

TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 145501

**PERENCANAAN PENINGKATAN JALAN
RUAS TRENGGALEK - PACITAN STA 14+000 - STA 17+000
KABUPATEN TRENGGALEK PROPINSI JAWA TIMUR**

**ALIFANDI DEWANTOKO
NRP. 3112 030 043**

**MAULIDA AMALIA RIZKI
NRP. 3112 030 131**

**Dosen Pembimbing
Ir. SULCHAN ARIFIN, M.Eng.
NIP. 19571119 198503 1 001**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**



APPLIED FINAL PROJECT - RC145501

**THE ROAD BETTERMENT DESIGN
TRENGGALEK - PACITAN
STA 14+000 - STA 17+000
TRENGGALEK REGENCY-EAST JAVA PROVINCE**

**ALIFANDI DEWANTOKO
NRP. 3111.030.043
MAULIDA AMALIA RIZKI
NRP. 3111.030.131**

**CONSELING LECTUIRER
Ir. SULCHAN ARIFIN, M.Eng.
NIP.19571119 198503 1 001**

**DIPLOMA III Civil Engineering
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2014**

**PENINGKATAN JALAN
RUAS TRENGGALEK - PACITAN
STA 14+000 - STA 17+000
KABUPATEN TRENGGALEK PROPINSI
JAWA TIMUR**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Diploma Teknik
Pada
Program Studi D III Teknik Sipil
Bangunan Transportasi
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Disusun Oleh :

ALIFANDI DEWANTOKO

MAULIDA AMALIA RIZKI



3112.030.043



3112.030.131

Disetujui oleh, Pembimbing Tugas Akhir :

13 JUL 2015



Ir. SULCHAN ARIFIN, M.Eng.

NIP. 1951119 198503 1 001

SURABAYA, JUNI 2015

**PENINGKATAN JALAN
RUAS TRENGGALEK - PACITAN
KM 14+000 - KM 17+000
KABUPATEN TRENGGALEK PROPINSI JAWA TIMUR**

Disusun Oleh :

Nama Mahasiswa I	: ALIFANDI DEWANTOKO
NRP	: 3112.030.043
Nama Mahasiswa II	: MAULIDA AMALIA RIZKI
NRP	: 3112.030.131
Jurusan	: DIII Teknik Sipil Bangunan Transportasi
Dosen Pembimbing	: Ir.SULCHAN ARIFIN,M.Eng.
NIP	: 19571119 198503 1 001

ABSTRAK

Jalan adalah prasarana perhubungan darat yang mempunyai peranan penting untuk memperlancar kegiatan perekonomian dan pemerataan hasil pembangunan. Salah satu upaya untuk mewujudkan hal tersebut maka dilaksanakan peningkatan jalan. Peningkatan jalan merupakan salah satu upaya untuk memperbaiki kualitas jalan dengan menggunakan metode tertentu untuk membuat jalan lebih nyaman dan layak untuk digunakan kembali. Peningkatan pada ruas jalan Trenggalek – Pacitan meliputi, pelebaran jalan, pelapisan ulang, perencanaan saluran.

Metode yang digunakan pada perencanaan peningkatan jalan ini antara lain, perhitungan struktur perkerasan pada ruas jalan dengan menggunakan metode analisa komponen SKBI – 2.3.26. 1987, analisa kapasitas jalan dengan menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, perencanaan tebal lapis tambahan (overlay) dengan menggunakan metode analisa komponen dan petunjuk SNI 1723-1989B. Perencanaan saluran tepi jalan (drainase) dengan menggunakan (SNI 03 – 3424 – 1994) Departement Pekerjaan Umum. Perencanaan geometrik

jalan raya dengan menggunakan DPU Bina marga Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota 1997, dan rencana anggaran biaya dengan menggunakan Harga satuan dari DPU Bina Marga Jawa Timur.

