memiliki kereb dianjurkan untuk menggunakan kelandaian minimum sebesar 0.3%-0.5%.

b. Landai Maksimum

Selain memiliki batasan minimum, kelandaian juga memiliki batasan maksimum yang diijinkan. Hal ini terkait dengan masalah pengoperasian kendaraan, terutama kendaraan-kendaraan berat seperti truk. Pengaruh kelandaian terhadap pengoperasian kendaraan dapat berupa berkurangnya kecepatan kendaraan pada tingkat putaran mesin yang sama atau mulai digunakannya transmisi rendah (gigi rendah). Secara praktis, suatu nilai kelandaian masih diperkenankan bila kelandaian tersebut mengakibatkan kecepatan kendaraan lebih besar dari setengah nilai kecepatan rencana. Secara detil, batasan kelandaian maksimum menurut Bina Marga'90 dan AASHTO'90 ditunjukkan pada tabel 2.11.

Tabel 2.11. Kelandaian Jalan

Kecepatan Rencana (km/j)	Jalan Arteri Luar Kota (AASHTO'90)			Jalan Luar Kota (Bina Marga)	
	Datar	Perbukitan	Pegunungan	Kelandaian Maks Standar (%)	Kelandaian Maks Mutlak (%)
40				7	11
50				6	10
64	5	6	8		
60				5	9
80	4	5	7	4	8
96	3	4	6		
113	3	4	5		

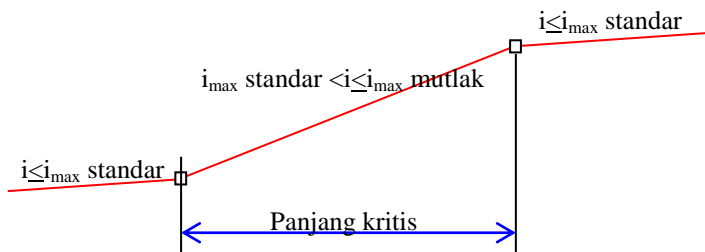
c. Panjang Kritis Kelandaian

Kelandaian maksimum standard yang ditunjukkan pada tabel 2.9 masih mungkin untuk dilampaui jika panjang ruas dengan sesuatu nilai gradien tidak melebihi panjang kritis yang yang diijinkan. Artinya, landai maksimum masih diperbolehkan sampai landai maksimum absolut asalkan panjangnya tidak melebihi nilai tertentu. Besarnya panjang kritis dapat dilihat pada tabel 2.12 dan gambar 2.16.

Tabel 2.12. Panjang Kritis

Kecepatan Rencana (km/j)											
80		60		50		40		30		20	
5%	500m	6%	500m	7%	500m	8%	420m	9%	340m	10%	250m
6%	500m	7%	500m	8%	420m	9%	340m	10%	250m	11%	250m
7%	500m	8%	420m	9%	340m	10%	250m	11%	250m	12%	250m
8%	420m	9%	340m	10%	250m	11%	250m	12%	250m	13%	250m

Penentuan panjang kritis berdasarkan pada pengurangan kecepatan kendaraan yang mencapai 30-50% kecepatan rencana dan kendaraan tersebut berjalan selama 1 menit.



Gambar 2.16. Ilustrasi Panjang Kritis

d. Lajur Pendakian

Pada jalan-jalan dengan kelandaian yang dilewati volume kendaraan yang cukup tinggi termasuk jenis kendaraan truk, maka pada jarak tertentu diperlukan lajur pendakian. Lajur pendakian dibuat untuk menghindari terjebaknya kendaraan yang lebih cepat di belakang kendaraan berat yang melaju lebih lambat.

2. Lengkung Vertikal

Bentuk Kurva yang mungkin untuk digunakan adalah sebagai berikut:

1. Circle (lingkaran)
2. Parabola

Namun demikian, bentuk parabola-lah yang direkomendasikan oleh Bina Marga untuk dipakai di Indonesia. Jika dilihat dari bentuknya, lengkung vertikal dibagi menjadi 2 macam, yaitu:

1. Lengkung Vertikal Cembung
2. Lengkung Vertikal Cekung

Kemungkinan bentuk lengkung vertikal parabola:

Tabel 2.13. lengkung vertical

No	g1	g2	E _v	Bentuk	Gambar
1	(-)	(+)	(-)	Cekung	
2	(-)	(-)	(-)	Cekung	
3	(+)	(+)	(-)	Cekung	
4	0%	(+)	(-)	Cekung	
5	(-)	0%	(-)	Cekung	
6	(+)	(-)	(+)	Cembung	
7	(+)	(+)	(+)	Cembung	

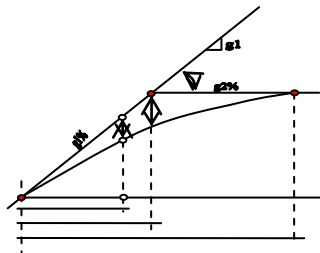
8	(-)	(-)	(+)	Cembung	
9	0%	(-)	(+)	Cembung	
10	(+)	0%	(+)	Cembung	

Persamaan umum lengkung

parabola adalah sebagai berikut:

$$Y=aX^2+bX+c$$

Bentuk kurva parabola lengkung vertical dapat dilihat pada gambar 2.17.



Gambar 2.17. Lengkung Vertikal

Titik PLV Peralihan Lengkung Vertikal

Titik PPV Pusat Perpotongan Vertikal

Titik PTV Peralihan Tangen Vertikal

Formula Lengkung Vertikal diturunkan dengan asumsi sebagai berikut:

- Panjang lengkung vertikal bukan merupakan panjang busur, tapi panjang proyeksi busur terhadap bidang datar.
- Perubahan garis singgung adalah konstan sebesar

$$\frac{d^2Y}{dx^2} = r \text{ (konstan).}$$

$$A = [g_1 - g_2] \quad (2.39)$$

A = perbedaan aljabar kelandaian

Ev=jarak vertikal titik PPV ke bagian lengkung di bawah/di atasnya.

$$\frac{d^2Y}{dx^2} = r \text{ (konstan).}$$

$$\frac{dY}{dx} = rx + C \Rightarrow x = 0 \rightarrow \frac{dY}{dx} = g_1 \rightarrow C = g_1$$

$$x = L \rightarrow \frac{dY}{dx} = g_2 \rightarrow rL + g_1 = g_2 \rightarrow r = \frac{(g_2 - g_1)}{L}$$

$$\frac{dY}{dx} = \frac{(g_2 - g_1)}{L} X + g_1$$

$$Y = \frac{(g_2 - g_1)}{L} \frac{X^2}{2} + g_1 X + C'$$

Karena pada salah satu titik $X=0$ menghasilkan $Y=0$, maka $C'=0$, sehingga rumus di atas akan menjadi:

$$Y = \frac{(g_2 - g_1) X^2}{L} + g_1 X \quad (2.40)$$

Dari gambar 2.25 di atas diperoleh:

$$(y+Y):(g_1 \cdot 0.5L) = x:0.5L$$

$$y+Y = g_1 x$$

$$g_1 x = Y + y$$

sehingga;

$$Y = \frac{(g_2 - g_1) X^2}{L} + Y + y$$

$$y = \frac{|g_1 - g_2|}{2L} X^2 \Rightarrow y = \frac{A}{200L} X^2, \text{ jika } A \text{ dinyatakan dalam persen}$$

untuk $x=0.5L$ dan $y=Ev$, maka:

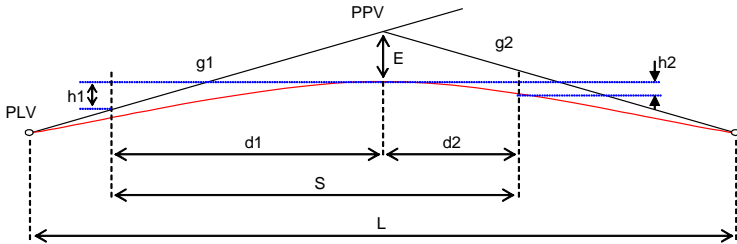
$$y = \frac{A}{200L} (0.5L)^2 \Rightarrow Ev = \frac{AL}{800} \quad (2.41)$$

1. Lengkung Vertikal Cembung

Perencanaan lengkung vertikal cembung didasarkan pada dua kondisi, yaitu:

- a. Jarak Pandangan berada di dalam daerah lengkung ($S < L$)
- b. Lengkung berada di dalam jarak pandangan ($S > L$)

a. Lengkung Vertikal Cembung dengan $S < L$



Gambar 2.18. Lengkung Vertikal Cembung $S < L$

$$y = \frac{A}{200L} X^2 \Leftrightarrow y = k.X^2, \text{ dimana } k = \frac{A}{200L}$$

$$y = k.X^2, (k = \text{konstanta})$$

$$y = Ev \rightarrow Ev = k(L/2)^2$$

$$y = h_1 \rightarrow h_1 = kd_1^2$$

$$y = h_2 \rightarrow h_2 = kd_2^2$$

Berapakah L ?

$$\frac{h_1}{Ev} = \frac{kd_1^2}{k \frac{1}{4} L^2}$$

$$\frac{h_2}{Ev} = \frac{kd_2^2}{k \frac{1}{4} L^2}$$

$$\frac{h_1}{Ev} = \frac{4d_1^2}{L^2}$$

$$\frac{h_2}{Ev} = \frac{4d_2^2}{L^2}$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{h_1 L^2}{4Ev}}$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{h_2 L^2}{4Ev}}$$

$$S = d_1 + d_2$$

$$S = \sqrt{\frac{h_1 L^2}{4Ev}} + \sqrt{\frac{h_2 L^2}{4Ev}}$$

$$Ev = \frac{AL}{800}$$

$$S = \sqrt{\frac{200h_1 L}{A}} + \sqrt{\frac{200h_2 L}{A}}$$

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

$$S^2 = \frac{100L}{A} (\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2$$

$$L = \frac{AS^2}{100(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}$$

Menurut Bina Marga, untuk desain berdasarkan Jarak Pandangan Henti, besarnya nilai h_1 diambil dari tinggi mata pengemudi yang terendah (terkritis) yaitu sebesar 120cm dan besarnya nilai h_2 diambil dari tinggi obyek penghalang yaitu sebesar 10cm. Sedangkan jika desain berdasarkan Jarak Pandangan Menyiap, besarnya h_2 diambil sebesar 120cm. Nilai ini sebenarnya bisa lebih besar lagi karena sebenarnya pengemudi masih bisa melihat tinggi atap kendaraan yang akan didahului. Namun untuk keamanan ditetapkan h_2 sebesar 120cm.

Jika JPH yang dipakai;
 $h_1=120\text{cm}$, $h_2=10\text{cm}$, maka

$$L = \frac{AS^2}{100(\sqrt{2 * 120} + \sqrt{2 * 10})^2}$$

$$L = \frac{AS^2}{399} = C^{-1}AS^2$$

Jika JPM yang dipakai;

$h_1=120\text{cm}$, $h_2=120\text{cm}$, maka

$$L = \frac{AS^2}{100(\sqrt{2 * 120} + \sqrt{2 * 120})^2}$$

$$L = \frac{AS^2}{960} = C^{-1}AS^2 \quad (2.42)$$

Nilai C adalah konstanta yang nilainya tergantung pada asumsi nilai h_1 dan h_2 serta Jarak Pandang yang dipakai. Beberapa nilai C menurut AASHTO'90 dan Bina Marga '90 berdasarkan JPM dan JPH ditunjukkan pada tabel 2.14.

Tabel 2.14. Nilai C Menurut AASHTO'90 dan Bina Marga '90 Berdasarkan JPM dan JPH

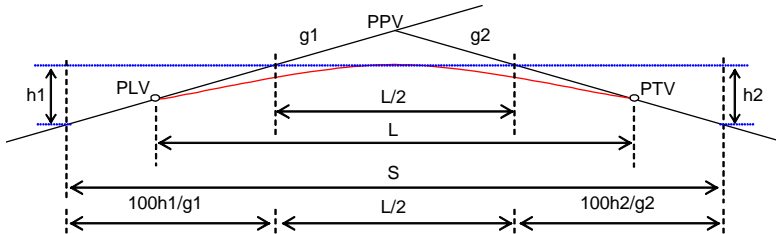
	AASHTO '90		Bina Marga '90	
	JPH	JPM	JPH	JPM
Tinggi Mata pengemudi (h_1) (m)	1.07	1.07	1.20	1.20
Tinggi obyek (h_2) (m)	0.15	1.30	0.10	1.20
Konstanta C	404	946	399	960

Keterangan:

JPH: Jarak Pandangan Henti

JPM: Jarak Pandangan Menyiap

b. Lengkung Vertikal Cembung dengan $S > L$



Gambar 2.19. Lengkung Vertikal Cembung $S > L$

$$S = \frac{1}{2}L + \frac{100h_1}{g_1} + \frac{100h_2}{g_2}$$

$$L = 2S - \frac{200h_1}{g_1} - \frac{200h_2}{g_2}$$

Panjang Lengkung minimum jika $dL/dg=0$, sehingga:

$$\frac{h_1}{g_1^2} - \frac{h_2}{g_2^2} = 0 \Leftrightarrow \frac{h_1}{g_1^2} = \frac{h_2}{g_2^2}$$

$$g_2 = g_1 \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$$

Karena A merupakan jumlah aljabar $g_1 + g_2$, maka:

$$A = g_1 + g_2$$

$$A = \left(\sqrt{\frac{h_2}{h_1}} + 1 \right) g_1$$

$$g_1 = \frac{A\sqrt{h_1}}{\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}}$$

$$g_2 = \frac{A\sqrt{h_2}}{\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}}$$

Sehingga:

$$L = 2S - \frac{200h_1(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})}{A\sqrt{h_1}} - \frac{200h_2(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})}{A\sqrt{h_2}}$$

$$L = 2S - \frac{200(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{A}$$

Jika menggunakan JPH, asumsi-asumsi yang dipakai adalah sebagai berikut:

$h_1=120\text{cm}$, $h_2=10\text{cm}$, maka;

$$L = 2S - \frac{200(\sqrt{120} + \sqrt{10})^2}{A}$$

$$L = 2S - \frac{399}{A}$$

$$L = 2S - \frac{C'}{A}$$

Jika menggunakan JPM, asumsi-asumsi yang dipakai adalah sebagai berikut:

$h_1=120\text{cm}$, $h_2=12\text{cm}$, maka;

$$L = 2S - \frac{200(\sqrt{120} + \sqrt{120})^2}{A}$$

$$L = 2S - \frac{960}{A}$$

$$L = 2S - \frac{C'}{A} \quad (2.43)$$

Beberapa nilai C' menurut AASHTO'90 dan Bina Marga '90 berdasarkan JPM dan JPH ditunjukkan pada tabel 2.14.

Dimensi panjang lengkung vertikal akan mempengaruhi proses pengaliran air (drainase) di tepi jalan tersebut. Untuk itu, selain adanya perhitungan dimensi panjang di atas, juga perlu diberikan batasan-batasan yang cukup untuk mengakomodasi keperluan drainasi jalan. Sebagai syarat drainase panjang lengkung vertikal diharapkan tidak melebihi nilai $50A$. ($L \leq 50A$).

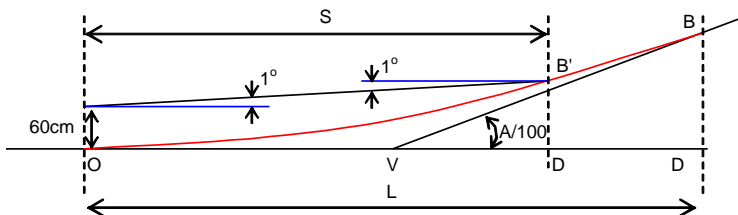
Selain syarat drainase, syarat lain yang harus diperhatikan dalam mendisain panjang lengkung vertikal adalah syarat kenyamanan yang besarnya tergantung pada kecepatan rencana. Lengkung vertikal cembung harus memenuhi syarat kenyamanan sebesar minimal dapat ditempuh dalam 3 detik perjalanan dengan menggunakan kecepatan rencana.

2. Lengkung Vertikal Cekung

Secara umum, lengkung vertikal cekung dibagi menjadi dua macam, yaitu;

- Berdasarkan penyinaran lampu kendaraan
- Jarak pandangan bebas di bawah jembatan

a. Lengkung Vertikal Berdasarkan Jarak Penyinaran Lampu ($S < L$)



Gambar 2.20. Lengkung Vertikal Cekung $S < L$

$$DB = \frac{A}{100} \frac{L}{2}$$

$$D'B' = \left(\frac{S}{L} \right)^2 DB$$

$$D'B' = \frac{S^2 A}{200L}$$

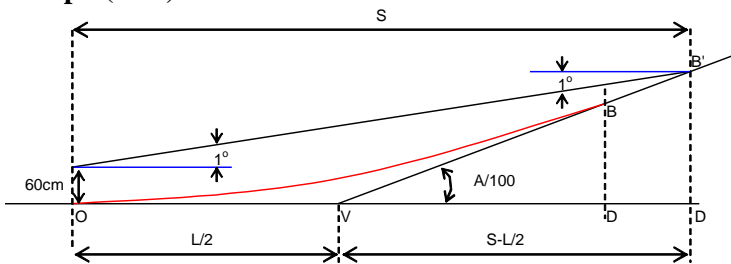
$$D'B' = 0.6 + S \operatorname{tg} 1^\circ$$

$$\operatorname{tg} 1^\circ = 0.0175$$

$$\frac{S^2 A}{200L} = 0.60 + S \operatorname{tg} 1^\circ$$

$$L = \frac{AS^2}{120 + 3.50S} \quad (2.44)$$

b. Lengkung Vertikal Berdasarkan Jarak Penyinaran Lampu ($S > L$)



Gambar 2.21. Lengkung Vertikal Cekung $S > L$

$$D'B' = \frac{A}{100} \left(S - \frac{L}{2} \right)$$

$$D'B' = 0.6 + S \operatorname{tg} 1^\circ$$

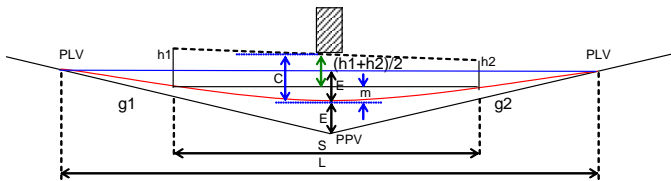
$$D'B' = 0.6 + 0.0175S$$

$$\frac{A}{100} \left(S - \frac{L}{2} \right) = 0.60 + 0.0175S$$

$$L = 2S - \frac{120 + 3.5S}{A} \quad (2.45)$$

c. Lengkung Vertikal Berdasarkan Jarak Pandangan Bebas di bawah Jembatan ($S < L$)

Asumsi: titik PPV berada tepat berada di bawah jembatan.



Gambar 2.22. Lengkung Vertikal Cekung $S < L$

$$\left(\frac{S}{L} \right)^2 = \frac{m}{E} \Leftrightarrow E = \frac{AL}{800}$$

$$\left(\frac{S}{L} \right)^2 = \frac{800m}{AL}$$

$$L = \frac{S^2 L}{800m} \Rightarrow m = \frac{S^2 A}{800L}$$

Jika C adalah jarak antara permukaan perkerasan dengan bagian terendah jembatan (clearance jembatan), maka:

$$m = C - \left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right)$$

$$\frac{S^2 A}{800L} = C - \left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right)$$

Selain berdasarkan pada pertimbangan jarak pandang dan jarak penyinaran lampu, persyaratan panjang lengkung vertikal cekung juga harus memenuhi beberapa persyaratan lain, yaitu:

1. Bentuk visual

Untuk mengurangi ketidaknyamanan pengemudi akibat adanya gaya sentrifugal dan gravitasi, maka panjang lengkung vertikal cekung tidak boleh kurang dari nilai L berikut:

$$L = \frac{AV^2}{380} \quad (2.48)$$

dimana:

V= kecepatan rencana, km/jam

A= perbedaan aljabar landai

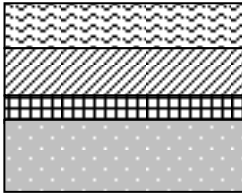
L= panjang lengkung vertikal cekung

2. Kenyamanan mengemudi

Untuk menghindari terlalu pendeknya panjang lengkung vertikal akibat perbedaan kelandaian yang terlalu kecil, maka panjang lengkung vertikal cekung disyaratkan minimal dapat ditempuh dalam 3 detik dengan menggunakan kecepatan rencana (≥ 3 detik perjalanan)

2.4. Perkerasan lentur

Perkerasan lentur (flexible pavement) ialah perkerasan yang umumnya menggunakan bahan campuran beraspal sebagai lapis permukaan serta bahan berbutir sebagai lapisan di bawahnya. Konstruksi perkerasan terdiri dari (terlihat pada gambar 2.24):



- a. Lapisan permukaan (surface)
- b. Lapisan pondasi atas (base)
- c. Lapisan pondasi bawah (subbase)
- d. Lapisan dasar (subgrade)

Gambar 2.24. Susunan lapisan konstruksi perkerasan lentur

Sumber : Petunjuk Perencanaan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen

2.4.1. Lapisan Permukaan (Surface Course)

Lapisan permukaan ialah bagian perkerasan yang terletak paling atas. Fungsi lapis permukaan antara lain:

1. Sebagai bahan perkerasan untuk menahan beban roda.
2. Sebagai lapis kedap air untuk melindungi badan jalan dari kerusakan akibat air
3. Sebagai lapisan aus (wearing course), yaitu lapisan yang langsung menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.

Bahan untuk lapisan permukaan umumnya adalah sama dengan bahan untuk lapis pondasi, dengan persyaratan yang lebih tinggi. Penggunaan bahan aspal diperlukan agar lapisan dapat bersifat kedap air, di samping itu bahan aspal sendiri memberikan bantuan tegangan tarik, yang berarti mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban roda lalu lintas.

2.4.2. Lapisan Pondasi Atas (Base Course)

Lapisan pondasi ialah bagian perkerasan yang terletak antara lapisan permukaan (surface course) dengan lapisan bawah (sub base course) atau dengan tanah dasar bila tidak menggunakan lapisan pondasi bawah. Fungsi lapisan pondasi antara lain:

1. Sebagai lapisan perkerasan yang menahan beban roda
2. Sebagai perletakan terhadap lapis permukaan

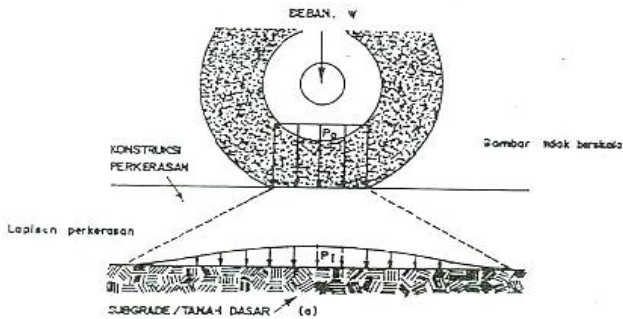
Ber macam-macam bahan alam/bahan setempat (CBR $\geq 50\%$, PI $\leq 4\%$) dapat digunakan sebagai bahan lapis pondasi, antara lain : batu pecah, kerikil pecah dan stabilitas tanah dengan semen atau kapur.

2.4.3. Lapisan Pondasi Bawah (Sub Base Course)

Lapisan pondasi bawah ialah bagian perkerasan yang terletak antara lapisan pondasi (base course) dan tanah dasar (subgrade). Fungsi lapisan pondasi bawah antara lain :

1. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda (terlihat pada gambar 2.28)
2. Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan-lapisan selebihnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).
3. Untuk mencegah tanah dasar masuk ke dalam lapis pondasi.
4. Sebagai lapis pertama agar pelaksanaan dapat berjalan lancar.

Ber macam-macam tipe tanah setempat (CBR $\geq 50\%$, PI $\leq 10\%$) yang relatif baik dari tanah dasar dapat digunakan sebagai bahan pondasi bawah.