Dari hasil perencanaan peningkatan jalan ruas Trenggalek - Pacitan ini diperoleh hasil pelebaran dari 5m menjadi 7m, dan lebar bahu jalan direncanakan 1 m. Serta konstruksi berupa ketebalan perkerasan untuk pelebaran dengan Laston MS 744, 5 cm, dan Beton Klas B0 setebal 25 cm. Sedangkan perhitungan overlay didapatkan hasil 7 cm menggunakan Laston MS 744. Untuk perencanaan drainase (saluran tepi) terdapat 5 segmen bentuk segi empat dengan terbuat dari beton, dengan lebar dasar saluran segmen 1, 0.55 m, lebar dasar saluran segmen 2-5 0.7 m dan tinggi bervariasi. Rencana anggaran biaya untuk perencanaan peningkatan jalan Trenggalek - Pacitan ini adalah Rp 9,971,584,823,00 (sembilan milyar sembilan ratus tujuh puluh satu juta lima ratus delapan puluh empat ribu delapan ratus dua puluh tiga rupiah)

Kata Kunci :Peningkatan jalan ruas Trenggalek - Pacitan
STA 14+000 – STA 17+000, Kab Trenggalek

**THE ROAD BETTERMENT DESIGN
TRENGGALEK - PACITAN
STA 14+000 – STA 17+000
TRENGGALEK REGENCY-EAST JAVA PROVINCE**

Disusun Oleh :

Nama Mahasiswa I : ALIFANDI DEWANTOKO

NRP : 3112.030.043

Nama Mahasiswa II : MAULIDA AMALIA RIZKI

NRP : 3112.030.131

**Jurusan : DIII Teknik Sipil Bangunan
Transportasi**

LECTUIRER : Ir.SULCHAN ARIFIN, M.Eng.

NIP : 19571119 198503 1 001

ABSTRACT

Road is a infrastructure liaison of land which have important role for fasting of activity of economics and result generalization development. One effort to create it, did the betterment road in Trenggalek – Pacitan. Betterment road is one of effort to repair quality of road with specific method to make road comfort and suitable to used again. Betterment road in Trenggalek – Pacitan include, enlargement road, layer frequent, drainage planning.

The planning consists of road planning of pavement thick by using guiding the pavement thick of road flexible with component analysis method, capacity analysis by using manual capacity of indonesia street (MKJI) 1997, planning of pavement thick by using guiding the pavement thick road flexible with Analysis Component Bina Marga, planning of overlay with using SNI 17231989F instrument, drainase planning with using SNI 03-3424-1994 method, the planning geometric of the road with using procedures for geometric path planning between cities,1997. and cost budget plan by using unit Cost of Main Activity (HSPK) from Bina Marga east java,provience 2015

Of the Planning Result of Widening Trenggalek – Pacitan Highway was gained the construction result is widening from 5m become 7m and the widening of the road side was planned 1m. Also construction likes thickness of pavement to widening height cm Laston MS 744, 7 cm, and for concrete class B0, 25 cm. While overlay calculation was obtained result 7 cm Laston MS 744. Drainage construction use square shape width 0.84 m and variaty high , that use masonry material. The cost budget plan for the road planning Trenggalek - Pacitan of pavement is Rp 9,971,584,823,00 (nine billions nine hundreds seventy one millions five hundreds eighty four thousands and eight hundreds twenty three rupiahs)

Key word : Bitterment road Trenggalek – Pacitan STA 14+000 +
STA 17+000 Trenggalek Regency

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr. wb.

Dengan mengucapkan syukur kehadiran Allah SWT, atas rahmat dan hidayah-Nya Proyek Akhir ini dapat kami selesaikan dengan baik.

Proyek Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik yang harus ditempuh mahasiswa untuk menyelesaikan pendidikan Program Studi Diploma III Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya Bagunan transportasi dengan judul **“PERENCANAAN PENINGKATAN JALAN RUAS TRENGGALEK – PACITAN STA 14+000 – STA 17+000 KABUPATEN TRENGGALEK PROPINSI JAWA TIMUR”**.