Gambar 2.25. Penyebaran beban roda melalui lapisan perkerasan jalan

Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya, Silvia Sukirman

Keterangan : Pada Gambar 2.25 terlihat bahwa beban kendaraan dilimpahkan ke perkerasan jalan melalui bidang kontak roda berupa beban terbagi rata P_0 . Beban tersebut diterima oleh lapisan permukaan dan disebarkan ke tanah dasar menjadi P_1 yang lebih kecil dari daya dukung tanah dasar.

2.4.4. Lapisan Tanah Dasar (Sub Grade Course)

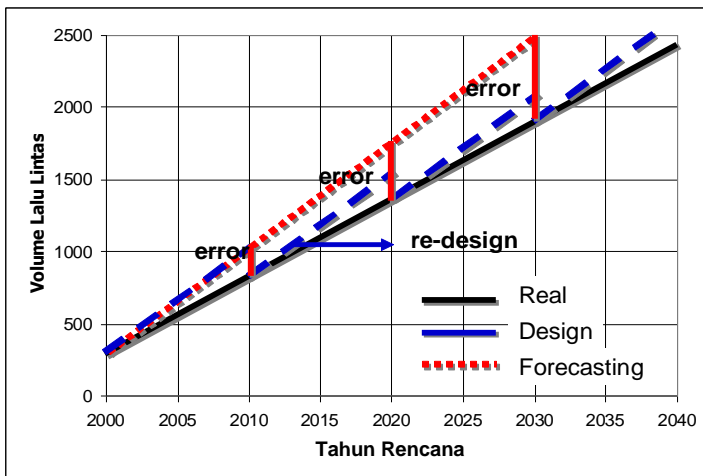
Lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya baik, tanah yang didatangkan dari tempat lain dan dipadatkan atau tanah yang distabilisasi dengan kapur atau bahan lainnya.

2.4.5. Umur Rencana

Umur rencana adalah jumlah waktu dalam tahun yang dihitung dari sejak jalan tersebut dibuka untuk lalu lintas

sampai diperlukan perbaikan besar atau perlu diberi lapis ulang. Umur rencana untuk jenis perkerasan lentur (flexible pavement) berdasarkan Metode Analisa Komponen dari Bina Marga adalah 5 sampai 10 tahun.

Penentuan umur rencana yang terlalu singkat (< 5 tahun) akan menyebabkan desain perkerasan terlalu tipis dan akan cepat rusak oleh beban lalu lintas. Sedangkan bila umur rencana terlalu lama (> 10 tahun) akan menyebabkan desain tebal perkerasan terlalu tebal sehingga konstruksi menjadi mahal, disamping itu juga menyebabkan tingkat ketelitian untuk perkiraan jumlah lalu lintas yang lewat sampai umur rencana juga menjadi kurang teliti (lihat Gambar 2.26. berikut).



Gambar 2.26. Penentuan Umur Rencana

2.4.6. Lalu Lintas Harian Rata-Rata

Volume lalu lintas harian rata-rata ini merupakan jumlah kendaraan untuk masing-masing jenisnya. Secara

umum jenis kendaraan yang berpengaruh terhadap tebal perkerasan dibagi menjadi 3 jenis, yaitu:

1. Truk atau kendaraan barang
2. Bus atau angkutan penumpang umum.
3. Mobil atau kendaraan pribadi.

Khusus untuk jenis kendaraan truk, masih dibagi menjadi beberapa type berdasarkan konfigurasi beban sumbunya (lihat juga tabel 2.14).

Data jumlah kendaraan tersebut dapat diketahui melalui survey traffic counting (survey perhitungan jumlah kendaraan dengan menggunakan alat counter yang biasanya dilakukan selama 24 jam).

Berdasarkan hasil survey tersebut, jumlah kendaraan dipisah berdasarkan masing-masing jenis dan tipe kendaraan seperti tersebut di atas.

Data tersebut merupakan data kendaraan saat ini, untuk perencanaan diperlukan jumlah kendaraan sampai umur rencana. Untuk memperkirakan jumlah kendaraan tersebut dipakai perumusan pertumbuhan sebagai berikut:

$$F = P(1+i)^n$$

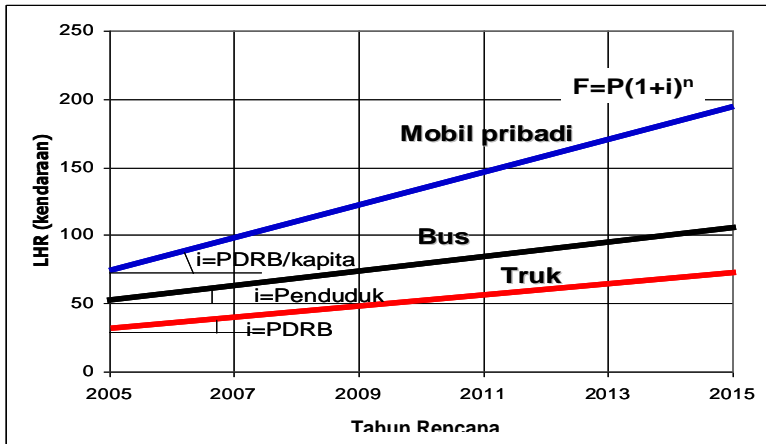
Dimana:

- F : jumlah kendaraan pada saat umur rencana
- P : jumlah kendaraan saat ini
- i : faktor pertumbuhan
- n : umur rencana

Untuk memperkirakan faktor pertumbuhan jumlah kendaraan dapat digunakan pendekatan sebagai berikut:

- a. Pertumbuhan truk atau angkutan barang dapat didekati dengan angka pertumbuhan ekonomi daerah (Product Domestic Regional Bruto – PDRB)

- b. Pertumbuhan bus atau angkutan umum penumpang dapat didekati dengan angka pertumbuhan penduduk
 - c. Pertumbuhan mobil penumpang dapat didekati dengan angka pertumbuhan perkapita income (PDRB per kapita).
- Secara skematis dapat digambarkan seperti pada gambar 2.30 berikut.



Gambar 2.27. Skematis Penentuan Angka Pertumbuhan Jumlah Kendaraan

Setelah diketahui jumlah kendaraan pada saat umur rencana tersebut kemudian dihitung besar lintas kendaraan yang disesuaikan dengan beban standar.

2.4.7. Kondisi Tanah Dasar

Disamping kondisi lalu lintas maka kondisi tanah dasar (sub grade) juga sangat mempengaruhi perhitungan tebal perkerasan. Kondisi tanah dasar yang dimaksud adalah daya dukung dari tanah dasar. Ukuran untuk menghitung daya dukung tanah dasar konstruksi jalan adalah hasil dari test California Bearing Ratio (CBR). California Bearing Ratio ialah suatu jenis test untuk mengukur daya dukung/ kekuatan

geser tanah atau bahan pondasi jalan dengan mencari besarnya gaya yang diperlukan untuk menekan piston kepermukaan tanah sedalam 0,1 inch (atau juga 0,2 inch). Harga CBR dapat dicari dengan dua cara yaitu langsung dari lapangan dan dari laboratorium.

Jika digunakan CBR lapangan maka pengambilan contoh tanah dasar dilakukan dengan tabung (undisturb), kemudian direndam (hal ini dilakukan karena pada kondisi terendam sebagai simulasi kondisi hujan, tanah tersebut mempunyai daya dukung yang paling rendah) dan diperiksa harga CBRnya. Dapat juga mengukur langsung di lapangan pada saat musim hujan.

CBR laboratorium biasanya dipakai untuk perencanaan pembangunan jalan baru. Sementara ini dianjurkan untuk memperkirakan daya dukung tanah dasar berdasarkan pengukuran nilai CBR. Harga yang mewakili dari sejumlah harga CBR yang dilaporkan, ditentukan sebagai berikut :

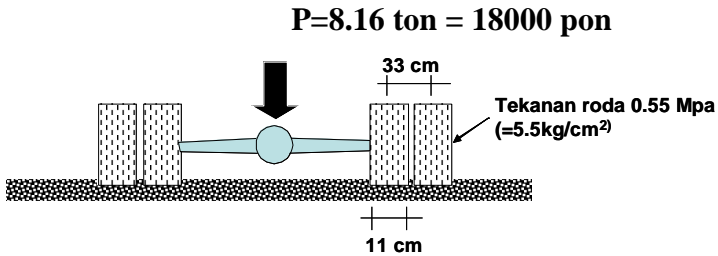
- 1) Ditentukan harga CBR terendah.
- 2) Ditentukan berapa banyak harga CBR yang sama dan lebih besar dari masing-masing nilai CBR.
- 3) Angka jumlah terbanyak dinyatakan sebagai 100 %, sedangkan jumlah lainnya merupakan prosentase dari 100%.
- 4) Dibuat grafik hubungan antara harga CBR dan prosentase jumlah tadi.
- 5) Harga CBR yang mewakili untuk pembuatan jalan ialah yang didapat dari angka prosentase 90% atau dari angka prosentase 75%.

2.4.8. Angka Ekuivalen Beban Sumbu

Angka ekuivalen beban sumbu adalah: angka yang menunjukkan jumlah lintasan dari sumbu tunggal seberat 8.16 ton (beban standar) yang akan menyebabkan kerusakan yang

sama atau penurunan indeks permukaan yang sama apabila kendaraan lewat satu kali.

Beban standar tersebut dapat dilihat pada gambar 2.28. berikut.



Gambar 2.28. Beban Standar 8.16 t

Besar Ekuivalen Beban Sumbu Standar ini dapat dirumuskan seperti tabel 2.15.

Tabel 2.15. Rumus Untuk Ekuivalen Beban Sumbu

Jumlah Sumbu	Konfigurasi Sumbu	Rumus
Tunggal	P ton	$\left(\frac{P}{8.16}\right)^4$
Tandem/Ganda	P ton	$0.086 \times \left(\frac{P}{8.16}\right)^4$
Tridem	P ton	$0.0148 \left(\frac{P}{8.16}\right)^{4.352}$






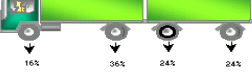
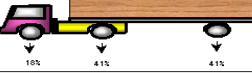
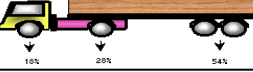
Berikut akan diberikan nilai ekivalen faktor kerusakan untuk beberapa besar beban sumbu dan jenis kendaraan yang tercatat dalam tabel 2.16 dan Tabel 2.17.

Tabel 2.16. Angka Ekivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Beban Sumbu		Angka Ekivalen	
Kg	Lb	Sumbu tunggal	Sumbu ganda
1.000	2.205	0,0002	-
2.000	4.409	0,0036	0,0003
3.000	6.614	0,0183	0,0016
4.000	8.818	0,0577	0,0050
5.000	11.023	0,1410	0,0121
6.000	13.228	0,2923	0,0251
7.000	15.432	0,5415	0,0466
8.000	17.637	0,9238	0,0794
8.160	18.000	1,0000	0,0860
9.000	19.841	1,4798	0,1273
10.000	22.046	2,2555	0,1940
11.000	24.251	3,3022	0,2840
12.000	26.455	4,6770	0,4022
13.000	28.660	6,4419	0,5540
14.000	30.864	8,6647	0,7452
15.000	33.069	11,4184	0,9820
16.000	35.276	14,7815	1,2712

Sumber : Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen Bina Marga

Tabel 2.17. Komposisi Roda dan Unit Ekuivalen 8,16 ton Beban As Tunggal

Konfigurasi Sumbu dan Type	Berat Kosong (Ton)	Berat Muatan Maksimum (Ton)	Berat Total Maksimum (Ton)	UE 18 KSAI KOSONG	UE 18 KSAI MAKSIMUM	
1.1 MP	1.5	0.5	2	0.0001	0.0004	
1.2 BUS	3	6	9	0.0037	0.3006	
1.2L Truck	2.3	6	8.3	0.0013	0.2174	
1.2H Truck	4.2	14	18.2	0.0143	5.0264	
1.22 Truck	5	20	25	0.0044	2.7416	
1.2+2.2 Trailer	6.4	25	31.4	0.0085	4.9283	
1.2-2 Trailer	6.2	20	26.2	0.0192	6.1179	
1.2-22 Trailer	10	32	42	0.0327	10.183	

Sumber : Dept.PU Bina Marga

2.4.9. Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Analisa Komponen

Ada 2 macam metode yang digunakan untuk menentukan tebal perkerasan jalan yaitu metode AASTHO

dan metode Bina Marga. metode Bina Marga dipilih karena metode ini telah disesuaikan dengan kondisi di Indonesia.

Perencanaan tebal perkerasan lentur menggunakan metode Bina Marga berdasarkan “Petunjuk Perencanaan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen“. Seperti telah dijelaskan sebelumnya, beberapa parameter yang berpengaruh dalam penentuan tebal perkerasan metode Bina Marga adalah lalu lintas harian rata-rata, angka ekivalen, lintas ekivalen permukaan, lintas ekivalen akhir, lintas ekivalen tengah, lintas ekivalen rencana, daya dukung tanah dasar, indeks permukaan, faktor regional, indeks tebal perkerasan dan tebal perkerasan.

1. Lintas Ekivalen Permukaan

Lintas Ekivalen Permukaan (LEP) adalah jumlah lintas ekivalen harian rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18000 lb) pada jalur rencana yang diduga terjadi pada permulaan umur rencana. Dihitung dengan menggunakan rumus :

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \times C_j \times E_j \quad (2.49)$$

Dimana: J = Jenis kendaraan
 E = Angka Ekivalen tiap jenis kendaraan
 C = Koefisien Distribusi Kendaraan
 (lihat tabel 2.18.)

Tabel 2.18. Koefisien Distribusi Kendaraan Pada Lajur Rencana

Jumlah lajur	Kendaraan Ringan (Berat total < 5 ton)		Kendaraan Berat (Berat total > 5 ton)	
	1 Arah	2 Arah	3 Arah	4 Arah
1 lajur	1,00	1,00	1,00	1,00
2 lajur	0,60	0,50	0,75	0,50
3 lajur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 lajur	-	0,30	-	0,450
5 lajur	-	0,25	-	0,425
6 lajur	-	0,20	-	0,400

Sumber : Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen Bina Marga.

2. Lintas Ekuivalen Akhir

Lintas Ekuivalen Akhir (LEA) adalah jumlah lintas ekuivalen harian rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18000 lb) pada jalur rencana yang diduga terjadi pada akhir umur rencana. LEA dihitung dengan rumus :

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1+i)^{\text{Umur rencana}} \times C_j \times E_j \quad (2.50)$$

3. Lintas Ekuivalen Tengah

Lintas Ekuivalen Tengah (LET) adalah jumlah lintas ekuivalen harian rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18000 lb) pada jalur rencana yang diduga terjadi pada pertengahan umur rencana. Untuk menghitung LET digunakan rumus :

$$LET = \frac{LEP + LEA}{2} \quad (2.51)$$

4. Lintas Ekivalen Rencana

Lintas Ekivalen Rencana (LER) ialah suatu besaran yang dipakai dalam nomogram penetapan tebal perkerasan untuk menyatakan jumlah lintas ekivalen sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18000 lb) pada jalur rencana. Perumusan menghitung LER ialah :

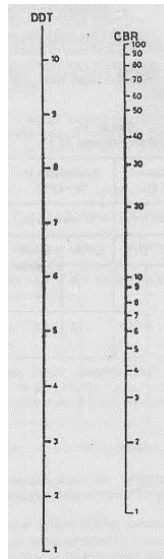
$$LER = LET \times FP \quad (2.52)$$

dimana :

$$FP(\text{Faktor Penyesuaian}) = \frac{\text{Umur Rencana}}{10}$$

5. Daya Dukung Tanah Dasar

Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) ialah suatu skala yang dipakai dalam nomogram penetapan tebal perkerasan untuk menyatakan kekuatan tanah dasar. Daya dukung tanah dasar (subgrade) pada perkerasan lentur dinyatakan dengan nilai CBR. Nilai DDT dapat dicari dengan menggunakan gambar korelasi DDT dan CBR pada gambar 2.29.



Gambar 2.29. Korelasi DDT dan CBR

Sumber: Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen Bina Marga

Catatan : Hubungkan nilai CBR dengan garis mendatar ke sebelah kiri hingga diperoleh nilai DDT.

6. Indeks Permukaan

Indeks Permukaan (IP) ialah suatu angka yang digunakan untuk menyatakan keratan/kehalusan serta kekokohan permukaan jalan bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat. Indeks Permukaan diperkenalkan oleh AASHTO yang diperoleh dari pengamatan kondisi jalan, meliputi kerusakan-kerusakan seperti retak-retak, alur-alur, lubang-lubang, lendutan pada lajur roda, kekasaran permukaan dan lain sebagainya yang terjadi selama umur jalan tersebut.

Adapun beberapa nilai IP beserta artinya ialah seperti yang tersebut dibawah ini :

IP = 1,0 : menyatakan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu lintas kendaraan.

IP = 1,5 : tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus).

IP = 2,0 : tingkat pelayanan rendah bagi jalan yang masih mantap.

IP = 2,5 : menyatakan permukaan jalan masih cukup stabil dan baik.

Untuk menentukan nilai IP pada akhir umur rencana perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah Lalu Lintas Rencana (LER) seperti dicantumkan pada tabel 2.19.

Tabel 2.19. Indeks Permukaan pada Akhir Umur Rencana (IPt)

LER	Klasifikasi Jalan			
	lokal	kolektor	arteri	Tol
< 10	1,0	1,5	1,5 –	-
10 –	1,5	1,5 – 2,0	2,0	-
100	1,5 –	2,0	2,0	-
100 –	2,0	2,0 – 2,5	2,0 –	2,5
1000	-		2,5	
> 1000			2,5	

Sumber : Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen Bina Marga

Pada proyek-proyek penunjang jalan, JAPAT (Jalan Padat Tahan Cuaca)/ Jalan Murah, atau jalan darurat maka IP dapat diambil 1,0.

Dalam menentukan IP pada awal umur rencana perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan (kerataan/ kehalusan

serta kekokohan) pada awal umur rencana seperti yang dicantumkan pada tabel 2.20.

Tabel 2.20. Indeks Permukaan pada Awal Umur Rencana (IPo)

Jenis Lapis Perkerasan	IPo	Roughness (mm/km)
LASTON	≥ 4	≤ 1000
	3,9 – 3,5	> 1000
LASBUTAG	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
HRA	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
BURDA	3,9 – 3,4	< 2000
BURTU	3,4 – 3,0	< 2000
LAPEN	3,4 – 3,0	≤ 3000
	2,9 – 2,5	> 3000
LATASBUM	2,9 – 2,5	
BURAS	2,9 – 2,5	
LATASIR	2,9 – 2,5	
JALAN	$\leq 2,4$	
TANAH	$\leq 2,4$	
JALAN KERIKIL		

Sumber : Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen Bina Marga

7. Faktor Regional

Faktor Regional (FR) ialah faktor setempat, menyangkut keadaan lapangan dan iklim, yang dapat mempengaruhi keadaan pembebanan, daya dukung tanah

	Kelandaian I (< 6%)		Kelandaian II (6-10%)		Kelandaian III (> 10%)	
	% Berat kendaraan		% Berat kendaraan		% Berat Kendaraan	
	≤ 30%	>30%	<30%	>30%	≤30%	>30%
Iklm I <900 mm/th	0,5	1,0 - 1,5	1,0	1,5 - 2,0	1,5	2,0 - 2,5
Iklm II >900 mm/th	1,5	2,0 - 2,5	2,0	2,5 - 3,0	2,5	3,0 - 3,5

dasar dan perkerasan. Nilai Faktor Regional (FR) didapat berdasarkan klasifikasi tanah yang ada pada tabel 2.21.

Tabel 2.21. Faktor Regional (FR)

Sumber : Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen Bina Marga

Keterangan : Iklm I<900mm/th maksudnya curah hujan yang terjadi selama 1 tahun di bawah 900mm.

Pada bagian jalan tertentu, seperti persimpangan, pemberhentian atau tikungan tajam (jari-jari 30 m) FR ditambah dengan 0,5. Pada daerah rawa-rawa FR ditambah dengan 1,0.

8. Indeks Tebal Perkerasan

Indeks Tebal Pakerasan (ITP) ialah suatu angka yang berhubungan dengan penentuan tebal perkerasan jalan yang nilainya didapat dengan nomogram pada gambar 2.33. sampai dengan gambar 2.41. Untuk harga LER>10.000 nilai ITP diperoleh dengan persamaan :

$$\text{Log } W_{t18} = 9,36 \text{Log} \left(\frac{ITP}{2,54} + 1 \right) - 0,2 + \frac{Gt}{0,40 + \frac{1094}{\left(\frac{ITP}{2,54} + 1 \right)^{5,19}}} + \text{Log} \frac{1}{FR} + 0,372 \left(\frac{DDT}{1,2} - 3 \right)$$

..... (2.53)

$$W_{t18} = \text{LER} \times \text{Umur Rencana} \times 365$$

..... (2.54)

$$Gt = \text{Log} \left[\frac{IPo - IPt}{IPo - 1,5} \right]$$

..... (2.55)

Dimana :

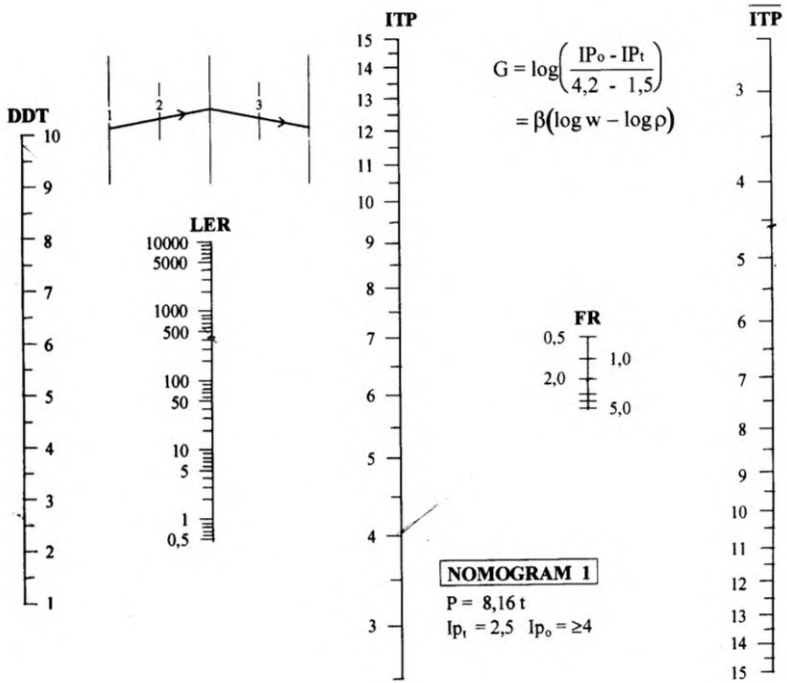
W_{t18} = Beban lalu lintas selama umur rencana atas dasar sumbu tunggal 18000 pon yang telah diperhitungkan terhadap faktor regional.

Gt = Fungsi logaritma dari perbandingan antara kehilangan tingkat pelayanan dari $IP = Ipo$ sampai $IP = Ipt$ dengan kehilangan tingkat pelayanan dari Ipo sampai $Ipt = 1,5$.

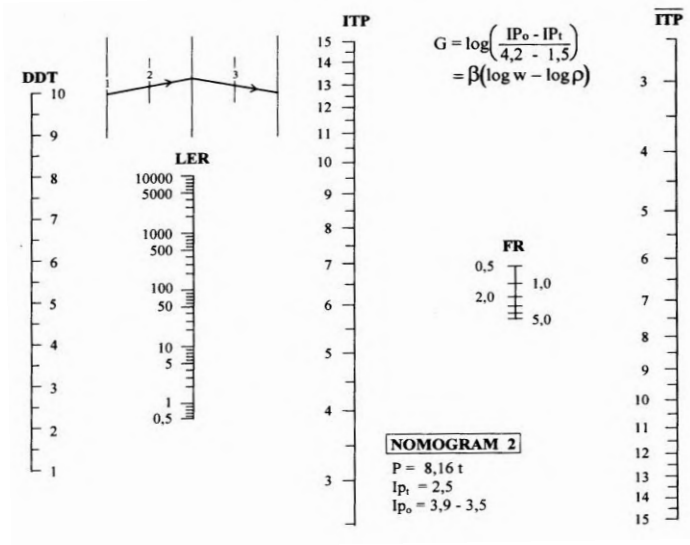
ITP = Indeks Tebal Perkerasan

DDT = Daya Dukung Tanah

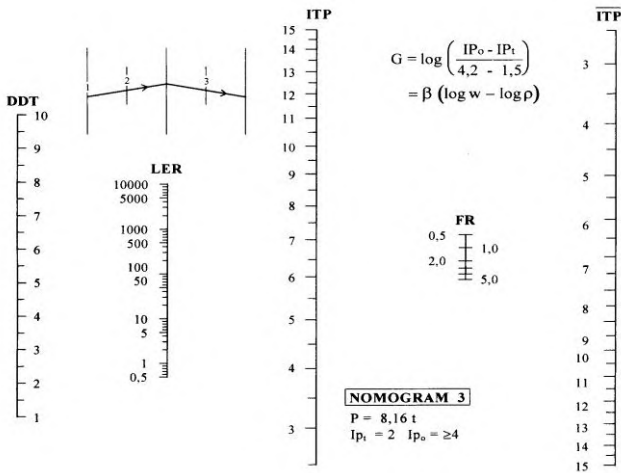
FR = Faktor Regional



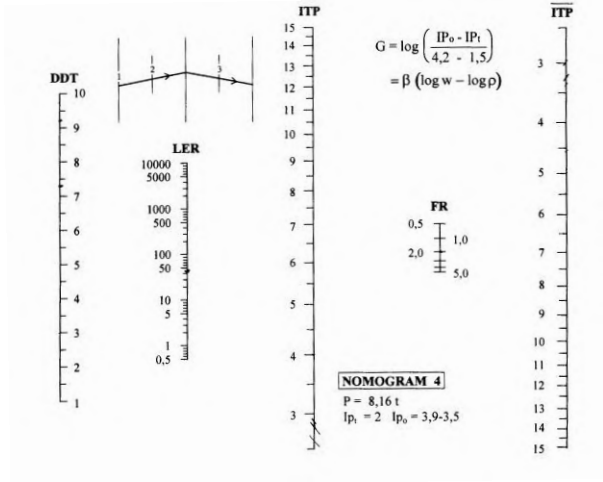
Gambar 2.30. Nomogram 1



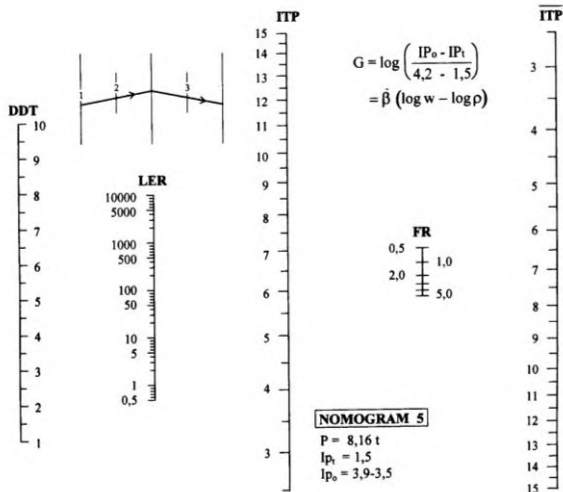
Gambar 2.31. Nomogram 2



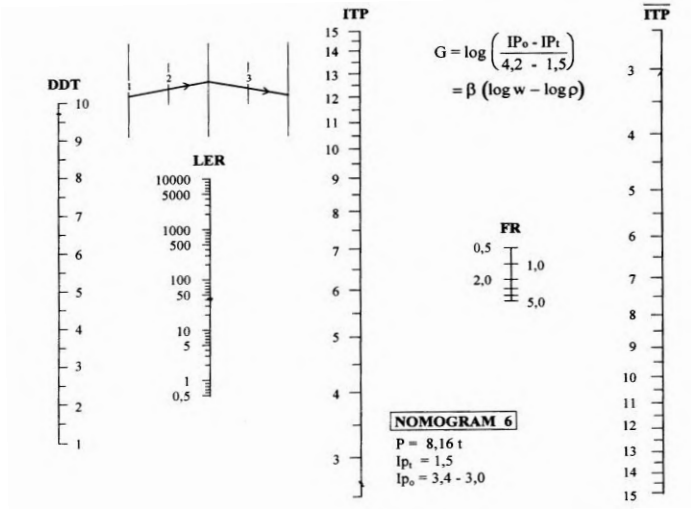
Gambar 2.32. Nomogram 3



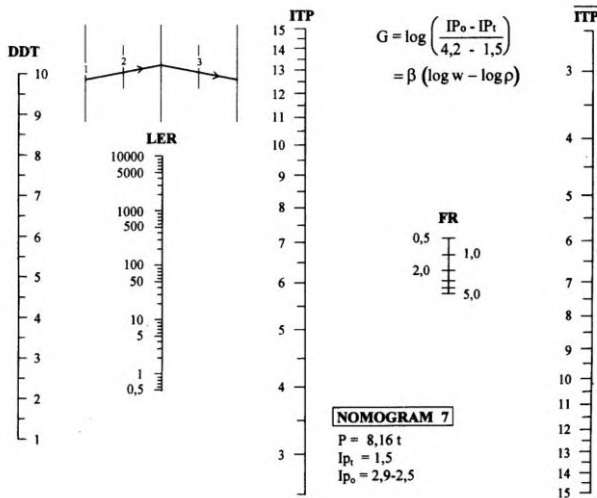
Gambar 2.33. Nomogram 4



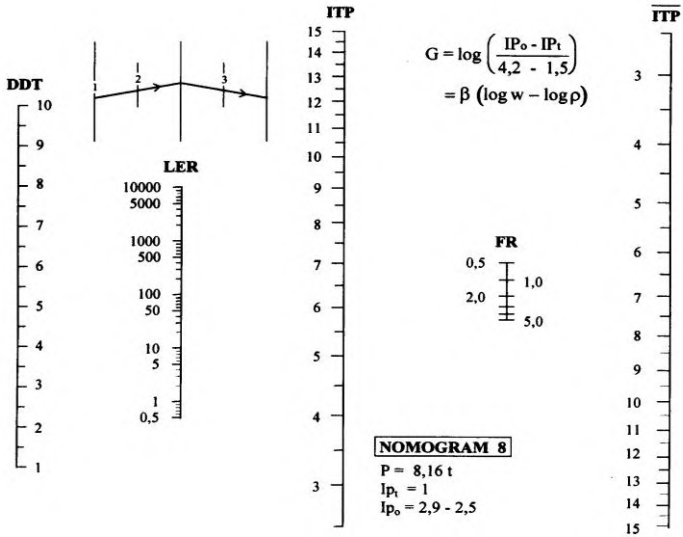
Gambar 2.34. Nomogram 5



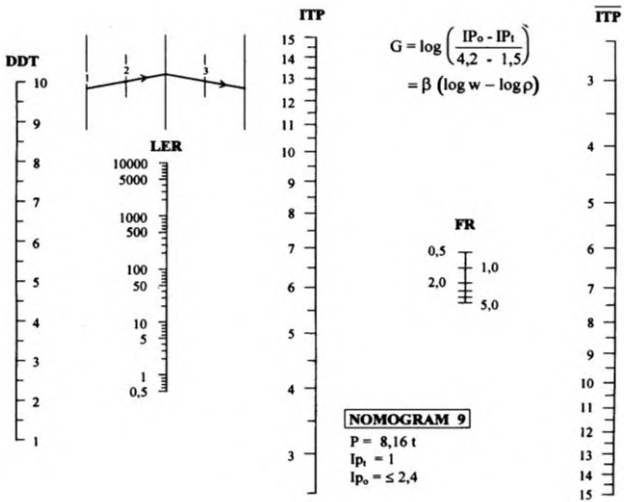
Gambar 2.35. Nomogram 6



Gambar 2.36. Nomogram 7



Gambar 2.37. Nomogram 8



Gambar 2.38. Nomogram 9

9. Tebal Perkerasan

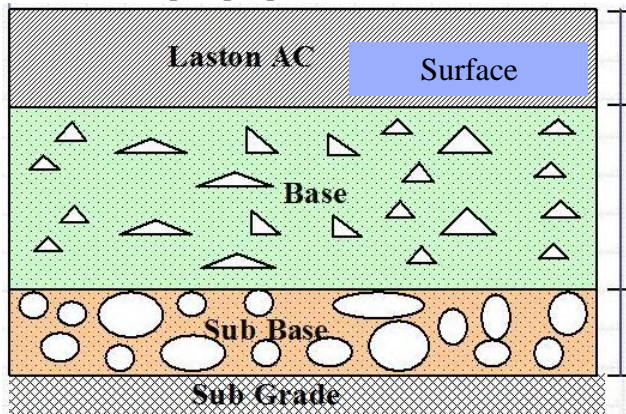
Dalam menentukan tebal perkerasan digunakan perumusan sebagai berikut:

$$\text{ITP} = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3 \quad (2.56)$$

Dimana:

$A_{1,2,3}$ = Koefisien kekuatan relatif permukaan, lapis pondasi dan pondasi bawah.

$D_{1,2,3}$ = Tebal tiap-tiap lapisan



Gambar 2.39. Susunan Lapis Perkerasan Jalan

Sumber : Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen Bina Marga

Koefisien kekuatan relatif (a) masing-masing bahan dan kegunaannya sebagai lapis permukaan, pondasi, dan pondasi bawah ditentukan secara korelasi sesuai nilai Marshall Test (untuk bahan dari aspal), kuat tekan (untuk bahan yang distabilisasi dengan semen atau kapur) atau CBR (untuk bahan dari lapis pondasi bawah). Nilai koefisien kekuatan relatif (a) ditunjukkan pada tabel 2.22.

Tabel 2.22. Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
A1	A2	A3	MS (kg)	Kt (Kg/cm)	CBR (%)	
0.40	-	-	744	-	-	Laston
0.35	-	-	590	-	-	
0.32	-	-	454	-	-	
0.30	-	-	340	-	-	
0.35	-	-	744	-	-	Lasbutag
0.31	-	-	590	-	-	
0.28	-	-	454	-	-	
0.26	-	-	340	-	-	
0.30	-	-	340	-	-	HRA
0.26	-	-	340	-	-	Aspal Macadam
0.25	-	-	-	-	-	Lapen(mekanis)
0.20	-	-	-	-	-	Lapen(manual)
-	0.28	-	590	-	-	Laston Atas
-	0.26	-	454	-	-	
-	0.24	-	340	-	-	
-	0.23	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
-	0.19	-	-	-	-	Lapen(manual)
-	0.15	-	-	22	-	Stab. Tanah dengan semen
-	0.13	-	-	18	-	
-	0.15	-	-	22	-	
-	0.13	-	-	18	-	Stab. Tanah dengan kapur
-	0.14	-	-	-	100	
-	0.13	-	-	-	80	
-	0.12	-	-	-	60	Batu Pecah (kelas A)
-	-	0.13	-	-	70	Batu Pecah (kelas B)
-	-	0.12	-	-	50	Batu Pecah (kelas C)
-	-	0.11	-	-	30	Sirtu/ pitrum (kelas A)
-	-	0.10	-	-	20	Sirtu/ pitrum (kelas B)
-	-	0.10	-	-	20	Sirtu/ pitrum (kelas C)
						Tanah/ lempung kepasiran

Sumber : Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen Bina Marga

Batasan-batasan minimum Tebal Lapisan Perkerasan :

1. Lapis Permukaan; tebal minimum (tercatat dalam tabel 2.23) dari lapis permukaan jalan tergantung dari nilai Indeks Tebal Perkerasan (ITP).

Tabel 2.23. Minimum Lapis Permukaan

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	5	Lapis pelindung: (Buras, Burtu, Burda)
3,00 – 6,70	5	
6,71 – 7,49	7,5	Lapen/ aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
7,50 – 9,99	7,5	
≥ 10	10	Lapen/ aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston Lasbutag, Laston Laston

Sumber: Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen Bina Marga

2. Lapis Pondasi; tebal minimum (lihat Tabel 2.24) dari lapis pondasi jalan tergantung dari nilai Indeks Tebal Perkerasan (ITP).

Tabel 2.24 Tebal Minimum Lapis Pondasi

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
<3.00	15	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen,
3.00 – 7.49	20*)	stabilisasi tanah dengan kapur
	10	Batu pecah, stabilisasi

7.50 – 9.99	20	tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur
10 – 12.14	15	Laston atas
	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam Laston atas
≥ 12.25	25	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas. Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas.

Sumber : Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen Bina Marga

*) Batas 20 cm tersebut dapat diturunkan menjadi 15 cm bila untuk pondasi digunakan material berbutir kasar.

3. Lapis Pondasi Bawah; untuk setiap nilai Indeks Tebal Perkerasan (ITP) bila digunakan untuk pondasi bawah, tebal minimum 10 cm.

2.5. Perencanaan Drainase

Dengan adanya drainase permukaan diharapkan dapat mengendalikan air hujan yang jatuh pada permukaan jalan dengan cepat mengalir ke sistem drainase. Acuan yang digunakan dalam perencanaan drainase adalah Tata Cara

Perencanaan Drainase Jalan SNI 03-3424-1994 sebagai berikut :

1. Pembuatan Sistem Drainase

Permukaan perkerasan jalan dibuat dengan kemiringan tertentu dengan tujuan agar air hujandapat mengalir dari perkerasan menuju ke drainase.

2. Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi yang dihitung terdiri dari :

1. Data Curah Hujan
2. Periode Ulang
3. Lama waktu Curah Hujan
4. Waktu Kosentrasi (T_c)

3. Analisa Debit Drainase

Debit aliran adalah jumlah air yang mengalir yang masuk ke dalam ksaluran tepi, yang dapat dihitung dengan metode brasional.

a. Luas Daerah Pengaliran

Luas daerah pengaliran batasnya tergantung dari daerah pembebasan daerah sekelilingnya.

b. Perhitungan Intensitas Curah Hujan

Dalam perhitungan intensitas curah hujan (I) digunakan analisa distribusi frekuensi dengan rumus :

$$R_t = R_t = R + \frac{S_r}{S_n} (Y_t + Y_n)$$

$$R_t = \sqrt{\frac{\sum (R_1 - R_2)^2}{n}}$$

$$\text{Maka : } I = \frac{90\% \cdot R_t}{4}$$

Keterangan :

R_t = Besarnya curah hujan untuk periode ulang T tahun ($\frac{mm}{jam}$)

- \bar{R} = Tinggi hujan maksimum rata – rata
 Y_t = Variasi yang merupakan fungsi periode ulang (lihat table)
 Y_n = Nilai yang tergantung pada (nilai tabel)
 S_n = Standart Deviasi yang merupakan fungsi dari nilai n (lihat tabel)

4. Dimensi Saluran Tepi

Bentuk saluran tepi dipilih berdasarkan pertimbangan – pertimbangan antara lain :

- Kondisi tanah dasar
- Kecepatan aliran
- Dalam atau dangkalnya kedudukan air tanah

Pada umumnya saluran tepi dibuat mengikuti kelandaian jalan.

2.6. Stabilitas Tanah

Dalam melaksanakan penimbunan, kita tidak bisa sesukanya menimbun setinggi-tingginya. Apabila timbunan tersebut terlalu tinggi, maka akan muncul permasalahan baru, yaitu longsor atau sliding. Oleh karena itu salah satu solusi agar timbunan tidak longsor adalah pelaksanaan penimbunan tanah dilakukan secara bertahap. Apabila demikian maka kita harus mengetahui tinggi timbunan maksimum yang masih tergolong aman terhadap sliding.

$$H_{\max} = \frac{5,3 \text{ Cu}}{(SF) \gamma t}$$

S.F = Safety Factor = 1,5

DH 0,5 M → untuk Jalan Trans. DH = 0,5 M
 untuk Jalan Utama DH = 1,0 M

Dinding penahan tanah ini berfungsi untuk menyokong tanah serta mencegah dari bahaya kelongsoran.

Baik akibat dari beban air hujan, berat tanah itu sendiri maupun akibat beban yang bekerja di atasnya. Struktur bangunan ini untuk menahan tekanan tanah lateral tanah ketika terdapat perubahan elevasi tanah yang melampaui sudut dalam tanah. Factor penting dalam tembok penahan tanah adalah mengusahakan agar tembok penahan tanah tidak bergerak ataupun tanahnya longsor akibat dari gravitasi.

Tekanan tanah lateral dibelakang dinding penahan tanah bergantung pada sudut geser dalam tanah (ϕ) dan kohesi (c). Tekanan lateral meningkat dari atas sampai ke bagian paling bawah pada tembok penahan tanah. Jika tidak direncanakan dengan baik, tekanan tanah akan mendorong tembok penahan tanah sehingga menyebabkan kegagalan konstruksi serta kelongsoran. Di kebanyakan proses konstruksi, terkadang diperlukan perubahan penampang permukaan tanah dengan suatu cara menghasilkan permukaan vertikal atau yang dekat dengan permukaan vertikal tersebut (Whitlow, 2002). Jika struktur tembok penahan tanah telah didukung dengan material lain sehingga bergerak mendekati ke tanah, maka tekanan horizontal dalam tanah akan meningkat, hal ini disebut tekanan pasif.

2.7. Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya merupakan perencanaan yang diperlukan untuk membiayai pelaksanaan hasil perencanaan suatu proyek. Perkiraan biaya tersebut didapat dengan menjumlahkan hasil perkalian antara harga satuan masing-masing pekerjaan dengan volume masing-masing pekerjaan. Perhitungan rencana anggaran biaya pada proyek akhir ini mengacu pada HSPK wilayah setempat. Volume pada tiap komponen gambar detail akan dihitung agar dapat menentukan rencana anggaran biaya yang diperlukan untuk pelaksanaan rencana jalan jalur selatan ini.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

Metodologi suatu perencanaan jalan adalah cara dan urutan kerja suatu perhitungan untuk mendapatkan hasil dari trase jalan, lebar jalan, tebal perkerasan, dan dimensi saluran yang dibutuhkan.

Metodologi yang digunakan untuk menyelesaikan proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

3.1. Pengumpulan data

Untuk mendapatkan hasil yang optimal dalam penulisan proyek akhir, dilakukan pengumpulan data – data serta sumbernya sebagai berikut:

1. Peta lokasi : Bakorsultanal Teknik Geomatika – ITS.
2. LHR : Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Pemprov Jawa timur
3. CBR tanah dasar : Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Pemprov Jawa timur
4. Curah Hujan : Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Pemprov Jawa timur

3.2. Pengolahan Data

Data yang didapat dari beberapa instansi tersebut kemudian diolah agar mendapatkan data jadi. Adapun beberapa pengolahan data yang dilakukan adalah :

3.2.1. Pengolahan data lalu lintas

Data lalu lintas yang berupa LHR dianalisa untuk mendapatkan tingkat pertumbuhan kendaraan baik pertumbuhan rata-rata maupun pertumbuhan tiap jenis kendaraan sampai dengan akhir umur rencana. Dengan angka pertumbuhan kendaraan didapatkan data kapasitas kendaraan yang diperlukan untuk merencanakan pelebaran jalan. Sedangkan untuk perkerasan jalan diperlukan data-data beban

kendaraan, yaitu : beban yang berkaitan dengan beban sumbu kendaraan, volume lalu lintas, pertumbuhan lalu lintas dan konfigurasi roda.

3.2.2. Pengolahan data CBR tanah dasar

Analisa tanah dasar dilakukan untuk mengetahui besarnya daya dukung tanah dasar karena mutu dan daya tahan suatu konstruksi perkerasan tidak lepas dari sifat tanah dasar. Pada analisa ini diperlukan data CBR dari beberapa tempat sehingga didapatkan nilai CBR rencana. Dengan CBR rencana ini akan didapatkan daya dukung tanah dasar yang dinyatakan dengan modulus reaksi tanah dasar.

3.2.3. Pengolahan data curah hujan

Digunakan untuk perencanaan besarnya debit limpasan yang terjadi pada suatu Catchment Area, dimana besarnya debit untuk menghitung dimensi saluran drainase jalan. Data curah hujan diambil dari stasiun hujan terdekat dengan lokasi studi.

3.3. Perhitungan Kapasitas Jalan

Untuk melakukan tahap perhitungan kapasitas jalan digunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia. Adapun pokok bahasan yang digunakan adalah analisa ruas jalan luar kota. Pada analisa tersebut hasil yang diperoleh adalah derajat kejenuhan. Derajat kejenuhan adalah ratio arus terhadap kapasitas yang digunakan sebagai faktor kunci dalam penentuan perilaku lalu lintas pada suatu simpang dan juga segmen jalan tersebut layak digunakan atau tidak. Derajat kejenuhan ini diberi batasan $\leq 0,75$ (dalam kota), apabila melebihi maka dianggap jalan tidak mampu lagi menampung arus lalu lintas sehingga rencana jalan perlu diperlebar.

3.4. Perencanaan Geometrik Jalan

Pada tahap ini sebagian besar perencanaan mengacu pada peta lokasi studi dan peta kontur. Adapun perencanaan yang dilakukan adalah :

3.4.1. Perencanaan Trase

Perencanaan trase ini ditarik atau digambar dari titik awal sampai titik terakhir rencana jalan. Titik awal rencana jalan berada pada desa Karanggongso dan titik akhir berada pada desa Ketawang. Pada perencanaan ini dibuat 3 alternatif trase. Trase terpilih akan dibagi menjadi 2 tahap perencanaan dimana pada tugas akhir ini hanya menghitung dan menjelaskan tahap 1.

3.4.2. Jarak pandang

Jarak pandangan dihitung untuk keperluan alinemen horisontal dan vertikal. Adapun cara perhitungan jarak pandangan telah dijelaskan pada subbab 2.4.

3.4.3. Alinemen horisontal

Tahap perhitungan alinemen horisontal dilakukan setelah trase sudah terpilih. Adapun cara perhitungan alinemen horisontal telah dijelaskan pada subbab 2.7.

3.4.4. Alinemen vertikal

Alinemen vertikal direncanakan untuk memperkecil jumlah timbunan atau galian. Perencanaan alinemen vertikal ini mengacu pada potongan memanjang jalan. Adapun cara perhitungan alinemen vertikal telah dijelaskan pada subbab 2.8.

3.5. Perencanaan Konstruksi Perkerasan Lentur

Pada tahap perencanaan perkerasan ini digunakan metode analisa komponen Bina Marga. Pada awal tahap ini mengacu pada hasil pengolahan data cbr yang telah dilakukan

pada tahap sebelumnya. Kemudian tebal perkerasan akan didapat melalui proses perhitungan lalu-lintas sesuai umur rencana dan menggambar garis pada nomogram.

3.6. Perencanaan Drainase

Proses analisa perhitungan perencanaan drainase mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) No: 03-3424-1994. Data yang digunakan untuk perencanaan drainase tersebut adalah data curah hujan.

3.7. Gambar Rencana

Pada tahap ini gambar rencana berupa gambar dari hasil perhitungan perencanaan jalan dan perencanaan drainase. Pembuatan gambar rencana dapat dilakukan setelah selesainya analisa perencanaan jalan. Gambar rencana dibuat dengan detail untuk memudahkan proses pelaksanaan pekerjaan dilapangan.