Dalam kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penyusunan Proyek Akhir ini, yaitu :

1. Orang Tua dan Keluarga kami yang telah memberi dorongan baik moril maupun materil yang tak terhingga, sehingga kami dapat menyelesaikan Proyek Akhir ini.
2. Bapak Ir. Sulchan Arifin, M.Eng. selaku dosen pembimbing proyek akhir.
3. Rekan – rekan mahasiswa jurusan DIII Teknik Sipil ITS Surabaya yang telah banyak membantu penyelesaian Proyek Akhir ini.
4. Seluruh pihak yang secara langsung ataupun tidak langsung telah membantu kamindalam menyelesaikan proyek akhir kami,yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

akhir kata, Kami menyadari dalam penyusunan proyek akhir ini mungkin masih terdapat kekurangan yang tidak kami sengaja karena keterbatasan kami dalam pengetahuan dan pengalaman. Karena itu kami harapkan saran dan kritik yang membangun dari segenap pembaca.

Wassalamualaikum wr. wb.

Surabaya, 02 Juli 2015

Penyusun

DAFTAR ISI

JUDUL TUGAS AKHIR	
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTARCT	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	3
1.6 Peta Lokasi	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum.....	5
2.2 Analisa Kapasitas Jalan	6
2.2.1 Kapasitas Dasar	7
2.2.2 Faktor Penyesuaian Kapasitas Lebar Jalur Lalu Lintas (FCw).	8
2.2.3 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah	9
2.2.4 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat.....	9
2.2.5 Penentuan Kapasitas Pada Kondisi Lapangan	10
2.2.6 Derajat Kejenuhan (DS)	11

2.3	Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan.....	12
2.3.1.	Umur Rencana	13
2.3.2.	Data Lalu Lintas	13
2.3.3.	Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan ...	14
2.3.4.	Jumlah Jalur dan koefisiensi distribusi kendaraan (C).	17
2.3.5.	Lintas Ekuivalen.....	18
2.3.6.	Faktor Regional (FR).....	20
2.3.7.	Menentukan Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) dan CBR(California Bearing Ratio).....	21
2.3.8.	Indeks Permukaan (IP)	24
2.3.9.	Koefisien Kekuatan Relatif.....	26
2.3.10.	Indeks Tebal Perkerasan (ITP).....	29
2.4	Perencanaan Tebal Lapis Tambahan (Overlay)	31
2.5	Kontrol Geometrik.....	33
2.5.1	Alinyemen Horizontal	33
2.5.2	Alinyemen Vertikal	40
2.5.3	Diagram Superelevasi.....	43
2.6	Perencanaan Drainase	45
2.6.1	Analisa Hidrologi	47
2.6.2	Perencanaan Dimensi Saluran Drainase.....	54
2.7	Rencana Anggaran Biaya	60
2.7.1	Volume Pekerjaan	60
2.7.2	Harga Satuan Pekerjaan.....	60
BAB III METODOLOGI.....		61
3.1	Umum.....	61

3.2	Persiapan	61
3.3	Pengumpulan Data	62
3.3.1	Data Primer	62
3.3.2	Data Sekunder	63
3.4	Tahap Pengelolaan Data	63
3.5	Analisa Peningkatan Jalan	64
3.6	Pembuatan Gambar Design	65
3.7	Perencanaan Anggaran Biaya	65
3.8	Kesimpulan	66
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA ...		69
4.1	Umum.....	69
4.2	Pengumpulan Data	70
4.2.1	Peta Lokasi	70
4.2.2	Data Geometrik Jalan	70
4.2.3	Data CBR Tanah Dasar	71
4.2.4	Data Curah Hujan	72
4.2.5	Data Lalu Lintas	73
4.3	Pengolahan Data.....	73
4.3.1	Analisis Data Pertumbuhan Lalu Lintas Jalan Raya Trenggalek Pacitan	73
4.3.2	Analisa Data CBR	83
4.3.3	Analisis Data Curah Hujan	85
BAB V PERHITUNGAN.....		93
5.1	Perhitungan Analisa Kapasitas	93
5.1.1	Menghitung Kapasitas Dasar	93