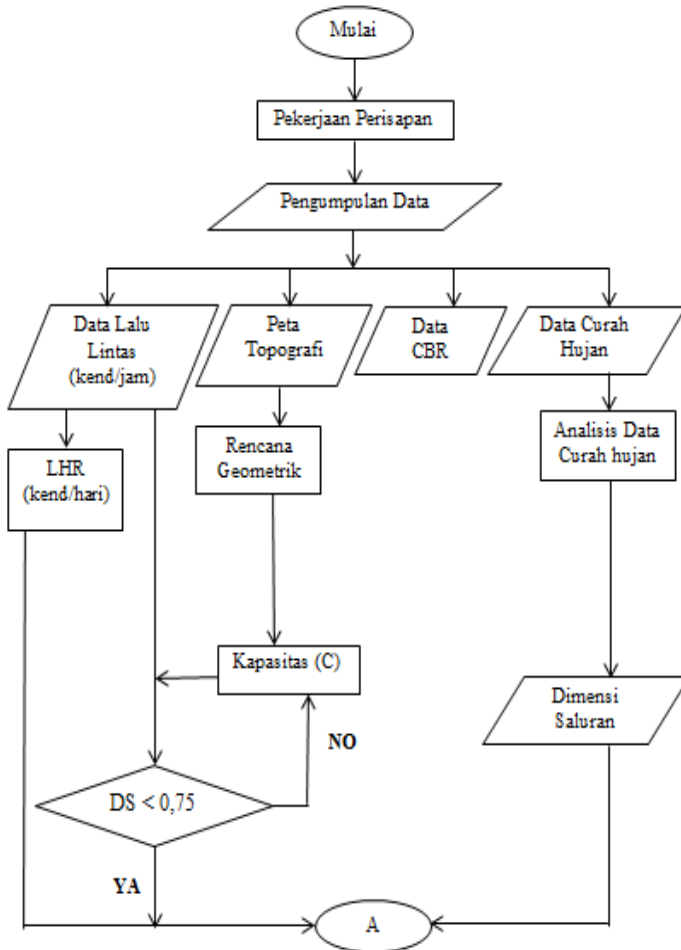
3.8. Perencanaan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

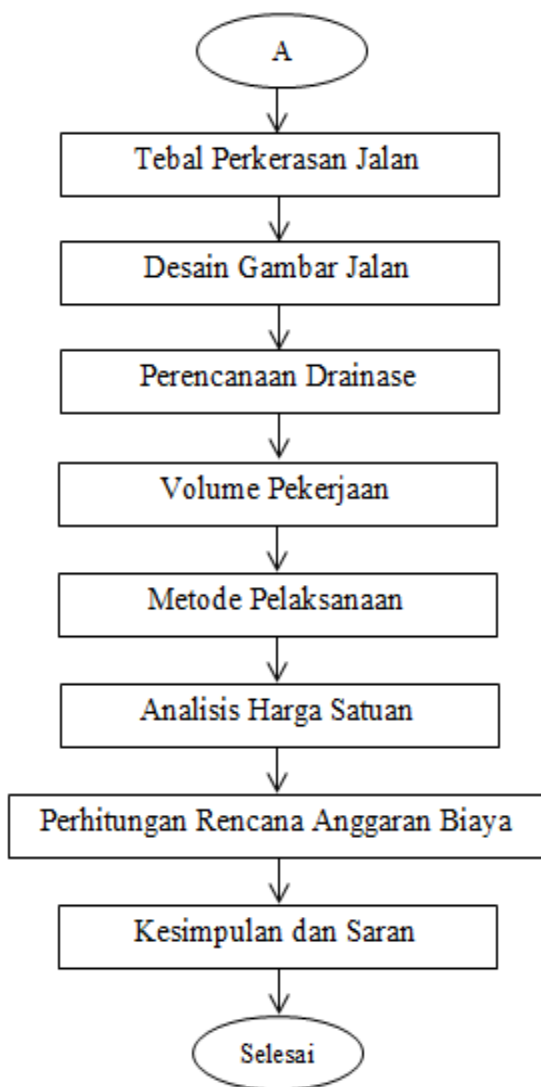
Perencanaan RAB mengacu pada HSPK wilayah setempat. Perhitungan ini didasarkan pada volume masing-masing material yang digunakan untuk pelaksanaan rencana jalan.

3.9. Kesimpulan Dan Saran

Tahap ini adalah penutup dari proyek akhir perencanaan jalan ini. Didalam perencanaan konstruksi jalan, hasil akhir yang didapatkan adalah terealisikannya apa yang telah direncanakan yaitu jalan baru yang telah sesuai dengan apa yang telah perhitungkan sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan. Jalan yang telah dibuat diharapkan untuk memperlancar arus lalu lintas pada jalur lintas selatan. Untuk mempermudah proses pengerjaan, maka metodologi disusun membentuk suatu flow chart / bagan metodologi.

Secara umum bagan metodologi yang digunakan dalam proyek akhir ini terlihat pada gambar 3.1.





Gambar 3.1. Diagram alir metodologi

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Umum

Perencanaan jalan jalur lintas selatan berlokasi di Kabupaten Trenggalek. Proyek ini memiliki panjang jalan total 5,000 km dan direncanakan jalan 2 lajur 2 arah tak terbagi.

Untuk mendukung dalam perencanaan jalan, maka data – data yang di butuhkan antara lain :

- a. Peta Kontur Lokasi Proyek
- b. Data Geometrik Jalan
- c. Data CBR Tanah Dasar
- d. Data Lalu Lintas (LHR)
- e. Data Curah Hujan

Dari semua data diatas kemudian dapat dimulai perencanaan konstruksi jalan yang optimal.

4.2 Pengumpulan data

4.2.1 Peta Kontur Lokasi Proyek

Jalan jalur lintas selatan karanggongso-ketawang menghubungkan Kabupaten Trenggalek dan Tulungagung. Dimana jalan ini akan direncanakan 2 lajur 2 arah tak terbagi (2/2UD).

Untuk Tugas Akhir ini diambil 5,000 km dengan judul “Perencanaan Jalan Jalur Lintas Selatan Karanggongso-Ketawang Kabupaten Trenggalek STA 5+000 – 10+000”.

4.2.2 Data CBR

Sesuai dengan laporan konsultan perencana kepada Dinas PU Bina Mara Propinsi Jawa Timur, CBR rata-rata kondisi eksisting tanah dasar sebesar 6 %. Karena keterbatasan data maka pada tugas akhir ini untuk menghitung tebal perkerasan digunakan angka cbr tersebut.

4.2.3 Data Lalu Lintas

Data lalu lintas dibutuhkan untuk perhitungan kapasitas jalan dan tebal perkerasan. Data yang diperoleh adalah rekapitulasi hasil survey tahun 2013. Data tersebut tercatat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Rekapitulasi Data Lalu-Lintas Tahun 2013

No.	Gol. Kend	Jenis Kendaraan	Tahun 2013 Kendaraan/Jam
1	1	Sepeda motor, sekuter, sepeda kumbang, roda 3	59
2	2	Sedan, Jeep, Minibus, Van, Station Wagon (1 + 1)	192
4	4	Pick up, Mikro truck, Mobil box (1.5 + 3.5)	236
5	5a	Bus Kecil (3 + 5)	47
6	5b	Bus Besar (3 + 6)	48
7	6	Truck sedang, Truck berat 2 As (6 + 10)	22
8	7a	Truck berat 3 As (6 + 3x10)	8

Sumber : Dinas PU Bina Marga Propinsi Jawa Timur

4.2.4 Data Curah Hujan

Data curah hujan adalah tinggi hujan dalam satu tahun waktu yang dinyatakan dalam mm/hari. Data curah hujan ini diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur. Data curah hujan dari pengamatan didapatkan curah hujan rata – rata terbesar per tahun selama 10 tahun sebagaimana tercatat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Data Curah Hujan

No	Tahun	Curah Hujan (Ri)
1	2003	135.75
2	2004	133.92
3	2005	98.25
4	2006	72.17
5	2007	111.33
6	2008	85.08
7	2009	114.67
8	2010	87.42
9	2011	131.25
10	2012	143.08
	Σ	1112.92

Sumber : Dinas PU Bina Marga Propinsi Jawa Timur

4.3 Pengolahan Data

4.3.1 Data Lalu Lintas

Data yang diperoleh dari Dinas PU Bina Marga Propinsi Jawa Timur adalah rekapitulasi survey lalu-lintas tahun 2013. Data beberapa tahun kemudian tidak berhasil didapat karena keterbatasan data. Tetapi Pada laporan akhir perencanaan jalan jalur lintas selatan yang dibuat oleh konsultan perencana telah dicantumkan pertumbuhan tiap tahun dan tiap jenis golongan kendaraan. Data yang telah didapat perlu dikali dengan faktor pengubah agar menjadi satuan kendaraan per jam.

Jalan jalur lintas selatan ini diasumsikan dibuka pada tahun 2013. Oleh karena itu diperlukan menghitung pertumbuhan lalu-lintas tahun 2026. Berikut proses perhitungan mengonversi data tahun 2013 dalam satuan kendaraan per jam.

Sepeda motor, sekuter, sepeda kumbang, roda 3

$$\begin{aligned} \text{Volume Lalu-Lintas} &= \text{LHR} \times 0.11 \\ &= 532 \times 0.11 \\ &= 59 \text{ kendaraan/jam} \end{aligned}$$

Sedan, Jeep, Minibus, Van, Station Wagon (1 + 1)

$$\begin{aligned} \text{Volume Lalu-Lintas} &= \text{LHR} \times 0.11 \\ &= 1741 \times 0.11 \\ &= 192 \text{ kendaraan/jam} \end{aligned}$$

Pick up, Mikro truck, Mobil box (1.5 + 3.5)

$$\begin{aligned} \text{Volume Lalu-Lintas} &= \text{LHR} \times 0.11 \\ &= 2146 \times 0.11 \\ &= 236 \text{ kendaraan/jam} \end{aligned}$$

Bus Kecil (3 + 5)

$$\begin{aligned} \text{Volume Lalu-Lintas} &= \text{LHR} \times 0.11 \\ &= 429 \times 0.11 \\ &= 47 \text{ kendaraan/jam} \end{aligned}$$

Bus Besar (3 + 6)

$$\begin{aligned} \text{Volume Lalu-Lintas} &= \text{LHR} \times 0.11 \\ &= 435 \times 0.11 \\ &= 48 \text{ kendaraan/jam} \end{aligned}$$

Truck sedang, Truck berat 2 As (6 + 10)

$$\begin{aligned} \text{Volume Lalu-Lintas} &= \text{LHR} \times 0.11 \\ &= 203 \times 0.11 \\ &= 22 \text{ kendaraan/jam} \end{aligned}$$

Truck berat 3 As (6 + 10 + 2x10)

$$\begin{aligned} \text{Volume Lalu-Lintas} &= \text{LHR} \times 0.11 \\ &= 71 \times 0.11 \\ &= 8 \text{ kendaraan/jam} \end{aligned}$$

Jika hasil tersebut telah dihitung, maka dihitung lalu – lintas untuk tahun 2014. Tahun tersebut merupakan asumsi dibukanya jalan jalur lintas selatan. Perhitungan volume lalu – lintas menggunakan angka pertumbuhan jumlah kendaraan yang terdapat pada buku “*Kabupaten Trenggalek dalam Angka*”. Adapun angka pertumbuhan tiap golongan kendaraan tercatat dalam tabel 4.3.

Tabel 4.3. Pertumbuhan Lalu-Lintas Tiap Tahun

Gol. Kend.	Jenis Kendaraan	I (%)
1	Sepeda motor, sekuter, sepeda kumbang, roda 3	7
2	Sedan, Jeep, Minibus, Van, Station Wagon (1 + 1)	6
4	Pick up, Mikro truck, Mobil box (1.5 + 3.5)	6
5a	Bus Kecil (3 + 5)	6
5b	Bus Besar (3 + 6)	12
6	Truck sedang, Truck berat 2 As (6 + 10)	2
7a	Truck berat 3 As (6 + 3x10)	18

Angka pertumbuhan tiap kendaraan tersebut digunakan untuk menghitung volume lalu – lintas tahun 2016 sebagai asumsi awal dibuka jalan jalur lintas selatan. Berikut proses perhitungan volume lalu – lintas tahun 2016.

Sepeda motor, sekuter, sepeda kumbang, roda 3

$$\begin{aligned} \text{LHR 2016} &= \text{LHR 2013} \times (1+i)^3 \\ &= 59 \times (1+0.07)^3 \\ &= 72 \text{ kendaraan} \end{aligned}$$

Sedan, Jeep, Minibus, Van, Station Wagon (1 + 1)

$$\begin{aligned} \text{LHR 2016} &= \text{LHR 2013} \times (1+i)^3 \\ &= 192 \times (1+0.06)^3 \\ &= 256 \text{ kendaraan} \end{aligned}$$

Pick up, Mikro truck, Mobil box (1.5 + 3.5)

$$\begin{aligned} \text{LHR 2016} &= \text{LHR 2013} \times (1+i)^3 \\ &= 236 \times (1+0.06)^3 \\ &= 316 \text{ kendaraan} \end{aligned}$$

Bus Kecil (3 + 5)

$$\begin{aligned} \text{LHR 2016} &= \text{LHR 2013} \times (1+i)^3 \\ &= 47 \times (1+0.06)^3 \\ &= 63 \text{ kendaraan} \end{aligned}$$

Bus Besar (3 + 6)

$$\begin{aligned} \text{LHR 2016} &= \text{LHR 2013} \times (1+i)^3 \\ &= 48 \times (1+0.12)^3 \\ &= 84 \text{ kendaraan} \end{aligned}$$

Truck sedang, Truck berat 2 As (6 + 10)

$$\begin{aligned} \text{LHR 2016} &= \text{LHR 2013} \times (1+i)^3 \\ &= 22 \times (1+0.02)^3 \\ &= 25 \text{ kendaraan} \end{aligned}$$

Truck berat 3 As (6 + 10+2x10)

$$\begin{aligned} \text{LHR 2016} &= \text{LHR 2013} \times (1+i)^3 \\ &= 8 \times (1+0.18)^3 \\ &= 18 \text{ kendaraan} \end{aligned}$$

Setelah volume lalu – lintas awal umur rencana dihitung maka dihitung pula prediksi volume lalu – lintas pada tahun 2026. Berikut proses perhitungan volume lalu – lintas tahun 2016.

Sepeda motor, sekuter, sepeda kumbang, roda 3

$$\begin{aligned} \text{LHR 2026} &= \text{LHR 2016} \times (1+i)^{10} \\ &= 72 \times (1+0.07)^{10} \\ &= 141 \text{ kendaraan} \end{aligned}$$

Sedan, Jeep, Minibus, Van, Station Wagon (1 + 1)

$$\begin{aligned} \text{LHR 2026} &= \text{LHR 2016} \times (1+i)^{10} \\ &= 256 \times (1+0.06)^{10} \\ &= 459 \text{ kendaraan} \end{aligned}$$

Pick up, Mikro truck, Mobil box (1.5 + 3.5)

$$\begin{aligned} \text{LHR 2026} &= \text{LHR 2016} \times (1+i)^{10} \\ &= 316 \times (1+0.06)^{10} \\ &= 566 \text{ kendaraan} \end{aligned}$$

Bus Kecil (3 + 5)

$$\begin{aligned} \text{LHR 2026} &= \text{LHR 2016} \times (1+i)^{10} \\ &= 63 \times (1+0.06)^{10} \\ &= 113 \text{ kendaraan} \end{aligned}$$

Bus Besar (3 + 6)

$$\begin{aligned} \text{LHR 2026} &= \text{LHR 2016} \times (1+i)^{10} \\ &= 84 \times (1+0.12)^{10} \\ &= 262 \text{ kendaraan/jam} \end{aligned}$$

Truck sedang, Truck berat 2 As (6 + 10)

$$\begin{aligned} \text{LHR 2026} &= \text{LHR 2016} \times (1+i)^{10} \\ &= 25 \times (1+0.02)^{10} \\ &= 30 \text{ kendaraan} \end{aligned}$$

Truck berat 3 As (6 + 10+2x10)

$$\begin{aligned} \text{LHR 2026} &= \text{LHR 2016} \times (1+i)^{10} \\ &= 18 \times (1+0.18)^{10} \\ &= 94 \text{ kendaraan} \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan Volume lalu – lintas tahun 2013, 2016, dan 2026 tercatat dalam tabel 4.4.

Tabel 4.4. Rekapitulasi Perhitungan Volume Lalu-Lintas

No.	Gol. Kend	Jenis Kendaraan	Tahun 2013 kend	Tahun 2016 Kend	Tahun 2026 Kend
1	1	Sepeda motor, sekuter, sepeda kumbang, roda 3	59	72	141
2	2	Sedan, Jeep, Minibus, Van, Station Wagon (1 + 1)	192	256	459
4	4	Pick up, Mikro truck, Mobil box (1.5 + 3.5)	236	316	566
5	5a	Bus Kecil (3 + 5)	47	63	113
6	5b	Bus Besar (3 + 6)	48	84	262
7	6	Truck sedang, Truck berat 2 As (6 + 10)	22	25	30
8	7a	Truck berat 3 As (6 + 3x10)	8	18	94

4.3.2 Data CBR Tanah Dasar

CBR tanah dasar yang digunakan adalah 6%. Angka tersebut didasarkan pada laporan akhir konsultan perencana pada Dinas PU Bina Marga. Hal tersebut dilakukan karena keterbatasan data CBR yang di dapat.

4.3.3 Data Curah Hujan

Dalam perhitungan analisa curah hujan untuk menentukan besarnya intensitas curah hujan (I) dari stasiun hujan yang terdekat sepanjang ruas jalan jalur lintas selatan adalah sebagai berikut :

Tabel 4.5. Perhitungan Data Curah Hujan

No	Tahun	Curah Hujan (R _i)	(R _i -R)	(R _i -R) ²
1	2003	135.75	24.458	598.1938
2	2004	133.92	22.628	512.0264
3	2005	98.25	-13.042	170.0938
4	2006	72.17	-39.122	1530.531
5	2007	111.33	0.038	0.001444
6	2008	85.08	-26.212	687.0689
7	2009	114.67	3.378	11.41088
8	2010	87.42	-23.872	569.8724
9	2011	131.25	19.958	398.3218
10	2012	143.08	31.788	1010.477
	Σ	1112.92		5487.997

➤ Standar deviasi

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (R_i - \bar{R})^2}{n}}$$

$$= \sqrt{\frac{5487.997}{10}} = 23,43$$

➤ Untuk menentukan besarnya curah hujan pada periode T tahun digunakan persamaan 2.26

$$R_t = \bar{R} + \frac{S_x}{S_n}(Y_t - Y_n)$$

Periode ulang (T) = 10 tahun

$$Y_t = 2,2502 \quad \dots\dots\dots \text{SNI 03-3424-1994}$$

$$Y_n = 0,4952 \quad \dots\dots\dots \text{SNI 03-3424-1994}$$

$$S_n = 0,9496 \quad \dots\dots\dots \text{SNI 03-3424-1994}$$

$$R_t = 111.292 + \frac{23,43}{0,9496}(2,2502 - 0,4952)$$

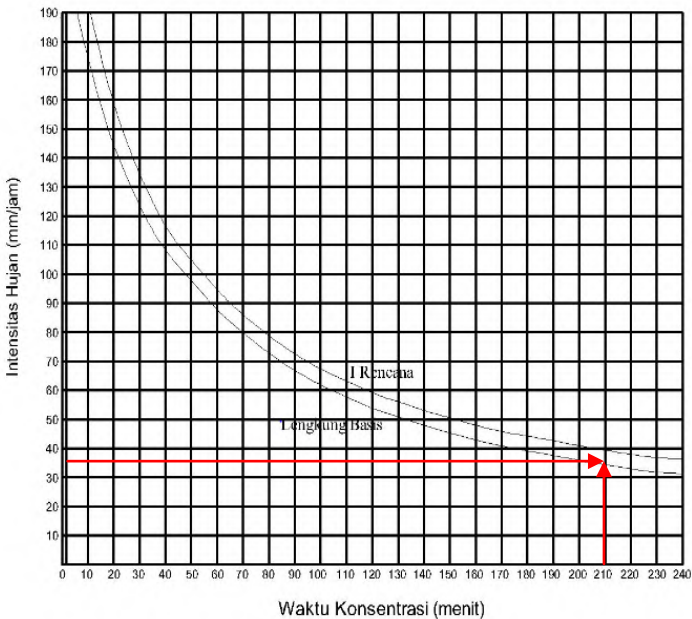
$$= 154,59 \text{ mm/jam}$$

- Bila curah hujan efektif dianggap mempunyai penyebaran seragam 4 jam, maka I didapat dari persamaan 2.27.

$$I = \frac{90\% \times Rt}{4}$$

$$= \frac{90\% \times 154,59}{4} = 34,78 \text{ mm/jam}$$

Harga $I = 34,78$ mm/jam kemudian diplotkan pada waktu intensitas $t = 210$ menit di kurva basis dan ditarik garis lengkung searah dengan garis lengkung kurva basis. Kurva ini merupakan garis lengkung intensitas hujan rencana dengan harga.



BAB V ANALISA PERHITUNGAN

5.1. Analisis Trase

Perencanaan jalan jalur lintas selatan ini merupakan perencanaan jalan baru yang dimulai dari perencanaan trase jalan. Trase jalan yang terpilih merupakan trase jalan dengan lengkung horizontal tidak saling overlap. Begitu juga dengan lengkung vertikal dipilih juga trase yang tidak berpotongan antara lengkung vertikalnya. Ketentuan selanjutnya adalah galian tidak boleh lebih dari 25m dan timbunan tidak boleh lebih dari 10m. Hal tersebut dilakukan demi kepentingan pelaksanaan jalan jalur lintas selatan ini. Berikut analisis trase mengenai kondisi medan trase terpilih.

5.1.1. Kondisi Medan.

Rata-rata kemiringan medan pada trase terpilih adalah <3%. Maka sesuai tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota No. 38/TBM/1997 diperoleh medan pada trase terpilih adalah datar. Klasifikasi medan tersebut tercatat pada tabel 5.1.

Tabel 5.1. Klasifikasi Kemiringan Medan

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

Kondisi medan perbukitan juga dibuktikan dengan gambar 5.1 dan 5.2 yang menunjukkan bahwa jalan jalur lintas selatan membelah perbukitan.



Gambar 5.1. Kondisi eksisting jalan di desa Ketawang



Gambar 5.2. Kondisi eksisting jalan di desa Karangngoso

5.1.2. Kecepatan Rencana

Klasifikasi jalan jalur lintas selatan ini adalah kolektor. Sesuai dengan tata cara perencanaan geometric jalan antar kota No. 38/TBM/1997 diambil kecepatan rencana = 50 km/jam. Klasifikasi untuk kecepatan rencana tersebut tercatat pada tabel 5.2.

Tabel 5.2. Kecepatan Rencana

Fungsi	Kecepatan Rencana, V_R Km/jam		
	Datar	Bukit	Pegunungan
Arteri	70 - 120	60 - 80	40 - 70
Kolektor	60 - 90	50 - 60	30 - 50
Lokal	40 - 70	30 - 50	20 - 30

5.2. Analisis Kapasitas Ruas Jalan Antar Kota.

Ruas jalan karanggongso-ketawang merupakan jalur antar kota yang memiliki kondisi eksisting medan datar. Segmen jalan ini direncanakan dengan pembagian jalur 2/2 UD serta lebar badan jalan 7m. Panjang total jalan yang direncanakan adalah 5+000 km.

Tabel 5.3. Rekapitulasi Derajat Kejenuhan

TAHUN	KAPASITAS	DS
2013	6542	0.091
2016	6542	0.125
2026	6542	0.254

5.3. Perencanaan Geometrik Jalan

Didalam perencanaan jalan ini memerlukan banyak pertimbangan untuk kenyamanan dan keamanan para pengguna jalan. Pada perencanaan trase ini dibuat tiga alternatif rencana trase, kemudian dipilih satu trase yang terbaik dengan tujuan dari perencanaan alternatif ini adalah untuk mencari trase yang lebih efisien. Penilaian tersebut meliputi :

- a. panjang jalan
- b. jumlah tikungan
- c. kelandaian medan
- d. jumlah jembatan
- e. kondisi sekitar lokasi

Berikut hasil analisis dari penilaian trase yang tercantum dalam tabel 5.4.

Tabel 5.4. Penilaian alternatif trase rencana

No.	Uraian Penilaian	Alternatif Trase					
		I	Nilai	II	Nilai	III	Nilai
1	Panjang Jalan	± 5.100 m	2	± 5.000 m	3	± 5.017 m	1
2	Jumlah Tikungan	19 buah	1	21 buah	1	13buah	3
3	Kelandaian Medan	> 5%	3	> 5%	3	> 5%	3
4	Jumlah Jembatan	0	3	0	3	0	3
5	Kondisi Sekitar Lokasi	Dekat jalan eksisting warga	3	Dekat jalan eksisting warga	3	Lokasi pemukiman warga	1
TOTAL NILAI			12		13		11

Keterangan penilaian :

- Baik = 3
- Cukup = 2
- Jelek = 1

Letak jalan jalur lintas selatan STA 5+000 – STA 10+000 terletak pada daerah bukit dan kondisi sekitarnya adalah ladang dan persawahan. Kondisi medan memiliki beberapa tikungan dan beberapa tanjakan. Dalam hal ini terdapat tipe geometrik pada jalan jalur lintas selatan STA 5+000 – STA 10+000 yaitu dibagi menjadi dua yaitu:

1. Alinyemen Horizontal
2. Alinyemen Vertikal

5.3.1. Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal terdiri dari bagian lurus dan bagian lengkung (tikungan) yang berfungsi mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima oleh kendaraan saat melaju dengan kecepatan tertentu. Dalam perencanaan jalan jalur lintas selatan STA 5+000 – STA 10+000 diperlukan data-data yang dapat mendukung proses pengklasifikasian untuk menentukan jenis tikungan, jenis tikungan pada jalan ini terdapat dua jenis yaitu :

1. Lengkung (tikungan) Spiral-Circle-Spiral

Syarat :

$$e > 3\%, Lc > 25m$$

2. Lengkung (tikungan) Spiral-Spiral

Syarat :

$$e > 3\%, Lc < 25 m$$

a. Proses Perhitungan Alinyemen Horizontal Titik PII

1. Perhitungan R design

$$\Delta = 126^\circ$$

$$Vd = 50 \text{ km/jam}$$

$$e_n = 0.02$$

$$e \text{ max} = 0.1$$

$$F \text{ max} = 0.16$$

$$R_{\min} = \frac{vd^2}{127 \times (e \text{ max} + f \text{ max})}$$

$$R_{\min} = \frac{50^2}{127 \times (0.1+0.15)}$$

$$R_{\min} = 75.712 \text{ m}$$

Diambil :

$$R = 90 \text{ m}$$

$$e = 0.097$$

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

2. Perhitungan Lengkung S-C-S

$$\theta_s = \frac{L_s \cdot 90}{\pi R c} \rightarrow \theta_s = \frac{50 \cdot 90}{\pi \cdot 90} \rightarrow \theta_s = 15.91$$

$$\theta_c = \beta - 2\theta_s \rightarrow \theta_c = 126 - 2 \times 15.91 \rightarrow \theta_c = 110.09$$

$$L_c = \frac{\theta_c}{360} \times 2\pi R_c \quad \rightarrow L_c = \frac{110.09}{360} \times 2\pi \cdot 90 \rightarrow L_c = 173m$$

karena e lebih besar dari 3% dan L_c lebih besar dari 25 meter, maka disarankan menggunakan lengkung **spiral - circle - spiral**. Sehingga perhitungan parameter lengkung seperti yang disajikan dibawah ini.

$$L = L_c + 2L_s \rightarrow L = 173 + 2 \times 50 \rightarrow L = 273m$$

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

$$\rightarrow p = \frac{50^2}{6 \times 90} - 90(1 - \cos 15.91)$$

$$\rightarrow p = 1.18$$

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

$$\rightarrow k = 50 - \frac{50^3}{40 \times 90} - 90 \cdot \sin 15.91$$

$$\rightarrow k = 24.94 \text{ m}$$

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

$$\rightarrow E_s = (90 + 1.18) \sec \frac{1}{2} 126 - 90$$

$$\rightarrow E_s = 110.85m$$

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

$$\rightarrow T_s = (90 + 1.18) \operatorname{tg} \frac{1}{2} 126 + 24.94$$

$$\rightarrow T_s = 203.89 \text{ m}$$

b. Proses Perhitungan Alinyemen Horisontal Titik PI14

1. Perhitungan R design

$$\Delta = 15^\circ$$

$$\begin{aligned}
 Vd &= 50 \text{ km/jam} \\
 e_n &= 0.02 \\
 e \text{ max} &= 0.1 \\
 F \text{ max} &= 0.16 \\
 R_{\min} &= \frac{vd^2}{127 \times (e \text{ max} + f \text{ max})} \\
 R_{\min} &= \frac{50^2}{127 \times (0.1+0.15)} \\
 R_{\min} &= 75.712 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Diambil :

$$\begin{aligned}
 R &= 159 \text{ m} \\
 e &= 0.074 \\
 L_s &= 45 \text{ m}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Lengkung S-S

$$\theta_s = \frac{1}{2} \times \Delta \rightarrow \theta_s = \frac{1}{2} \times 15 \rightarrow \theta_s = 7.5$$

$$\begin{aligned}
 p &= \frac{L_s^2}{6Rc} - Rc(1 - \cos \theta_s) \\
 &\rightarrow p = \frac{45^2}{6 \times 159} - 159(1 - \cos 7.5) \\
 &\rightarrow p = 0.457 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 k &= L_s - \frac{L_s^3}{40Rc} - Rc \cdot \sin \theta_s \\
 &\rightarrow k = 45 - \frac{45^3}{40 \times 159} - 159 \cdot \sin 7.5 \\
 &\rightarrow K = 20.82 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$T_s = (Rc + p)tg \frac{1}{2} \Delta + k$$

$$\rightarrow T_s = (159 + 0.457)tg \frac{1}{2} 15 + 20.82$$

$$\rightarrow T_s = 41.81 \text{ m}$$

$$E_s = \frac{(Rc + P)}{\cos \theta} - Rc$$

$$\rightarrow E_s = \frac{(159 + 0.457)}{\cos 7.5} - 159$$

$$\rightarrow E_s = 1.83 \text{ m}$$

Untuk perhitungan lengkung horizontal selanjutnya digunakan program bantu excel. Adapun rekapitulasi hasil perhitungan lengkung spiral-circle-spiral tercatat pada tabel 5.5.

Tabel 5.5. Rekapitulasi Lengkung Spiral-Circle-Spiral

Titik	Pi 1	Pi 2	Pi 3	Pi 4	Pi 5	Pi 6
Jenis Lengkung	S-C-S	S-C-S	S-C-S	S-S	S-C-S	S-C-S
Kec Rencana	50	50	50	50	50	50
E max	10%	10%	10%	10%	10%	10%
f max	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
R min	75.712	75.71	75.712	75.712	75.712	75.712
β	126	34	77	24	46	84
b (m)	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Ls	50	50	50	42.743	50	50
e	0.097	0.097	0.097	0.093	0.097	0.097
R	90	90	90	102	90	90
D	16	16	16	14	16	16

θ_s	15.909	15.91	15.909	12	15.909	15.909
θ_c	110.09	18.091	61.091	–	30.091	68.091
Lc	173	28.429	96	–	47.286	107
L / LS min	273	128.43	196	45.483	147.29	207
ρ	1.1824	1.1824	1.1824	0.7563	1.1824	1.1824
k	24.944	24.944	24.944	21.348	24.944	24.944
Es	110.85	5.3487	26.511	3.0519	9.057	32.698
Ts	203.9	52.821	97.474	43.19	63.649	107.05
Xs	49.614	49.61	49.614	–	49.614	49.614
Ys	4.6296	4.6296	4.6296	–	4.6296	4.6296

Titik	Pi 7	Pi 8	Pi 9	Pi 10	Pi 11	Pi 12
Jenis Lengkung	S-C-S	S-C-S	S-C-S	S-S	S-C-S	S-C-S
Kec Rencana	50	50	50	50	50	50
E max	10%	10%	10%	10%	10%	10%
f max	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
R min	75.712	75.712	75.712	75.712	75.712	75.712
β	80	91	133	28	77	33
b (m)	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Ls	50	50	50	49.867	50	50
e	0.097	0.098	0.097	0.093	0.097	0.097
R	90	90	90	102	90	90
D	16	16	16	14	16	16
θ_s	15.909	15.909	15.909	14	15.909	15.909
θ_c	64.091	75.091	117.09	–	61.091	17.091
Lc	100.71	118	184	–	96	26.857

L / LS min	200.71	218	284	45.483	196	126.86
p	1.1824	1.1824	1.1824	1.0334	1.1824	1.1824
k	24.944	24.944	24.944	24.893	24.944	24.944
Es	29.03	40.092	138.67	4.1876	26.511	5.0986
Ts	101.46	117.73	234.65	50.582	97.474	51.954
Xs	49.614	49.614	49.614	–	49.614	49.614
Ys	4.6296	4.6296	4.6296	–	4.6296	4.6296

Titik	Pi 13	Pi 14	Pi 15	Pi 16	Pi 17	Pi 18
Jenis Lengkung	S-C-S	S-S	S-S	S-C-S	S-C-S	S-S
Kec Rencana	50	50	50	50	50	50
E max	10%	10%	10%	10%	10%	10%
f max	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
R min	75.712	75.712	75.712	75.712	75.71	75.71
β	104	15	10	50	39	19
b (m)	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Ls	50	41.643	50	50	50	43.1
e	0.097	0.074	0.062	0.097	0.097	0.083
R	90	159	205	90	90	130
D	16	9	7	16	16	10
θ_s	15.909	7.5	5	15.91	15.91	9.5
θ_c	88.091	–	–	34.09	23.09	–
Lc	138.43	–	–	53.57	36.29	–
L / LS min	238.43	37.835	33.005	153.57	136.29	41.46
p	1.1824	0.4575	0.2615	1.18	1.18	0.60
k	24.944	20.818	17.899	24.94	24.94	21.55
Es	58.105	1.8334	1.0456	10.61	6.73	2.42

Ts	141.65	41.811	35.857	67.46	57.23	43.41
Xs	49.614	–	–	49.61	49.61	–
Ys	4.6296	–	–	4.63	4.63	–

Titik	Pi 19	Pi 20	Pi 21	Pi 22	Pi 23	Pi 24
Jenis Lengkung	S-C-S	S-S	S-S	S-S	S-C-S	S-S
Kec Rencana	50	50	50	50	50	50
E max	10%	10%	10%	10%	10%	10%
f max	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
R min	75.71	75.71	75.71	75.71	75.71	75.71
β	62	19	11	14	49	17
b (m)	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Ls	50	43.127	39.373	38.867	50	42.446
e	0.097	0.083	0.062	0.074	0.097	0.079
R	90	130	205	159	90	143
D	16	10	7	9	16	10
θ_s	15.91	9.5	5.5	7	15.909	8.5
θ_c	46.09	–	–	–	33.091	–
Lc	72.43	–	–	–	52	–
L / LS min	172.43	41.458	33.005	37.835	152	39.848
p	1.18	0.6017	0.3166	0.3983	1.1824	0.5291
k	24.94	21.552	19.688	19.431	24.944	21.216
Es	16.38	2.4177	1.2662	1.5953	10.205	2.1232
Ts	79.73	43.407	39.458	39.003	66.498	42.666
Xs	49.61	–	–	–	49.614	–
Ys	4.63	–	–	–	4.6296	–

5.3.2 Alinyemen Vertikal

Alinyemen Vertikal merupakan perpotongan pada bidang vertikal dengan bidang permukaan jalan melalui sumbu jalan. Alinyemen vertikal. Kelandaian diasumsikan bernilai positif (+) jika pendakian dan negatif (-) jika penurunan yang ditinjau dari kiri. Dalam perencanaan jalan jalur lintas selatan STA 5+000 – STA 10+000 diperlukan data-data yang dapat mendukung proses pengklasifikasian untuk menentukan jenis lengkungan, jenis lengkungan pada jalan ini terdapat dua jenis yaitu :

1. Lengkung Cembung
2. Lengkung Cekung

a . Lengkung Vertikal Cekung (STA 0+150)

Lokasi	: Jalur Lintas Selatan Sta.5+000 s/d Sta.10+000
Vrencana	: 50 km/jam
STA	: 0+150
S	: 75 m
A	: 4%

Perhitungan lengkung vertikal cekung dihitung berdasarkan letak lampu dengan kendaraan dapat dibedakan dua keadaan, yaitu :

- ◆ Lengkung vertikal cekung dengan jarak penyinaran lampu depan $< L$

$$L = \frac{AS^2}{120 + 3.50S} \rightarrow L = \frac{4 \times 75^2}{120 + 3.50 \times 75}$$

$$\rightarrow L = 58.82 \text{ m}$$

- ◆ Lengkung vertikal cekung dengan jarak penyinaran lampu depan $> L$

$$L = 2S - \frac{120 + 3.50S}{A} \rightarrow L = 2 \times 75 - \frac{120 + 3.50 \times 75}{4}$$

$$\rightarrow L = 54.38 \text{ m}$$

- ◆ Lengkung Vertikal Berdasarkan Jarak Pandangan Bebas di bawah Jembatan ($S < L$)

$$L = \frac{AS^2}{3480} \rightarrow L = \frac{4 \times 75^2}{3480} \rightarrow L = 6.47m$$

- ◆ Lengkung Vertikal Berdasarkan Jarak Pandangan Bebas di bawah Jembatan ($S > L$)

$$L = 2S - \frac{3480}{A} \rightarrow L = 2 \times 75 - \frac{3480}{4} \rightarrow L = -720m$$

- ◆ Bentuk Visual

$$L = \frac{AV^2}{380} \rightarrow L = \frac{4 \times 50^2}{380} \rightarrow L = 26.32m$$

- ◆ Keamanan Pengemudi

$L \geq 3$ detik perjalanan dengan V_r .

$$L \geq (120/3600) * 1000 * 3 \text{det} = 50m$$

Diambil $L = 22$ m

b. Lengkung Vertikal Cembung (STA 0+400)

Lokasi	: Jalur Lintas Selatan Sta. 5+000 s/d Sta. 10+000
Vrencana	: 50 km/jam
STA	: 0+400
S	: 80 m
A	: 4 %

Pada lengkung cembung dibatasi berdasarkan jarak pandang, yakni :

- Jarak pandang berada seluruhnya dalam daerah lengkung ($S < L$).

Berdasarkan jarak pandang henti,

$$L = \frac{AS^2}{399} \rightarrow L = \frac{4 \times 75^2}{399} \rightarrow L = 56,39 \text{ m}$$

Nilai L tidak memenuhi terhadap syarat $S < L$

- Jarak pandang berada di luar dan di dalam daerah lengkung ($S > L$).

Berdasarkan jarak pandang henti,

$$L = 2S - \frac{399}{A} \rightarrow L = 2 \times 75 - \frac{399}{4} \rightarrow L = -50,25 \text{ m}$$

Nilai L memenuhi terhadap syarat $S > L$

Dipakai $L = 50 \text{ m}$

Tabel 5.6. Rekapitulasi alinemen vertikal
Cembung

Lengkung Vertikal		2	7	9	12	13
V rencana (km/jam)		50	50	50	50	50
g (%)		4	0	0	3	0
A (%)		4.00%	3.00%	4.00%	3.00%	4.00%
Jarak Pandang Menyiap S (m)		350	350	350	350	350
Jarak Pandang Henti S (m)		75	75	75	75	75
h1 menyiap (m)		120	120	120	120	120
h2 menyiap (m)		120	120	120	120	120
h1 henti (m)		120	120	120	120	120
h1 henti (m)		10	10	10	10	10
S<L menyiap (m)		510.42	382.81	510.42	382.81	510.42
S<L henti (m)		56.39	42.29	56.39	42.29	56.39
S>L menyiap(m)		460.00	380.00	460.00	380.00	460.00
S>L henti (m)		50.25	17.00	50.25	17.00	50.25
L dipakai (m)		510.42	382.81	510.42	382.81	510.42
Ev		2.55	1.44	2.55	1.44	2.55

CEMBUNG							
Lengkung Vertikal		16	17	20	21	23	26
V rencana (km/jam)		50	50	50	50	50	50
g (%)		2	0	1	0	0	3
A (%)		2.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	3.00%
Jarak Pandang Menyiap S (m)		350	350	350	350	350	350
Jarak Pandang Henti S (m)		75	75	75	75	75	75
h1 menyiap (m)		120	120	120	120	120	120
h2 menyiap (m)		120	120	120	120	120	120
h1 henti (m)		120	120	120	120	120	120
h1 henti (m)		10	10	10	10	10	10
S<L menyiap (m)		255.21	127.60	127.60	127.60	127.60	382.81
S<L henti (m)		28.20	14.10	-249.00	14.10	14.10	42.29
S>L menyiap(m)		220.00	-260.00	-260.00	-260.00	-260.00	380.00
S>L henti (m)		-49.50	-249.00	-249.00	-249.00	-249.00	17.00
L dipakai (m)		255.21	-260.00	-249.00	-249.00	-249.00	382.81
Ev		-0.12	-0.33	-0.31	-0.31	-0.31	1.44

Cekung

CEKUNG								
Lengkung Vertikal		1	3	4	5	6	8	10
V rencana		50	50	50	50	50	50	50
g1 (%)		0	0	3	0	4	-3	-4
A (%)		4.00%	3.00%	3.00%	4.00%	4.00%	3.00%	4.00%
Jarak Pandang S (m)		75	75	75	75	75	75	75
Jarak Penyalinan Lampu Depan < L (m)		58.82	44.12	44.12	58.82	58.82	44.12	58.82
Jarak Penyalinan Lampu Depan > L (m)		54.375	22.5	22.5	54.375	54.375	22.5	54.375
L dipakai (m)		54.375	22.5	22.5	54.375	54.375	22.5	54.375
Ev		0.27	0.08	0.08	0.27	0.27	0.08	0.27

Lengkung Vertikal		11	14	15	18	19	22	24	25
V rencana		50	50	50	50	50	50	50	50
g1 (%)		0	-4	0	-1	0	-1	-1	0
A (%)		3.00%	4.00%	2.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	3.00%
Jarak Pandang S (m)		75	75	75	75	75	75	75	75
Jarak Penyalinan Lampu Depan < L (m)		44.12	58.82	29.41	14.71	14.71	14.71	14.71	44.12
Jarak Penyalinan Lampu Depan > L (m)		22.5	54.375	-41.25	-232.5	-232.5	-232.5	-232.5	22.5
L dipakai (m)		22.5	54.375	-41.25	-232.5	-232.5	-232.5	-232.5	22.5
Ev		0.08	0.27	-0.10	-0.29	-0.29	-0.29	-0.29	0.08

5.4. Perencanaan Tebal Perkerasan

Perkerasan jalan merupakan suatu konstruksi yang dibangun di atas tanah dasar, dimana terdiri dari bahan material yang lebih keras/ kaku dari tanah dasarnya yang bertujuan agar jalan tersebut dapat dilalui oleh kendaraan (berat) dalam segala cuaca. Lapisan perkerasan berfungsi mendistribusikan beban lalu lintas yang diterima ke lapisan yang berada di bawahnya hingga tanah dasar.

5.4.1. Umur Rencana

Umur Rencana merupakan jumlah waktu dalam tahun yang dihitung dari sejak jalan tersebut dibuka untuk lalu lintas sampai diperlukan perbaikan besar atau perlu diberi lapis ulang. Umur rencana untuk jenis perkerasan lentur (flexible pavement) berdasarkan Metode Analisa Komponen dari Bina Marga adalah 5 sampai 10 tahun.

Dalam perencanaan jalan jalur lintas selatan STA 5+000 – STA 10+000 dihitung untuk jangka waktu 10 tahun.

5.4.2. Lalu Lintas

Untuk merencanakan jalan maka diperlukan data mengenai lalu lintas yang melalui jalan tersebut. Lalu lintas yang melalui jalan harus diperkirakan jumlahnya pada saat umur rencana. Hal ini bertujuan agar jalan yang direncanakan dapat berfungsi sesuai dengan kelas fungsinya selama umur jalan yang direncanakan. Data LHR awal umur rencana yaitu tahun 2016 tercatat pada tabel 5.7.

Tabel 5.7. LHR tahun 2016

No.	Gol. Kend	Jenis Kendaraan	Tahun 2016 Kend/hari
1	1	Sepeda motor, sekuter, sepeda kumbang, roda 3	652
2	2	Sedan, Jeep, Minibus, Van, Station Wagon (1 + 1)	2133
4	4	Pick up, Mikro truck, Mobil box (1.5 + 3.5)	2484

5	5a	Bus Kecil (3 + 5)	497
6	5b	Bus Besar (3 + 6)	504
7	6	Truck sedang, Truck berat 2 As (6 + 10)	235
8	7a	Truck berat 3 As (6 + 3x10)	80

Pada perhitungan tebal perkerasan dibutuhkan pula LHR untuk tahun akhir umur rencana yaitu 2026. Oleh karena itu dihitung juga LHR tahun 2026 menggunakan persentase pertumbuhan yang telah ada. Berikut hasil perhitungan LHR tahun 2026 tercatat dalam tabel 5.8.

Tabel 5.8. LHR tahun 2026

No.	Gol. Kend	Jenis Kendaraan	Tahun 2026 Kend/hari
1	1	Sepeda motor, sekuter, sepeda kumbang, roda 3	1282
2	2	Sedan, Jeep, Minibus, Van, Station Wagon (1 + 1)	4196
4	4	Pick up, Mikro truck, Mobil box (1.5 + 3.5)	4047
5	5a	Bus Kecil (3 + 5)	809
6	5b	Bus Besar (3 + 6)	820
7	6	Truck sedang, Truck berat 2 As (6 + 10)	383
8	7a	Truck berat 3 As (6 + 3x10)	118

5.4.3. Angka ekivalen

Angka ekivalen dihitung sesuai dengan tabel 2.10 pada bab tinjauan pustaka. Berikut proses perhitungan angka ekivalen tiap jenis kendaraan :

2. Sedan, jeep, minibus, van, station wagon (1+1)

Roda depan

$$P = 1 \text{ ton}$$

$$E = (P/8.16)^4$$

$$= (1/8.16)^4$$

$$= 0.00023$$

Roda Belakang

$$P = 1 \quad \text{ton}$$

$$E = (P/8.16)^4$$

$$= (1/8.16)^4$$

$$= 0.00023$$

$$E \text{ total} = 0.0005$$

4. Pick up, mikro truck, mobil box (1.5+3.5)

Roda depan

$$P = 1.5 \quad \text{ton}$$

$$E = (P/8.16)^4$$

$$= (1.5/8.16)^4$$

$$= 0.0011$$

Roda Belakang

$$P = 3.5 \quad \text{ton}$$

$$E = (P/8.16)^4$$

$$= (3.5/8.16)^4$$

$$= 0.0338$$

$$E \text{ total} = 0.0350$$

5a. Bus Kecil (3+5)

Roda depan

$$P = 3 \quad \text{ton}$$

$$E = (P/8.16)^4$$

$$= (3/8.16)^4$$

$$= 0.0183$$

Roda Belakang

$$P = 5 \quad \text{ton}$$

$$\begin{aligned}
 E &= (P/8.16)^4 \\
 &= (5/8.16)^4 \\
 &= 0.1410 \\
 E \text{ total} &= 0.1592
 \end{aligned}$$

5b. Bus Besar (3+6)

Roda depan

$$\begin{aligned}
 P &= 3 \quad \text{ton} \\
 E &= (P/8.16)^4 \\
 &= (3/8.16)^4 \\
 &= 0.0183
 \end{aligned}$$

Roda Belakang

$$\begin{aligned}
 P &= 6 \quad \text{ton} \\
 E &= (P/8.16)^4 \\
 &= (6/8.16)^4 \\
 &= 0.2923 \\
 E \text{ total} &= 0.3106
 \end{aligned}$$

6. Truck sedang, Truck berat 2 as (6+10)

Roda depan

$$\begin{aligned}
 P &= 6 \quad \text{ton} \\
 E &= (P/8.16)^4 \\
 &= (6/8.16)^4 \\
 &= 0.2923
 \end{aligned}$$

Roda Belakang

$$\begin{aligned}
 P &= 10 \quad \text{ton} \\
 E &= (P/8.16)^4 \\
 &= (10/8.16)^4 \\
 &= 2.2555 \\
 E \text{ total} &= 2.5478
 \end{aligned}$$

7a. Truck berat 3 as Tandem (6+3x10)

Roda depan

$$\begin{aligned}
 P &= 6 \quad \text{ton} \\
 E &= (P/8.16)^4 \\
 &= (6/8.16)^4 \\
 &= 0.2923
 \end{aligned}$$

Roda tengah

$$\begin{aligned}
 P &= 10 \quad \text{ton} \\
 E &= (P/8.16)^4 \\
 &= (10/8.16)^4 \\
 &= 2.2555
 \end{aligned}$$

Roda Belakang

$$\begin{aligned}
 P &= 20 \quad \text{ton} \\
 E &= 0.086 \times (P/8.16)^4 \\
 &= 0.086 \times \\
 &= (20/8.16)^4 \\
 &= 3.1035
 \end{aligned}$$

$$E \text{ total} = 5.651$$

Rekapitulasi angka ekivalen tiap jenis kendaraan tersebut tercatat dalam tabel 5.9.

Tabel 5.9. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Angka Ekuivalen

Gol. Kend.	Jenis Kendaraan	E
		TOTAL
2	Sedan, Jeep, Minibus, Van, Station Wagon (1 + 1)	0.0005
4	Pick up, Mikro truck, Mobil box (1.5 + 3.5)	0.0350
5a	Bus Kecil (3 + 5)	0.1592
5b	Bus Besar (3 + 6)	0.3106
6	Truck sedang, Truck berat 2 As (6 + 10)	2.5478
7a	Truck berat 3 As (6 + 3x10)	5.6513

5.4.4. Lintas Ekuivalen Permulaan

Lintas ekuivalen permulaan (LEP) dihitung berdasarkan data lalu-lintas awal dibukanya jalan yaitu tahun 2014. LEP dihitung sesuai dengan persamaan 2.49 yaitu :

$$\{LEP = \sum_{i=1}^n LHR_{awal} \times C \times E\}$$

Koefisien Distribusi kendaraan (C) sesuai tabel 2.13

C kendaraan ringan = 0,5

C kendaraan berat = 0,5

Berikut proses perhitungan LEP tiap jenis kendaraan :

2. Sedan, jeep, minibus, van, station wagon (1+1)

$$\begin{aligned} LEP &= LHR \times C \times E \\ &= 1.741 \times 0,5 \times 0,0005 \\ &= 0,393 \end{aligned}$$

4. Pick up, mikro truck, mobil box (1.5+3.5)

$$\begin{aligned} LEP &= LHR \times C \times E \\ &= 2.146 \times 0,5 \times 0,0350 \end{aligned}$$

$$= 30,457$$

5a. Bus Kecil (3+5)

$$\begin{aligned} \text{LEP} &= \text{LHR} \times \text{C} \times \text{E} \\ &= 429 \times 0,5 \times 0,1592 \\ &= 34,156 \end{aligned}$$

5b. Bus Besar (3+6)

$$\begin{aligned} \text{LEP} &= \text{LHR} \times \text{C} \times \text{E} \\ &= 435 \times 0,5 \times 0,3106 \\ &= 67,551 \end{aligned}$$

6. Truck sedang, Truck berat 2 as (6+10)

$$\begin{aligned} \text{LEP} &= \text{LHR} \times \text{C} \times \text{E} \\ &= 203 \times 0,5 \times 2,5478 \\ &= 258,601 \end{aligned}$$

7a. Truck berat 3 as Tandem (6+3x10)

$$\begin{aligned} \text{LEP} &= \text{LHR} \times \text{C} \times \text{E} \\ &= 71 \times 0,5 \times 5,6513 \\ &= 200,622 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan LEP masing-masing kendaraan tersebut kemudian ditotal dan di dapat LEP TOTAL. Rekapitulasi hasil perhitungan LEP tercatat dalam tabel 5.10.

Tabel 5.10. Rekapitulasi hasil perhitungan LEP.

GOL KEND	JENIS KENDARAAN	LEP	LEP TOTAL
2	Sedan, jeep, minibus, van, station wagon	0.393	591.781
4	Pick up, mikro truck, mobil box	30.457	
5a	Bus kecil	34.156	
5b	Bus besar	67.551	
6	Truck sedang, Truck berat 2 as	258.601	
7a	Truck berat 3 as (Tandem)	200.622	

5.4.5. Lintas Ekuivalen Akhir (LEA)

Lintas ekuivalen permulaan (LEA) dihitung berdasarkan data lalu-lintas pada akhir umur rencana yaitu tahun 2024. LEA dihitung sesuai dengan persamaan 2.50 yaitu :

$$\{LEA = \sum_{i=1}^n LHR_{akhir} \times C \times E\}$$

Koefisien Distribusi kendaraan (C) sesuai tabel 2.13

C kendaraan ringan = 0,5

C kendaraan berat = 0,5

Berikut proses perhitungan LEA tiap jenis kendaraan :

2. Sedan, jeep, minibus, van, station wagon (1+1)

$$\begin{aligned} LEA &= LHR \times C \times E \\ &= 4.196 \times 0,5 \times 0,0005 \\ &= 0,946 \quad \text{kend/hari} \end{aligned}$$

4. Pick up, mikro truck, mobil box (1.5+3.5)

$$\begin{aligned} LEA &= LHR \times C \times E \\ &= 4.047 \times 0,5 \times 0,0350 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 70,792 \quad \text{kend/hari} \\
 \text{5a. Bus Kecil (3+5)} \\
 \text{LEA} &= \text{LHR} \times \text{C} \times \text{E} \\
 &= 809 \times 0,5 \times 0,1592 \\
 &= 64,407 \quad \text{kend/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{5b. Bus Besar (3+6)} \\
 \text{LEA} &= \text{LHR} \times \text{C} \times \text{E} \\
 &= 820 \times 0,5 \times 0,3106 \\
 &= 127,378 \quad \text{kend/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{6. Truck sedang, Truck berat 2 as (6+10)} \\
 \text{LEA} &= \text{LHR} \times \text{C} \times \text{E} \\
 &= 383 \times 0,5 \times 2,5478 \\
 &= 487,631 \quad \text{kend/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{7a. Truck berat 3 as Tandem (6+3x10)} \\
 \text{LEA} &= \text{LHR} \times \text{C} \times \text{E} \\
 &= 118 \times 0,5 \times 5.6513 \\
 &= 334,051 \quad \text{kend/hari}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan LEA masing-masing kendaraan tersebut kemudian ditotal dan di dapat LEA TOTAL. Rekapitulasi hasil perhitungan LEA tercatat dalam tabel 5.11

Tabel 5.11. Rekapitulasi hasil perhitungan LEA.

GOL KEND.	JENIS KENDARAAN	LEA	LEA TOTAL
2	Sedan, jeep, minibus, van, station wagon	0.946	1085.20
4	Pick up, mikro truck, mobil box	70.792	
5a	Bus kecil	64.407	
5b	Bus besar	127.378	
6	Truck sedang, Truck berat 2 as	487.631	
7a	Truck berat 3 as (Tandem)	334.051	

5.4.6. Lintas Ekivalen Tengah (LET)

Lintas ekivalen tengah (LET) dihitung sesuai dengan persamaan 2.51 pada tinjauan pustaka, yaitu :

$$LET = \frac{LEP + LEA}{2}$$

$$LET = \frac{591.781 + 1085.20}{2} = 838.49$$

5.4.7. Lintas Ekivalen Rencana (LER)

Lintas ekivalen rencana (LER) dihitung sesuai dengan persamaan 2.52 pada tinjauan pustaka, yaitu :

$$LER = LET \times FP \longrightarrow FP = \frac{UR}{10}$$

$$FP = \frac{10}{10} = 1,0$$

$$LER = 838.49 \times 1,0 = 838.49$$

5.4.8. Faktor Regional (FR)

Prosentase kendaraan berat untuk :

$$\begin{aligned}
 \text{➤ LHR 2016} &= \frac{jml.kend\ berat}{jml.kend\ total} \times 100\% \\
 &= \frac{274}{5.557} \times 100\% = 4,93\% \\
 &= 4,93\% \leq 30\% \\
 \text{➤ LHR 2026} &= \frac{jml.kend\ berat}{jml.kend\ total} \times 100\% \\
 &= \frac{501}{11.654} \times 100\% = 4.30\% \\
 &= 4,30\% \leq 30\%
 \end{aligned}$$

Kelandaian < 6%

Iklm curah hujan rata-rata tahunan < 900 mm/th

Sesuai dengan tabel 2.16 pada tinjauan pustaka didapat nilai FR = 1,0

5.4.9. Indeks Permukaan Awal Umur Rencana (IPo)

Jenis lapis permukaan yang akan dipakai pada jalan jalur lintas selatan ini adalah LASTON MS 744. Sesuai tabel 2.15 pada tinjauan pustaka didapat nilai IPo 3,9-3,5.

5.4.10. Penentuan IPT

Jalan jalur lintas selatan adalah jalan arteri dengan LER = 731.260 (100-1000). Sesuai tabel 2.14 didapat nilai IPT = 2,5.

Rencana Perkerasan Lentur

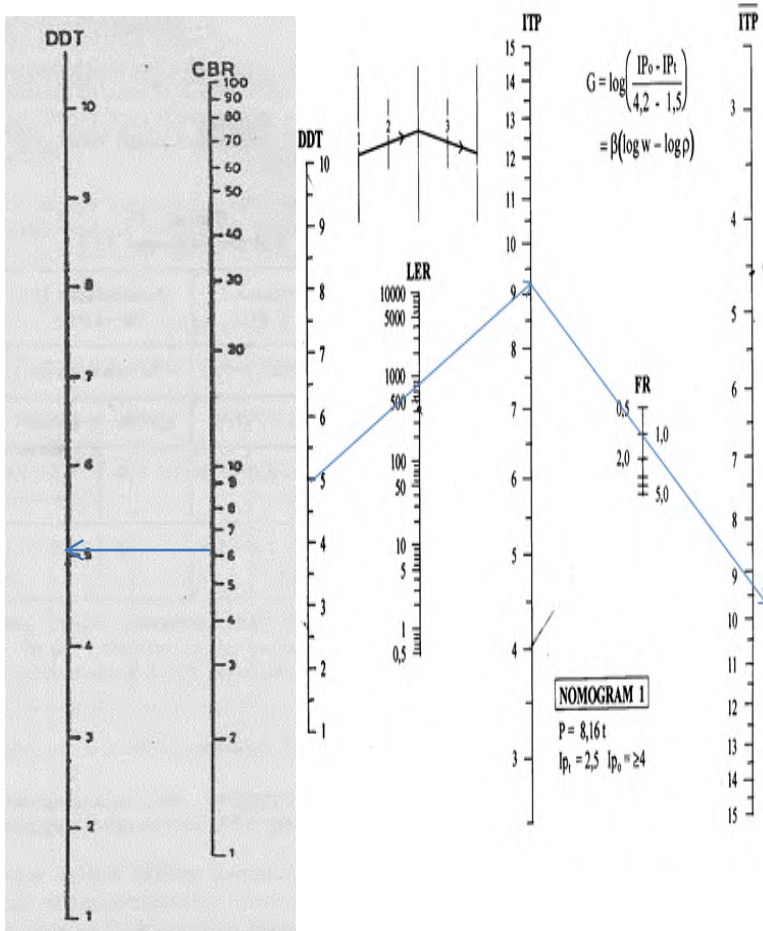
Rencana perkerasan lentur terbagi menjadi rencana jenis surface course, base course, dan subbase course. Rencana tersebut terlihat pada gambar 5.1.

SURFACE COURSE LASTON MS 744 0.4	D1
BASE COURSE BATU PECAH KELAS B CBR 80% 0.13	D2
SUBBASE COURSE SIRTU KELAS C CBR 30% 0.11	D3
SUBGRADE CBR 6%	

Gambar 5.3. Rencana Perkerasan Lentur

Perhitungan Tebal D1 (Surface Course)

Perhitungan D1 menggunakan Laston MS 744 dengan koefisien 0.4. Perhitungan ketebalan D1 didasarkan pada CBR Base course yaitu 80%. Oleh karena itu digunakan nomogram korelasi CBR dan DDT dengan memplot CBR 80% lurus ke kiri hingga mendapat angka DDT. Angka DDT yang didapat adalah 9.9. Untuk perhitungan ketebalan D1 digunakan juga nomogram 2 dengan dasar $IP_o \geq 4$ dan $IP_t = 2,5$.



Gambar 5.4. Perhitungan ITP untuk Surface course

$$ITP = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3$$

$$9,2 = 0,4 \times 7,5 + 0,13 \times 20 + 0,11 \times D_3$$

$$D_3 = 27,7$$

→ dipakai $D_3 = 30 \text{ cm}$

SURFACE COURSE LASTON MS 744 0.4	D1 = 7,5
BASE COURSE BATU PECAH KELAS B CBR 80% 0.13	D2 = 20
SUBBASE COURSE SIRTU KELAS C CBR 30% 0.11	D3 = 30
SUBGRADE CBR 6%	

Gambar 5.5. Susunan Perkerasan Lentur

5.5. PERENCANAAN DRAINASE

Penentuan arah aliran pada saluran tersebut sesuai dengan kelandaian jalan yang ada, serta titik penentuan pada saluran pembuangan. Pada perencanaan saluran tepi ini menggunakan tipe segi empat yang terbuat dari pasangan batu dengan penyelesaian.

Dengan data aktual :

Perkerasan

Aspal	v	=	3 m/dt
	nd	=	0,013
	c1	=	0,70

Bahu jalan

tanah berbutir kasar	v	=	1,2 m/dt
	nd	=	0,2
	c2	=	0,2

Tepi luar saluran

Daerah pinggir kota	v	=	1.2
	nd	=	0.8
	c^3	=	0.6
Saluran dari pasangan batu dengan penyelesaian			
Kecepatan aliran (V)	=	1,80	
Harga n (baik)	=	0,020	

Direncanakan menggunakan saluran tepi tipe persegi, dengan rincian dibawah ini :

Dimisalkan :

$$Fd = b \times d$$

$$b = 2d$$

$$Fd = \frac{Q}{v}$$

$$R = \frac{d}{2}$$

Keterangan :

b = lebar saluran (m)

d = dalam saluran tergenang air (m)

Fd = luas penampang basah

R = jari-jari hidrolis (m)

5.5.1 Perhitungan menentukan arah aliran

Penentuan arah aliran ditentukan sesuai dengan kelandaian jalan yang ada serta titik penentuan pada saluran pembuangan. Rinciannya adalah sebagai berikut pada tabel 5.12:

Tabel 5.12. Penentuan arah aliran

No.	Saluran	Panjang	Elv.1	Elv.2	i lapangan (%)
1	0+000 - 0+400	400	53.90	45.90	0.02
2	0+400 - 0+600	200	53.90	52.40	0.01
3	0+600 - 0+750	150	54.40	52.40	0.01
4	0+750 - 1+100	350	54.40	51.40	0.01
5	1+100 - 1+500	400	51.40	48.40	0.01
6	1+500 - 1+900	400	53.00	48.40	0.01
7	1+900 - 2+300	400	53.00	47.00	0.02
8	2+300 - 2+900	600	50.00	47.00	0.01
9	2+900 - 3+350	450	50.00	48.50	0.003
10	3+350 - 3+700	350	50.00	48.50	0.004
11	3+700 - 4+000	300	50.00	49.00	0.003
12	4+000 - 4+250	250	49.00	48.50	0.002
13	4+250 - 5+000	750	54.00	48.50	0.01

5.5.2. Perhitungan Saluran

SALURAN TEPI

Pada STA 0+000 - 0+400

◆ Perhitungan debit

▪ Penentuan waktu konsentrasi (T_c)

Penentuan inlet time (t_1)

$$t_1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_0 \times \frac{nd}{\sqrt{s}} \right)^{0,167}$$

$$t_1 \text{ perkerasan} = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 5,50 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,02}} \right)^{0,167}$$

$$= 1,413 \text{ menit}$$

$$t_1 \text{ bahu} = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 2,0 \times \frac{0,2}{\sqrt{0,02}} \right)^{0,167}$$

$$= 1,303 \text{ menit}$$

$$t_1 \text{ hutan} = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 50,0 \times \frac{0,8}{\sqrt{0,02}} \right)^{0,167}$$

$$= 2,413 \text{ menit}$$

$$\sum t_1 = 5,130 \text{ menit}$$

Penentuan waktu flow time (t_2)

$$T_2 = \frac{L}{60 \times V}$$

$$T_2 = \frac{400}{60 \times 1.8}$$

$$= 3.703 \text{ menit}$$

Total waktu konsentrasi (T_c)

$$T_c = \sum t_1 + t_2$$

$$= 5.130 + 3.703$$

$$= 8.834 \text{ menit}$$

▪ Penentuan nilai intensitas hujan (I)

Nilai intensitas hujan (I) ditentukan dengan cara memplotkan harga T_c pada waktu konsentrasi di kurva basis. Sehingga diperoleh :

$$I = 175 \text{ mm/jam}$$

▪ Penentuan nilai koefisien aliran (C)

Menentukan luas daerah pengairan (A)

$$\text{Jalan aspal (A}_1) = 3,5 \times 400 = 1400 \text{ m}^2$$

$$\text{Bahu jalan (A}_2) = 2,0 \times 400 = 800 \text{ m}^2$$

$$\text{Pebukitan (A}_3) = 50,0 \times 400 = 20000 \text{ m}^2$$

Koefisien C

$$\text{Jalan aspal (C}_1) = 0,70$$

$$\text{Bahu jalan (C}_2) = 0,20$$

$$\text{Bahu jalan (C}_3) = 0,60$$

$$C = \frac{(C_1 \times A_1) + (C_2 \times A_2) + (C_3 \times A_3)}{\sum A}$$

$$C = \frac{(0,7 \times 1400) + (0,20 \times 800) + (0,6 \times 20000)}{22200}$$

$$= 0,59$$

▪ Penentuan debit aliran (Q)

$$A = 21800 \text{ m}^2 = 0,021800 \text{ km}^2$$

$$C = 0,59$$

$$I = 175 \text{ mm/jam}$$

$$Q = \frac{1}{3,6} \times C \times I \times A$$

$$Q = \frac{1}{3,6} \times 0,59 \times 175 \times 0,021800$$

$$= 0,63 \text{ m}^3/\text{detik}$$

◆ Perhitungan dimensi saluran

Penampang dimensi saluran yang dipakai adalah persegi

$$b = 2d$$

$$Fd = b \times d$$

$$Fd = 2d \times d$$

$$= 2d^2$$

$$O = b + 2d$$

$$= 2d + 2d$$

$$= 4d$$

$$R = Fd/O$$

$$= 2d/4d$$

$$= 1/2d$$

$$Q = V \times Fd$$

$$= (1/n \times R^{2/3} \times i^{1/2}) \times (2d^2)$$

$$= 1/n \times (1/2d)^{2/3} \times i^{1/2} \times (2d^2)$$

$$= 1/n \times (1/2d)^{2/3} \times d^{8/3} \times 2i^{1/2}$$

$$d^{8/3} = Q/(1/n \times 1/2^{2/3} \times 2i^{1/2})$$

$$d = (Q/(1/n \times 1/2^{2/3} \times 2i^{1/2}))^{3/8}$$

$$d = (0,63/(1/0,02 \times 1/2^{2/3} \times 2 \times 0,0113^{1/2}))^{3/8} \times$$

$$d = 0,371 \text{ m}$$

$$b = 0,743 \text{ m}$$

$$w = 0,5^{1/2} \times 0,371$$

$$= 0,3 \text{ m}$$

◆ Perhitungan kemiringan saluran

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i^{1/2}$$

$$i = \left(\frac{V \times n}{R^{2/3}} \right)^2$$

$$\begin{aligned} R &= d / 2 \\ &= 0,414 / 2 \\ &= 0,186 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} i &= \left(\frac{1,8 \times 0,02}{0,414^{2/3}} \right)^2 \\ &= 0,0122 \end{aligned}$$

$$i \text{ lapangan} = 2,00\%$$

$$i \text{ perhitungan} = 1,22\%$$

Karena $i \text{ lapangan} \geq i \text{ perhitungan}$, maka diperlukan pematah arus tiap 16 m.

Untuk perhitungan saluran tepi selanjutnya digunakan program bantu excel untuk menghitung dimensi saluran tepi yang akan digunakan. Rekapitulasi dimensi saluran tiap segmen tercatat dalam tabel 5.13.

Tabel 5.13. Rekapitulasi Dimensi Saluran

No.	Saluran	Panjang	Q (m ³ /dt)	v (m/dt)	h (m)	b (m)	Pematah Arus (m)
1	0+000 - 0+400	400	0.63	2.30	1.0	1.0	16
2	0+400 - 0+600	200	0.32	1.34	1.0	1.0	-
3	0+600 - 0+750	150	0.24	1.55	1.0	1.0	-
4	0+750 - 1+100	350	0.56	1.62	1.0	1.0	-
5	1+100 - 1+500	400	0.63	1.59	1.0	1.0	-
6	1+500 - 1+900	400	0.63	1.87	1.0	1.0	16
7	1+900 - 2+300	400	0.63	2.07	1.0	1.0	16
8	2+300 - 2+900	600	0.95	1.51	1.0	1.0	-
9	2+900 - 3+350	450	0.71	1.21	1.0	1.0	16
10	3+350 - 3+700	350	0.57	1.26	1.0	1.0	-
11	3+700 - 4+000	300	0.49	1.10	1.0	1.0	-
12	4+000 - 4+250	250	0.41	0.87	1.0	1.0	-
13	4+250 - 5+000	750	1.22	1.86	1.0	1.0	16

Saluran Melintang

$$Q \text{ total} = 0.54 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

1. Penentuan Kemiringan Saluran

$$\begin{aligned}
 L &= 9 \text{ m} \\
 t_0 &= 53.9 \text{ m} \\
 t_1 &= 52.4 \text{ m} \\
 i &= (t_0 - t_1)/L \times 100\% \\
 &= (53.9 - 52.4)/9 \times 100\% \\
 &= 16.67\%
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan saluran melintang selanjutnya digunakan program bantu excel untuk menghitung dimensi saluran tepi yang akan digunakan. Berikut rekapitulasi hasil perhitungan saluran melintang :

STA 0+600

h	=	1.5	M
b	=	1.5	M
tebal	=	0.15	M
panjang	=	9	M
keliling	=	7.2	M
luas	=	1.08	M ²
volume	=	9.72	M ³

STA 1+500

h	=	1.5	M
b	=	1.5	M
tebal	=	0.15	M
panjang	=	9	M
keliling	=	7.2	M
luas	=	1.08	M ²
volume	=	9.72	M ³

STA 2+500

h	=	1.5	M
b	=	1.5	M
tebal	=	0.15	M
panjang	=	9	M
keliling	=	7.2	M
luas	=	1.08	M ²
volume	=	9.72	M ³

STA 3+400

h	=	1.5	M
b	=	1.5	M
tebal	=	0.15	M
panjang	=	9	M
keliling	=	7.2	M

luas	=	1.08	M2
volume	=	9.72	M3
STA 4+250			
h	=	1.5	M
b	=	1.5	M
tebal	=	0.15	M
panjang	=	9	M
keliling	=	7.2	M
luas	=	1.08	M2
volume	=	9.72	M3
TOTAL	=	48.6	M3

5.6. METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN

5.6.1. Pekerjaan Persiapan

Pekerjaan persiapan adalah pekerjaan awal yang meliputi kegiatan-kegiatan pendahuluan untuk mendukung permulaan proyek meliputi :

1. Pembuatan job mix design
Sebelum pekerjaan utama dilaksanakan pengambilan sample bahan dari quarry yang berada dilokasi setempat atau yang berdekatan.
2. Pengaturan arus transportasi
Untuk kelancaran pelaksanaan pekerjaan, pengaturan arus lalu lintas dilakukan dengan pembuatan tanda-tanda lalu lintas yang memadai disetiap kegiatan lapangan.
3. Material dan penyimpanan

Bahan yang digunakan didalam pekerjaan harus memenuhi spesifikasi dan standart yang berlaku, baik ukuran, tipe maupun ketentuan sesuai petunjuk. Semua material yang digunakan untuk proses pembuatan concrete diambil dari quarry dilokasi setempat.

4. Pelaksanaan mobilisasi alat

Dalam pelaksanaan mobilisasi alat meliputi :

- a. Dump truck
- b. Excavator
- c. Motor grader
- d. Tandem roller
- e. Water tanker truck
- f. Vibrator roller
- g. Concrete mixer
- h. Wheel loader

5.6.2. Pekerjaan Tanah

1. Galian Tanah

Pekerjaan galian biasa harus mencakup seluruh galian yang diklarifikasi dan sesuai dengan prosedurnya. Pengukuran dan pemasangan bouwplank untuk menentukan kedalaman galian dilaksanakan dengan theodolit. Pekerjaan penggalian dilaksanakan setelah pemasangan bouwplank, dalam hal ini penentuan kedalaman galian.

2. Timbunan Tanah

Timbunan harus terdiri dari bahan tanah atau batu yang memenuhi semua ketentuan diatas level timbunan yang memiliki sifat-sifat tertentu tergantung dari maksud penggunaannya dalam segala hal seperti diperintahkan atau disetujui direksi.

3. Pengangkutan Material

Pengangkutan material urugan kelokasi pekerjaan menggunakan dump truck dan loadingnya dilakukan dengan wheel loader. Pengecekan dan pencatatan material dilakukan pada saat penghamparan agar tidak terjadi kelebihan dan kekurangan material.

4. Penghamparan Material

Penghamparan material dilakukan dengan menggunakan motor grader. Dalam tahap ini harus diperhatikan kondisi cuaca, panjang hamparan setiap section dan tebal penghamparan sesuai spesifikasi, material yang tidak dipakai dipisahkan dan ditempatkan lokasi yang sudah ditetapkan.

5. Pemadatan Material

Pemadatan dilakukan dengan menggunakan vibro roller dimulai bagian tepi ke bagian tengah. Pemadatan dilakukan berulang jika dimungkinkan mendapatkan hasil yang maksimal.

5.6.3. Pekerjaan Berbutir

1. Lapis pondasi agregat kelas B bahu jalan

Pekerjaan lapis pondasi agregat kelas B pada bahu jalan dikerjakan setelah selesainya pekerjaan lapis pondasi. Pondasi agregat kelas B pada bahu jalan dapat dikerjakan bersamaan dengan pekerjaan lapis pondasi agregat B pada jalan. Peralatan yang digunakan adalah wheel loader, dump truck, motor grader, tandem roller, water tank dan peralatan bantu lainnya. Setelah dilakukan penghamparan material dengan menggunakan motor grader dan tandem roller, maka selama masa pemadatan pekerja melakukan perapihan tepi hamparan dan level permukaan.

2. Lapis pondasi agregat kelas B

Pekerjaan ini meliputi pengadaan material, proses pencampuran, pengangkutan, perataan dan

pemadatan. Lapis pondasi agregat B untuk base course. Komposisi pencampuran disesuaikan dengan spesifikasi teknik setelah terlebih dahulu di buat job mix formula sebagai acuan pencampuran. Peralatan yang digunakan wheel loader mencampur dan memuat agregat kedalam dump truk. Dump truk tersebut mengangkut agregat ke lokasi pekerjaan dan di hampar menggunakan motor grader. Hamparan agregat dibasahi dengan water tanker, lalu dipadatkan dengan vibratory roller. Selama pemadatan pekerja merapikan tepi hamparan dan leveling.

3. Lapis pondasi agregat kelas A

Lapis pondasi agregat kelas A merupakan bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi bawan dan lapis permukaan yang berfungsi sebagai penahan gaya lintang dari beban roda, sebagai lapisan peresapan untuk pondasi bawah, memberi bantalan terhadap lapisan permukaan. Penghamparan material agregat tidak boleh dilakukan apabila cuaca tidak mendukung seperti pada waktu hujan karena kadar air terlalu tinggi. Pemadatan harus dilakukan hanya bila kadar air dari bahan berada dalam rentang 3% di bawah kadar air optimum sampai 1% diatas kadar air optimum. Alat untuk menghamparkan material menggunakan motor grader. Setelah material sudah rata sesuai elevasi dan ketebalan yang ditentukan selanjutnya dipadatkan dengan vibratory roller.

5.6.4. Pekerjaan Perkerasan Aspal

Setelah penghamparan material untuk lapisan pondasi bawah baru dilakukan proses selanjutnya adalah penghamparan aspal yang sebelumnya telah dipanaskan terlebih dahulu hingga mencair. Untuk menghamparkan digunakan alat aspal finisher. Aspal yang digunakan untuk pelaksanaan campuran aspal adalah

jenis aspal minyak yang mempunyai titik leleh 48° . pekerjaan penghamparan dan pemadatan aspal panas diatas permukaan agregat A yang telah di prime coat akan dilaksanakan dengan lapisan AC Base. Tack coat sebagai bonding akan dilakukan sebelum pekerjaan lapisan untuk AC-BC dan AC-WC

5.6.5. Pekerjaan Drainase

Pekerjaan drainase dimulai dengan melakukan pengukuran dan elevasi dasar saluran khususnya outlet dari existing saluran untuk menentukan ketinggian saluran rencana dengan menggunakan titik ikat yang diikuti dengan pemasangan patok serta profil kemiringan . pekerjaan galian drainase dilakukan baik pada sisi kiri dan kanan sepanjang jalan. Pemasangan pasangan batu dengan adukan mortar pada daerah yang digali dengan tipikal dimensi yang direncanakan

5.6.6. Pekerjaan Minor

Pelaksanaan pekerjaan pengembalian kondisi jalan (minor) dimulai dengan menginventarisasi kondisi existing permukaan jalan saat dilakukan field engineering. Pada saat dilakukan pekerjaan tersebut akan didapat lokasi-lokasi yang mengalami kerusakan yang perlu dikembalikan kondisinya dengan menggunakan campuran aspal panas. Pelaksanaan pekerjaan ini dilakukan dalam periode mobilisasi. Untuk pembuatan marka jalan dilakukan secara mekanik dengan menyemprotkan cat diatas mal yang diletakkan diatas permukaan jalan. Untuk pekerjaan pemberian patok dibuat dengan beton bertulang pracetak dengan mutu K175(15Mpa) yang diberi cat sedemikian sesuai spesifikasi perencanaan.

5.6.7. Peralatan Metode Pelaksanaan



Gambar 5.6. Peralatan Loader



Gambar 5.7. Peralatan Backhoe



Gambar 5.8. Peralatan Motor Grader



Gambar 5.9. Peralatan Aspal Finisher



Gambar 5.10. Peralatan Aspal Finisher

5.7. STABILITAS TANAH

Tekanan tanah lateral dibelakang dinding penahan tanah bergantung pada sudut geser dalam tanah (ϕ) dan kohesi (c). Tekanan lateral meningkat dari atas sampai ke bagian paling bawah pada tembok penahan tanah.

Tabel 5.14. Data Tanah

DENSITY						
Project : PERENCANAAN TEKNIS JALAN DAN JEMBATAN JATIM II						
Location : RUAS JALAN TRENGGALEK - BATAS PACITAN						
No. Site : Tepi tebing						
Ring No.	I	II	III	tinggi tebing	10	m
Mass of	40.00	39.20	38.90			
gram						
Mass of	18.3	18.4	18.4	C	=	0.031 kg/cm ²
gram				Ø	=	28.32 -
Diamete	2.3	2.2	2.3			
cm						
Height o	2.6	2.5	2.6			
cm						
Volume	10.81	9.51	10.81			
cm ³						
Mass of	21.70	20.80	20.50			
gram						
Soil unit	gr/cm ³	2	2			
Water cc	26.65	26.65	26.65			
%						
Dry dens	gr/cm ³	1,585	1,727			
Average	gr/cm ³	2,031				
Average	gr/cm ³	1,604				

$$K_a = \frac{1 - \sin\theta}{1 + \sin\theta}$$

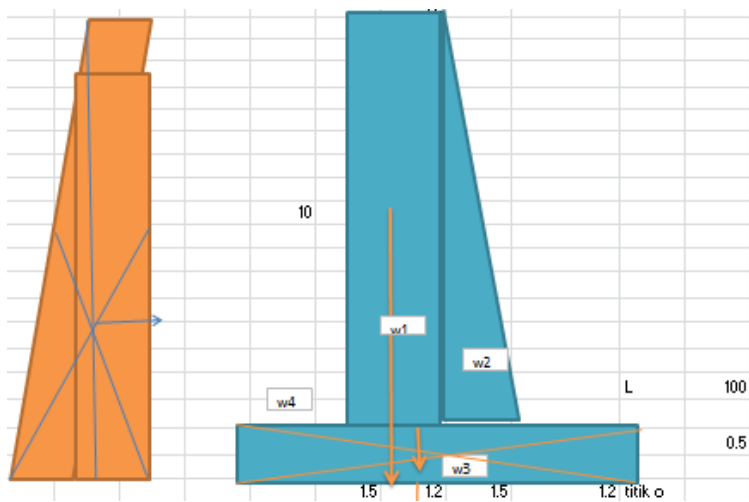
$$K_a = \frac{1 - 0.4744}{1 + 0.4744}$$

$$K_a = 0.356$$

$$K_p = \frac{1 + \sin\theta}{1 - \sin\theta}$$

$$K_p = \frac{1 + 0.4744}{1 - 0.4744}$$

$$K_p = 2.805$$



Gambar 5.11. Stabilitas Dinding Penahan

$$\begin{aligned} W_1 &= b \times h \times \gamma \\ W_1 &= 1.2 \times 10 \times 2.2 \\ W_1 &= 26,4 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_2 &= \frac{1}{2}b \times h \times \gamma \\ W_2 &= 0.75 \times 10 \times 2.2 \\ W_2 &= 16,5 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_3 &= b \times h \times \gamma \\ W_3 &= 5.4 \times 0.5 \times 2.2 \\ W_3 &= 5,94 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_4 &= b \times h \times \gamma \\ W_4 &= 1.5 \times 10 \times 1.3830 \\ W_4 &= 20.75 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pa_1 &= 0.5 \times Ka \times \gamma_{\text{air}} \times h_2 \\ Pa_1 &= 0.5 \times 0.356 \times 1000 \times 49 \\ Pa_1 &= 8,374 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pa_2 &= 0.5 \times Ka \times \gamma_{\text{tanah}} \times h_2 \\ Pa_2 &= 0.5 \times 0.356 \times 1.3830 \times 110 \\ Pa_2 &= 27,178 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pp &= 0.5 \times Kp \times \gamma_{\text{tanah}} \times h_2 \\ Pp &= 0.5 \times 2.805 \times 1.3830 \times 0.25 \\ Pp &= 0.4849 \end{aligned}$$

- Perhitungan penahan tanah

$$\begin{aligned} \text{Jarak guling} &= b_2 + b_3 + b_4 \times 1/2 \\ \text{Jarak guling} &= 1.2 + 1.5 + 1.2 \times 0.5 \\ \text{Jarak guling} &= 3,3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen} &= W \times \text{Jarak guling} \\ \text{Momen} &= 26.4 \times 3.3 \\ \text{Momen} &= 87,12 \end{aligned}$$

Tabel 5.15. Rekapitulasi Penahan Tanah

Bidang	Berat	Jarak Guling	Momen
1	26.4	3.3	87.12
2	16.5	1.95	32.175
3	5.94	2.7	16.038
4	20.745	4.65	96.46425
total	69.585		231.7973

- Perhitungan penahan tanah aktif

$$\begin{aligned} \text{Jarak guling} &= h_1 + h_2 \times 2/3 \times 1/3 \\ \text{Jarak guling} &= 10 + 0.5 \times 2/3 \times 1/3 \\ \text{Jarak guling} &= 2,333 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen} &= Pa_1 \times \text{Jarak guling} \\ \text{Momen} &= 8.374 \times 2.333 \\ \text{Momen} &= 20.379 \end{aligned}$$

Tabel 5.16. Rekapitulasi Penahan Tanah Aktif

Bidang	Berat	Jarak Guling	Momen
1	8.733959	2.333333333	20.37924
2	27.1779	3.5	95.12264
total	36		115.5019

- Perhitungan penahan tanah pasif

$$\begin{aligned} \text{Jarak guling} &= h_2 \times 1/3 \\ \text{Jarak guling} &= 0.5 \times 1/3 \\ \text{Jarak guling} &= 0,16667 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen} &= Pa_1 \times \text{Jarak guling} \\ \text{Momen} &= 0.4849 \times 0.16667 \\ \text{Momen} &= 0,0808 \end{aligned}$$

- Perhitungan stabilitas guling

$$F_s = \frac{\Sigma MV}{\Sigma MH}$$

$$F_s = \frac{231.88}{115.50}$$

$F_s = 2.008$ → lebih dari 1.5 jadi dinding penahan aman

- Perhitungan stabilitas geser

$$P_h = c \times b + \Sigma W \times \tan \theta$$

$$P_h = 0.031 \times 5.4 + 69.585 \times 0.5389$$

$$P_h = 42.66$$

$$P_a = 36$$

$$F_s = \frac{p_h}{p_a}$$

$$F_s = \frac{42.66}{36}$$

$F_s = 1.5207$ → lebih dari 1.5 jadi dinding penahan aman

5.8. RENCANA ANGGARAN BIAYA

Pada perencanaan jalan jalur lintas ini direncanakan juga anggaran biaya yang akan dibutuhkan untuk proses pelaksanaan jalan ini. Adapun sebelum perhitungan biaya terlebih dahulu harus melakukan penghitungan volume tiap item pekerjaan. Berikut perhitungan volume tiap item pekerjaan :

5.8.1. Volume Pekerjaan

1. Pekerjaan tanah

1.1 Pembersihan dan pembongkaran (m^2)

- Lebar jalan : $3,5 \text{ m} \times 2 = 7 \text{ m}$
- Lebar bahu : $1 \text{ m} \times 2 = 2 \text{ m}$
- Lebar saluran : $1 \text{ m} \times 2 = 2 \text{ m}$
- Total : 11 m

- Volume keseluruhan : $5000 \times 11 \text{ m} = 55000 \text{ m}^2$

1.2 Galian tanah (m^3)

- Volume : $56947,50 \text{ m}^3$

1.3 Urugan biasa (m^3)

- Volume : $109822,50 \text{ m}^3$

2. Pekerjaan perkerasan berbutir

2.1 Lapisan pondasi agregat kelas B bahu (m^3)

- Lebar bahu : $1 \text{ m} \times 2 = 2 \text{ m}$
- Tebal perkerasan : $25 \text{ cm} = 0,25 \text{ m}$
- Volume : $5000 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 0,25 \text{ m} \times 2 = 5000 \text{ m}^3$

2.2 Lapisan pondasi agregat kelas B (m^3)

- Lebar jalur : $3,5 \text{ m} \times 2 = 7 \text{ m}$
- Tebal perkerasan : $20 \text{ cm} = 0,20 \text{ m}$
- Volume : $5000 \text{ m} \times 7 \text{ m} \times 0,20 \text{ m} = 7000 \text{ m}^3$

2.3 Lapisan pondasi agregat kelas A (m^3)

- Lebar jalan : $3,5 \text{ m} \times 2 = 7 \text{ m}$
- Tebal perkerasan : $20 \text{ cm} = 0,20 \text{ m}$
- Volume : $5000 \text{ m} \times 7 \text{ m} \times 0,20 \text{ m} = 7000 \text{ m}^3$

3. Pekerjaan perkerasan aspal
 - 3.1 Lapis resap pengikat (prime coat) (liter)
 - Lebar jalan : $3,5 \text{ m} \times 2 = 7 \text{ m}$
 - Kebutuhan 1 m^2 prime coat : 1.75 liter
(sesuai spesifikasi PU BINA MARGA)
 - Volume : $5000 \text{ m} \times 7 \text{ m} \times 1.75 = 6000 \text{ liter}$
 - 3.2 AC-BC (m^3)
 - Lebar jalan : $3,5 \text{ m} \times 2 = 7 \text{ m}$
 - Tebal perkerasan : $6 \text{ cm} = 0.06 \text{ m}$
 - Volume : $5000 \text{ m} \times 7 \text{ m} \times 0,06 \text{ m} = 2100 \text{ m}^3$
 - 3.3 Lapis Perekat (liter)
 - Lebar jalan : $3,5 \text{ m} \times 2 = 7 \text{ m}$
 - Kebutuhan 1 m^2 tack coat ; 0.75 liter
(sesuai spesifikasi PU BINA MARGA)
 - Volume : $5000 \text{ m} \times 7 \text{ m} \times 0.75 \text{ m} = 26250 \text{ m}^3$
 - 3.4 AC-WC (m^2)
 - Lebar jalan : $3,5 \text{ m} \times 2 = 7 \text{ m}$
 - Tebal perkerasan : $4 \text{ cm} = 0.04 \text{ m}$
 - Volume : $5000 \text{ m} \times 7 \text{ m} \times 0,04 \text{ m} = 1400 \text{ m}^3$

4. Pekerjaan Drainase
 - 4.1 Saluran tepi
 - Jumlah saluran : 2
 - Volume : $5000 \text{ m}^3 \times 2 = 10000 \text{ m}^3$

 - 4.2 Plesteran halus
 - Panjang plesteran : 6.5 m
 - Jumlah saluran : 2
 - Panjang saluran : 5000 m
 - Volume : $5000 \text{ m} \times 6.5 \text{ m} \times 2 = 65.000 \text{ m}^2$

5. Pengembalian kondisi dan pekerjaan minor
 - 5.1 Marka jalan (m^2)
 - a. Marka tengah
 - Asumsi $1 \text{ km} = 16,2 \text{ m}^2$

Marka : $5.000 \times 16,2 \text{ m}^2 = 86,62 \text{ m}^2$

b. Marka tepi

▪ Volume : $5000 \text{ m} \times 0,12 \times 2 = 1283,28 \text{ m}^2$

5.2 Patok hektometer (buah)

▪ Patok Hektometer (tiap 100m) = 39 buah

5.3 Patok kilometer (buah)

▪ Patok kilometer (tiap 1000m) = 6 buah

5.8.2. Harga Satuan Dasar

Harga satuan dasar yang digunakan adalah harga satuan wilayah Tulungagung. Adapun harga satuan upah dan bahan tercatat dalam tabel 5.14 dan 5.15.

Tabel 5.17. Harga Satuan Upah

No.	URAIAN	KODE	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp.)	KETERANGAN (HRG SATIHARI) (Rp.)
1.	Pekerja	(L01)	Jam	4,840	33,880
2.	Tukang	(L02)	Jam	6,914	48,398
3.	M a n d o r	(L03)	Jam	8,211	57,477
4.	Operator	(L04)	Jam	7,500	52,500
5.	Pembantu Operator	(L05)	Jam	6,050	57,477
6.	Sopir / Driver	(L06)	Jam	6,914	48,398
7.	Pembantu Sopir / Driver	(L07)	Jam	6,050	42,350
8.	Mekanik	(L08)	Jam	7,500	52,500
9.	Pembantu Mekanik	(L09)	Jam	6,914	48,398
10.	Kepala Tukang	(L10)	Jam	8,211	57,477

Tabel 5.18. Harga Satuan Bahan

No.	URAIAN	KODE	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp.)	KETERANGAN
1	Pasir Pasang (Sedang)	M01b	M3	70,000	Base Camp
2	Pasir Beton (Kasar)	M01a	M3	84,498	Base Camp
5	Batu Kali	M02	M3	80,000	Lokasi Pekerjaan
6	Agregat Kasar	M03	M3	100,000	Base Camp
7	Agregat Halus	M04	M3	125,000	Base Camp
8	Filler	M05	Kg	1,000	Proses/Base Camp
9	Batu Belah / Kerakal	M06	M3	80,000	Lokasi Pekerjaan
10	Gravel	M07	M3	145,857	Base Camp
11	Bahan Tanah Timbunan	M08	M3		SITE
12	Bahan Pilihan	M09	M3	46,000	SITE
13	Aspal	M10	KG	6,845	Base Camp
14	Kerosen / Minyak Tanah	M11	LITER	2,750	Base Camp
15	Semen / PC (50kg)	M12	Zak	50,000	Base Camp
16	Semen / PC (kg)	M12	Kg	1,000	Base Camp
17	Besi Beton	M13	Kg	10,500	Lokasi Pekerjaan
18	Kawat Beton	M14	Kg	10,000	Lokasi Pekerjaan
19	Kawat Bronjong	M15	Kg	8,000	Lokasi Pekerjaan
20	Sirtu	M16	M3	47,000	Lokasi Pekerjaan
21	Cat Marka (Non Thermoplas)	M17a	Kg	27,500	Lokasi Pekerjaan
22	Cat Marka (Thermoplastic)	M17b	Kg	32,000	Lokasi Pekerjaan
23	Paku	M18	Kg	16,000	Lokasi Pekerjaan
24	Kayu Perancah	M19	M3	1,200,000	Lokasi Pekerjaan
25	Bensin	M20	LITER	5,500	BC/Site
26	Solar	M21	LITER	6,627	BC/Site
27	Minyak Pelumas / Olie	M22	LITER	35,000	BC/Site
28	Plastik Filter	M23	M2	16,000	Lokasi Pekerjaan
29	Pipa Galvanis Dia. 1.6"	M24	Batang	150,000	Lokasi Pekerjaan
30	Pipa Porus	M25	M'	40,000	Lokasi Pekerjaan
31	Bahan Agr. Base Kelas A	M26	M3	90,000	Base Camp
32	Bahan Agr. Base Kelas B	M27	M3	80,000	Base Camp
33	Bahan Agr. Base Kelas C	M28	M3	75,000	Base Camp
34	Bahan Agr. Base Kelas C2	M29	M3	70,000	Tidak tersedia
35	Geotextile	M30	M2	13,500	Lokasi Pekerjaan
36	Aspal Emulsi	M31	Kg	5,545	Base Camp
37	Gebalan Rumpit	M32	M2	2,800	Lokasi Pekerjaan
38	Thinner	M33	LITER	20,000	Lokasi Pekerjaan
39	Glass Bead	M34	Kg	39,000	Lokasi Pekerjaan
40	Pelat Rambu (Eng. Grade)	M35a	BH	350,000	Lokasi Pekerjaan

Lanjutan tabel 5.18.

41	Pelat Rambu (High I. Grade)	M35b	BH	200,000	Lokasi Pekerjaan
42	Rel Pengaman	M36	M'	250,000	Lokasi Pekerjaan
43	Beton K-250	M37	M3		Lokasi Pekerjaan
44	Baja Tulangan (Polos) U24	M39a	Kg	10,500	Lokasi Pekerjaan
45	Baja Tulangan (Ulir) D32	M35b	Kg	11,000	Lokasi Pekerjaan
46	Kapur	M40	M3	132,000	Hasil Proses
47	Chipping	M41	M3	145,000	Base Camp
48	Chipping (kg)	M41kg	Kg	99	Base Camp
49	Cat	M42	Kg	39,000	Base Camp
50	Pemantul Cahaya (Reflector)	M43	Bh.	8,600	Base Camp
51	Pasir Urug	M44	M3	84,000	Base Camp
52	Arbocell	M45	Kg.	32,189	Base Camp
53	Baja Bergelombang	M46	Kg	12,500	Lokasi Pekerjaan
54	Beton K-125	M47	M3	600,843	Lokasi Pekerjaan
55	Baja Struktur	M48	Kg	17,000	Pelabuhan terdekat
56	Tiang Pancang Baja	M49	M'		Lokasi Pekerjaan
57	Tiang Pancang Beton Pratekan	M50	M3		Pelabuhan terdekat
58	Kawat Las	M51	Dos		Lokasi Pekerjaan
59	Pipa Baja	M52	Kg		Pelabuhan terdekat
60	Minyak Fluks	M53	Liter		Base Camp
61	Bunker Oil	M54	Liter		Base Camp
62	Asbuton Halus	M55	Ton		Base Camp
63	Baja Prategang	M56	Kg		Base Camp
64	Baja Tulangan (Polos) U32	M57a	Kg	10,500	Lokasi Pekerjaan
65	Baja Tulangan (Ulir) D39	M39c	Kg	11,000	Lokasi Pekerjaan
66	Baja Tulangan (Ulir) D48	M39d	Kg	11,000	Lokasi Pekerjaan
67	PCI Girder L=17m	M58a	Buah	86,508,182	Pelabuhan terdekat
68	PCI Girder L=21m	M58b	Buah	97,573,182	Pelabuhan terdekat
69	PCI Girder L=28m	M58c	Buah	124,732,727	Pelabuhan terdekat
70	PCI Girder L=32m	M58d	Buah	157,927,727	Pelabuhan terdekat
71	PCI Girder L=38m	M58e	Buah	188,992,727	Pelabuhan terdekat
72	PCI Girder L=41m	M58f	Buah	193,134,545	Pelabuhan terdekat
73	Beton K-300	M59	M3	1,405,207	Lokasi Pekerjaan
74	Beton K-175	M60	M3	625,989	Lokasi Pekerjaan
75	Cerucuk	M61	M	9,429	
76	Elastomer	M62	buah	301,773	
77	Bahan pengawet: kreosot	M63	liter	5,030	
78	Mata Kucing	M64	buah	75,443	
79	Anchorage	M65	buah	482,836	

Lanjutan tabel 5.18.

80	Anti stripping agent	M66	liter	45,266	
81	Bahan Modifikasi	M67	Kg	1,008	
82	Beton K-500	M68	M3		
83	Beton K-400	M69	M3		
84	Ducting (Kabel prestress)	M70	M'	150,886	
85	Ducting (Strand prestress)	M71	M'	50,295	
86	Beton K-350	M72	M3		
87	Multipleks 12 mm	M73	Lbr	182,573	
88	Elastomer jenis 1	M74a	buah	387,778	Base Camp
89	Elastomer jenis 2	M74b	buah	653,841	Base Camp
90	Elastomer jenis 3	M74c	buah	842,952	Base Camp
91	Expansion Tipe Joint Asphaltic Plug	M75d	M	1,005,909	Base Camp
92	Expansion Join Tipe Rubber	M75e	M	1,207,091	Base Camp
93	Expansion Join Baja Siku	M75f	M	276,625	Base Camp
94	Marmor	M76	Buah	402,364	Base Camp
95	Kerb Type A	M77	Buah	45,268	Base Camp
96	Paving Block	M78	Buah	60,355	Lokasi Pekerjaan
97	Mini Timber Pile	M79	Buah	27,160	Lokasi Pekerjaan
98	Expansion Joint Tipe Torma	M80	M1	1,207,091	Lokasi Pekerjaan
99	Strip Bearing	M81	Buah	230,858	Lokasi Pekerjaan
100	Joint Socket Pile 35x35	M82	Set	611,090	Lokasi Pekerjaan
101	Joint Socket Pile 16x16x16	M83	Set	67,899	Lokasi Pekerjaan
102	Mikro Pile 16x16x16	M84	M1	61,109	Lokasi Pekerjaan
103	Matras Concrete	M85	Buah	407,393	Lokasi Pekerjaan
104	Assetiline	M86	Botol	230,858	Lokasi Pekerjaan
105	Oxygen	M87	Botol	115,428	Lokasi Pekerjaan
106	Batu Bara	M88	Kg	604	Lokasi Pekerjaan
107	Pipa Galvanis Dia 3"	M24a	M	20,118	
108	Pipa Galvanis Dia 1,5"	M24b	M	15,089	
109	Agregat Pecah Mesin 0-5 mm	M91	M3	150,888	Base Camp
110	Agregat Pecah Mesin 5-10 & 10-20 mm	M92	M3	135,798	Base Camp
111	Agregat Pecah Mesin 20-30 mm	M93	M3	130,768	Base Camp
112	Joint Sealent	M94	Kg	34,302	
113	Cat Anti Karat	M95	Kg	45,268	
114	Expansion Cap	M96	M2	6,088	
115	Polytane 125 mikron	M97	Kg	19,364	
116	Curing Compound	M98	Ltr	38,728	
117	Kayu Acuan	M99	M3	1,106,500	
118	Additive	M87a	Ltr	38,728	
119	Casing	M100	M2	9,053	

5.8.3. Harga Satuan Pokok Pekerjaan

1. Pekerjaan tanah

Tabel 5.19. HSPK Pekerjaan Tanah

Pembersihan (m ²)					
No.	Komponen	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga Satuan (Rp)
a	Tenaga				
1	Pekerja	0.07	Jam	4,840	338.8
2	Mandor	0.014	Jam	8,211	114.954
b	Bahan				
c	Peralatan				
1	Bulldozer	0.005	Jam	350834	1754.17
2	Wheel Loader	0.0033	Jam	342582	1130.5206
3	Dump Truck 6 ton	0.0118	Jam	151646	1789.4228
4	Alat Bantu	1	Ls	1000	1000
	Total (Rp)				6127.8674
	Overhead Profit (10%)				612.78674
	Total Harga Satuan Pekerjaan (Rp)				6740.65414

Galian Biasa (m ³)					
No.	Komponen	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga Satuan (Rp)
a	Tenaga				
1	Pekerja	0.076	Jam	4,840	367.84
2	Mandor	0.0253	Jam	8,211	207.7383
b	Bahan				
c	Peralatan				
1	Excavator	0.0253	Jam	297651	7530.5703
3	Dump Truck 6 ton	0.1301	Jam	151646	19729.1446
4	Alat Bantu	1	Ls	1000	1000
	Total (Rp)				28259.7149
	Overhead Profit (10%)				2825.97149
	Total Harga Satuan Pekerjaan (Rp)				31085.68639

Timbunan Biasa (m3)					
No.	Komponen	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga Satuan (Rp)
a	Tenaga				
1	Pekerja	0.0466	Jam	4,840	225.544
2	Mandor	0.0117	Jam	8,211	96.0687
b	Bahan				
c	Peralatan				
1	Motor Grader	0.0012	Jam	341153	409.3836
3	Vibro Roller	0.013	Jam	239112	3108.456
4	Alat Bantu	1	Ls	1000	1000
	Total (Rp)				4517.8396
	Overhead Profit (10%)				451.78396
	Total Harga Satuan Pekerjaan (Rp)				4969.62356

2. Pekerjaan Berbutir

Tabel 5.20. HSPK Pekerjaan Berbutir

Agregat Kelas B Bahu Jalan (m3)					
No.	Komponen	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga Satuan (Rp)
a	Tenaga				
1	Pekerja	0.0874	Jam	4,840	423.016
2	Mandor	0.0125	Jam	8,211	102.6375
b	Bahan				
	Agregat B	1.2586	M3	80000	100688
c	Peralatan				
1	Wheel Loader	0.0125	Jam	342582	4282.275
2	Dump Truck	0.3145	Jam	151646	47692.667
3	Water Tanker	0.0292	Jam	127044	3709.6848
4	Motor Grader	0.0095	Jam	341153	3240.9535
5	Vibro Roller	0.0056	Jam	239112	1339.0272
6	Alat Bantu	1	Ls	1000	1000
	Total (Rp)				162478.261
	Overhead Profit (10%)				16247.8261
	Total Harga Satuan Pekerjaan (Rp)				178726.0871

Agregat Kelas B (m ³)					
No.	Komponen	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga Satuan (Rp)
a	Tenaga				
1	Pekerja	0.0874	Jam	4,840	423.016
2	Mandor	0.0125	Jam	8,211	102.6375
b	Bahan				
	Agregat B	1.2586	M3	75000	94395
c	Peralatan				
1	Wheel Loader	0.0125	Jam	342582	4282.275
2	Dump Truck	0.3145	Jam	151646	47692.667
3	Water Tanker	0.0292	Jam	127044	3709.6848
4	Motor Grader	0.0095	Jam	341153	3240.9535
5	Vibro Roller	0.0056	Jam	239112	1339.0272
6	Alat Bantu	1	Ls	1000	1000
	Total (Rp)				156185.261
	Overhead Profit (10%)				15618.5261
	Total Harga Satuan Pekerjaan (Rp)				171803.7871

Agregat Kelas A (m ³)					
No.	Komponen	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga Satuan (Rp)
a	Tenaga				
1	Pekerja	0.0925	Jam	4,840	447.7
2	Mandor	0.0132	Jam	8,211	108.3852
b	Bahan				
	Agregat A	1.2586	M3	90000	113274
c	Peralatan				
1	Wheel Loader	0.0132	Jam	342582	4522.0824
2	Dump Truck	0.3156	Jam	151646	47859.4776
3	Water Tanker	0.0141	Jam	127044	1791.3204
4	Motor Grader	0.003	Jam	341153	1023.459
5	Vibro Roller	0.0241	Jam	239112	5762.5992
6	Alat Bantu	1	Ls	1000	1000
	Total (Rp)				175789.0238
	Overhead Profit (10%)				17578.90238
	Total Harga Satuan Pekerjaan (Rp)				193367.9262

3. Pekerjaan Perkerasan Aspal

Tabel 5.21. HSPK Pekerjaan Perkerasan Aspal

Lapis Resap Pengikat (Liter)					
No.	Komponen	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga Satuan (Rp)
a	Tenaga				
1	Pekerja	0.0028	Jam	4,840	13.552
2	Mandor	0.0006	Jam	8,211	4.9266
b	Bahan				
	Aspal	0.7251	Kg	6845	4963.3095
	Kerosene	0.396	Liter	2750	1089
c	Peralatan				
1	Asp. Distributor	0.0003	Jam	274189.8846	82.25696538
2	Compressor	0.0003	Jam	92742	27.8226
	Total (Rp)				6180.867665
	Overhead Profit (10%)				618.0867665
	Total Harga Satuan Pekerjaan (Rp)				6798.954432

AC-BC (M3)					
No.	Komponen	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga Satuan (Rp)
a	Tenaga				
1	Pekerja	0.6522	Jam	4,840	3156.648
2	Mandor	0.0932	Jam	8,211	765.2652
b	Bahan				
	Agr 5-10 & 10-20	0.9018	M3	135,798	122462.3905
	Agr 0-5	0.633	M3	150,886	95511.06818
	Semen	46.3	Kg	1,000	46300
	Aspal	121.9	Kg	6845	834405.5
c	Peralatan				
1	Wheel Loader	0.0309	Jam	342582	10585.7838
2	AMP	0.0932	Jam	3722032	346893.3824
3	Genset	0.0932	Jam	332303	30970.6396
4	Dump Truck	0.3727	Jam	151646	56518.4642
5	Asphalt Finisher	0.0255	Jam	199718	5092.809
6	Tandem Roller	0.0651	Jam	167376	10896.1776
7	P. Tire Roller	0.0291	Jam	171201	4981.9491
8	Alat Bantu	1	Ls	1000	1000
	Total (Rp)				1569540.078
	Overhead Profit (10%)				156954.0078
	Total Harga Satuan Pekerjaan (Rp)				1726494.085

Lapis Perekat (Liter)					
No.	Komponen	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga Satuan (Rp)
a	Tenaga				
1	Pekerja	0.0028	Jam	4,840	13.552
2	Mandor	0.0006	Jam	8,211	4.9266
b	Bahan				
	Aspal	0.9064	Kg	6845	6204.308
	Kerosene	0.22	Liter	2750	605
c	Peralatan				
1	Asp. Distributor	0.0003	Jam	274189.8846	82.2569538
2	Compressor	0.0003	Jam	92742	27.8226
	Total (Rp)				6937.866165
	Overhead Profit (10%)				693.7866165
	Total Harga Satuan Pekerjaan (Rp)				7631.652782

AC-WC tebal = 4 CM (M2)					
No.	Komponen	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga Satuan (Rp)
a	Tenaga				
1	Pekerja	0.0373	Jam	4,840	180.532
2	Mandor	0.0037	Jam	8,211	30.3807
b	Bahan				
	Agr 5-10 & 10-20	0.0307	M3	135,798	4168.990227
	Agr 0-5	0.0298	M3	150,886	4496.413636
	Semen	1.8514	Kg	1,000	1851.4
	Aspal	5.1615	Kg	6845	35330.4675
c	Peralatan				
1	Wheel Loader	0.0032	Jam	342582	1096.2624
2	AMP	0.0037	Jam	3722032	13771.5184
3	Genset	0.0037	Jam	332303	1229.5211
4	Dump Truck	0.0199	Jam	151646	3017.7554
5	Asphalt Finisher	0.0025	Jam	199718	499.295
6	Tandem Roller	0.0033	Jam	167376	552.3408
7	P. Tire Roller	0.0017	Jam	171201	291.0417
8	Alat Bantu	1	Ls	1000	1000
	Total (Rp)				67515.91886
	Overhead Profit (10%)				6751.591886
	Total Harga Satuan Pekerjaan (Rp)				74267.51075

4. Pekerjaan Drainase

Tabel 5.22. HSPK Pekerjaan Drainase

PASANGAN BATU DENGAN MORTAR (M3)					
No.	Komponen	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga Satuan (Rp)
a	Tenaga				
1	Pekerja	3.5341	Jam	4,840	17105.044
2	Tukang Batu	0.8835	Jam	6,914	6108.519
3	Mandor	0.4418	Jam	8,211	3627.6198
b	Bahan				
1	Batu Kali	1.08	M3	80,000	86400
2	Semen (PC)	161	Kg	1,000	161000
3	Pasir	0.48	M3	70,000	33600
c	Peralatan				
1	Conc. Mixer	0.0032	Jam	34901	111.6832
2	Alat bantu	1	Ls	1500	1500
	Total (Rp)				309452.866
	Overhead Profit (10%)				30945.2866
	Total Harga Satuan Pekerjaan (Rp)				340398.1526

PLESTERAN HALUS (M2)					
No.	Komponen	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga Satuan (Rp)
a	Tenaga				
1	Pekerja	0.2	OH	33,880	6776
2	Tukang	0.15	OH	48,398	7259.7
3	Kepala Tukang	0.015	OH	57,477	862.155
4	Mandor	0.01	OH	57,477	574.77
b	Bahan				
2	Semen (PC)	0.0495	Kg	1,000	49.5
3	Pasir	0.013	M3	70,000	910
c	Peralatan				
2	Alat bantu	1	Ls	1000	1000
	Total (Rp)				17432.125
	Overhead Profit (10%)				1743.2125
	Total Harga Satuan Pekerjaan (Rp)				19175.3375

BETON K-250 (M3)					
No.	Komponen	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga Satuan (Rp)
a	Tenaga				
1	Pekerja	0.8032	Jam	4,840	3887.488
2	Tukang	0.8032	Jam	6,914	5553.3248
4	Mandor	0	Jam	8,211	0
b	Bahan				
1	Semen (PC)	422.3	Kg	1,000	422300
2	Pasir beton	0.5412	M3	84,496	45729.432
3	Agregat Kasar	0.744	M3	100000	74400
4	Kayu perancah	0.1	M3	1200000	120000
5	Paku	0.8	Kg	16000	12800
c	Peralatan				
1	Con Pan. Mixer	0.1004	Jam	528385.1302	53049.86707
2	Truck Mixer	0.385	Jam	491324.5168	189159.939
3	Water Tank	0.0636	Jam	127044	8079.9984
4	Alat bantu	1	Ls	1000	1000
	Total (Rp)				935960.0492
	Overhead Profit (10%)				93596.00492
	Total Harga Satuan Pekerjaan (Rp)				1029556.054

5. Pekerjaan Minor dan Pengembalian Kondisi

Tabel 5.23. HSPK Pekerjaan Minor dan Pengembalian Kondisi

MARKA JALAN TERMOPLASTIC (M2)					
No.	Komponen	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga Satuan (Rp)
a	Tenaga				
1	Pekerja	0.6	Jam	4,840	2904
2	Tukang	0.225	Jam	6,914	1555.65
4	Mandor	0.075	Jam	8,211	615.825
b	Bahan				
1	Cat Marka	1.95	Kg	32,000	62400
2	Thinner	1.05	Liter	20,000	21000
3	Glass Bead	0.45	Kg	39000	17550
c	Peralatan				
1	Compressor	0.075	Jam	92742	6955.65
2	Dump Truck	0.075	Jam	151646	11373.45
	Total (Rp)				124354.575
	Overhead Profit (10%)				12435.4575
	Total Harga Satuan Pekerjaan (Rp)				136790.0325

PATOK HEKTOMETER (BH)					
No.	Komponen	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga Satuan (Rp)
a	Tenaga				
1	Pekerja	0.8917	Jam	4,840	4315.828
2	Tukang	0.3567	Jam	6,914	2466.2238
4	Mandor	0.1783	Jam	8,211	1464.0213
b	Bahan				
1	Beton K-175	0.063	M3	600,843	37853.109
2	Baja Tulangan	7.87	Kg	11,000	86570
3	Cat dan material lain	1	Ls	0	0
c	Peralatan				
1	Dump Truck	0.1783	Jam	151646	27038.4818
	Total (Rp)				159707.6639
	Overhead Profit (10%)				15970.76639
	Total Harga Satuan Pekerjaan (Rp)				175678.4303

PATOK KILOMETER (BH)					
No.	Komponen	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga Satuan (Rp)
a	Tenaga				
1	Pekerja	0.8917	Jam	4,840	4315.828
2	Tukang	0.3567	Jam	6,914	2466.2238
4	Mandor	0.1783	Jam	8,211	1464.0213
b	Bahan				
1	Beton K-175	0.15	M3	600,843	90126.45
2	Baja Tulangan	18.9	Kg	11,000	207900
3	Cat dan material lain	1	Ls	0	0
c	Peralatan				
1	Dump Truck	0.1783	Jam	151646	27038.4818
	Total (Rp)				333311.0049
	Overhead Profit (10%)				33331.10049
	Total Harga Satuan Pekerjaan (Rp)				366642.1054

5.8.4. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

Tabel 5.24. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

No.	Jenis Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	Pekerjaan Tanah				
1.1.	Pembersihan Lahan	M2	50,000.0	6,740.654	337,032,707.000
1.2.	Galian Tanah	M3	56,947.0	31,085.686	1,770,236,582.851
1.3.	Urugan Biasa	M3	109,822.0	4,969.624	545,773,998.606
2	Pekerjaan Berbutir				
2.1.	Lapisan pondasi Sirtu kelas B bahu	M3	5,000.0	178,726.087	893,630,435.500
2.2.	Lapisan pondasi Batu Pecah kelas A	M3	7,500.0	171,803.787	1,288,528,403.250
2.3.	Lapisan pondasi Sirtu kelas A	M3	7,500.0	179,523.326	1,346,424,946.350
3	Pekerjaan Perkerasan Aspal				
3.1.	Prime Coat	LTR	14,000.0	6,798.954	95,185,362.047
3.2.	Tack Coat	LTR	26,250.0	7631.65	200,330,885.525
3.3.	AC-BC	M3	3,500.0	642,091.814	2,247,321,349.350
3.4.	AC-WC	M3	1,400.0	74,268	103,974,515.050
4	Pekerjaan Drainase				
4.1.	Saluran tepi	M3	10,000.0	340,398.153	3,403,981,526.000
4.2.	Plesteran	M2	30,000.0	19,175.338	575,260,125.000
4.3.	Beton K-250 (Saluran Melintang)	M3	60.1	1,029,556.054	61,835,136.613
5	Pekerjaan Minor				
5.1.	Marka Jalan	M2	1,369.6	136,790.033	187,350,364.313
5.2.	Patok hektometer	BH	50.0	175,678.430	8,783,921.515
5.3.	Patok kilometer	BH	5.0	366,642.105	1,833,210.527
JUMLAH					13,067,483,469.50
PPN 10%					1,306,748,346.95
TOTAL BIAYA					14,374,231,816.45
DIBULATKAN					14,448,400.00

Terbilang : Empat Belas Milyar Empat Ratus Empat Puluh Delapan Juta Empat Ratus Ribu Rupiah

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan Perencanaan Jalan Jalur Lintas Selatan Karanggongso-Ketawang STA 5+000 – STA 10+000, dengan panjang 5000 m diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Perencanaan trase jalan yang dihasilkan adalah trase yang menghubungkan desa Karanggongso dan desa Ketawang. Trase terpilih merupakan trase yang melewati medan perbukitan dengan kelandaian rata-rata 3%.
2. Perhitungan terhadap geometrik jalan diperoleh:
 - 15 alinyemen vertikal cekung dan 11 alinyemen vertikal cembung
 - 11 Alinyemen horizontal dengan jenis lengkung Spiral-circle-spiral.
3. Konstruksi jalan menggunakan perkerasan lentur dengan tebal perkerasan sebagai berikut :
 - Lapis permukaan (LASTON MS 744) = 7.5 cm.
 - Lapis pondasi atas(Batu Pecah Kelas B) = 20 cm
 - Lapis pondasi bawah (Sirtu Kelas A) = 30 cm
4. Untuk perencanaan drainase (saluran tepi) berbentuk segi empat dengan bahan pasangan batu kali dengan finishing diperoleh dimensi sebagai berikut :
 - a. Saluran Tepi
 - $b = 1.0\text{ m} ; h = 1.0\text{ m}$
 - b. Saluran Melintang

Box culvert berbentuk segi empat dengan bahan beton K-250 diperoleh dimensi sebagai berikut :

 - $b = 1.5\text{ m} ; h = 1.5\text{ m}$

5. Rencana anggaran biaya untuk perencanaan jalan jalur lintas selatan Karanggongso-Ketawang STA 5+000 – STA 10+000 adalah sebesar **Rp 14.448.400.000,-** (Empat Belas Milyar Empat Ratus Empat Puluh Delapan Juta Empat Ratus Ribu Seratus Rupiah).

6.2 SARAN

Pada perencanaan jalan jalur lintas Karanggongso-Ketawang ini terdapat beberapa timbunan yang melebihi 0.5 m. Maka seharusnya dilakukan analisis stabilitas tanah.

Beberapa alinyemen horizontal berjarak garis lurus 5–10 m. Hal tersebut masih diijinkan karena jenis lengkung menggunakan spiral-circle-spiral dan spiral-spiral. Tetapi untuk jarak lurus antar lengkung yang ideal seharusnya 25m. Oleh karena itu perlu rambu peringatan bagi pengguna jalan pada daerah tikungan tersebut.

Berdasarkan hasil perhitungan pada ruas jalan jalur lintas selatan Karanggongso-Ketawang STA 5+000 – STA 10+000 Kabupaten Trenggalek Propinsi Jawa Timur ini, kami menyarankan agar dilakukan perawatan secara berkala sehingga jalan dapat berfungsi sesuai dengan umur yang telah direncanakan.

DAFTAR PUSTAKA

Departemen Pekerjaan Umum, 1989, *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya, dengan Metode Analisa Komponen (SNI 03-1732-1989)*, Direktorat Jenderal Bina Marga Indonesia

Departemen Pekerjaan Umum, 1994, *Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan (SNI 03-3424-1994)*, Direktorat Jenderal Bina Marga Indonesia

Departemen Pekerjaan Umum, 1997, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*, Direktorat Jenderal Bina Marga Indonesia.

Departemen Pekerjaan Umum, 1997, *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota dan Jalan Perkotaan (No. 038/TBM/1997)*, Direktorat Jenderal Bina Marga Indonesia

Sukirman, Silvia, 1999, *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*, Nova : Bandung.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004

PP Nomor 34 Tahun 2006

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Gresik (Jawa Timur) pada tanggal 11 Desember 1990, merupakan anak terakhir dari empat bersaudara.

Penulis selama ini menempuh pendidikan formal yaitu TK Sunan Prapen Kebomas Gresik, SD NU 1 Trate Gresik, SMP Islam Manbaul Ulum Gresik, SMA NU 1 Gresik, dan Diploma III Teknik Sipil FTSP-ITS. Penulis mengikuti ujian masuk program studi Diploma IV Teknik Sipil pada tahun 2013 dan terdaftar dengan NRP. 3113 040 602. Pada jurusan Teknik Sipil, penulis mengambil konsentrasi Transportasi (Transportation Engineering).