5.1.2	Menentukan Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Lebar Jalur Lalu Lintas (FCw).....	95
5.1.3	Menentukan Faktor Penyesuaian Kapasitas Akiat Pemisah Arah (FCsp).....	95
5.1.4	Menentukan Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping (FCsf)	96
5.1.5	Menentukan Nilai Kapasitas (C).....	96
5.1.6	Menentukan Nilai Arus Total Lalu Lintas dalam satuan smp/jam (Q).....	96
5.1.7	Menentukan Derajat Kejenuhan (DS) sebelum dilakukan pelebaran	97
5.1.8	Menentukan Derajat Kejenuhan (DS) setelah dilakukan pelebaran	100
5.2	Perhitungan Tebal Lapis Perkerasan.....	102
5.2.1	Menentukan LHR awal dan Akhir	102
5.2.2	Menentukan Angka Ekuivalen (e)	102
5.2.3	Menentukan Nilai Koefisien Distribusi Kendaraan	111
5.2.4	Menentukan Lintas Ekuivalen Permulaan.....	112
5.2.5	Menentukan Lintas Ekuivalen Akhir	113
5.2.6	Menentukan Lintas Ekuivalen Tengah.....	113
5.2.7	Menentukan Lintas Ekuivalen Rencana	114
5.2.7	Menentukan Faktor Regional.....	114
5.2.8	Menentukan Indeks Permukaan	114
5.2.9	Menentukan Lapis Perkerasan	115
5.2.10	Perencanaan Tebal Lapis Tambahan (Overlay)	116
5.3	Perhitungan Kontrol Geometrik.....	117

5.3.1	Alinyemen Horizontal	117
5.3.2	Alinyemen Vertikal	165
BAB VI PERHITUNGAN DRAINASE.....		179
6.1	Umum.....	179
6.2	Perhitungan Dimensi Drainase	179
6.2.1	Perhitungan Waktu Konsentrasi	179
6.2.2	Perhitungan Koefisien Pengaliran.....	180
6.2.3	Perhitungan Debit Air.....	181
6.2.4	Analisa Perhitungan Dimensi Saluran	182
6.3	Perhitungan Gorong – Gorong.....	184
6.3.1	Perhitungan Gorong-Gorong STA 14+950.....	184
6.3.2	Perhitungan Gorong-Gorong STA 16+125.....	187
BAB VII RENCANA ANGGARAN BIAYA.....		191
7.1	Perhitungan Volume	191
7.1.1	Perhitungan Volume Pekerjaan	191
7.1.2	Perhitungan Volume Drainase	194
BAB VIII KESIMPULAN DAN SARAN		215
8.1	Kesimpulan	215
8.2	Saran.....	216
PENUTUP.....		xxi
DAFTAR PUSTAKA		
BIODATA PENULIS		
LAMPIRAN		

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kapasitas dasar pada jalan luar kota	7
Tabel 2.2 Pembagian Tipe Alinyemen	8
Tabel 2.3 Faktor penyesuaian kapasitas akibat Lebar jalur lalu lintas (FCw)	8
Tabel 2.4 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah Arah (FCsp)	9
Tabel 2.5 Kelas Hambatan Samping	9
Tabel 2.6 Faktor penyesuaian kapasitas akibat hambatan samping (FCsf)	10
Tabel 2.7 Ekuivalen Mobil Penumpang untuk jalan 2/2 UD	12
Tabel 2.8 Rumus untuk Ekuivalen Beban Sumbu	15
Tabel 2.9 Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan	16
Tabel 2.10 Komposisi Roda dan Unit Ekuivalen 8,16 ton Beban As Tunggal	17
Tabel 2.11 Jumlah Jalur kendaraan	18
Tabel 2.12 Koefisien Distribusi pada Lajur Rencana	18
Tabel 2.13 Penentuan Faktor Regional (FR)	21
Tabel 2.14 Indeks Permukaan pada Awal umur Rencana (IPo)	25
Tabel 2.15 Indeks Permukaan pada Akhir Umur Rencana (IPT)	26
Tabel 2.16 Koefisien kekuatan relatif (a)	27
Tabel 2.17 Tebal Minimum Lapis Permukaan	28
Tabel 2.18 Tebal Minimum Lapis Pondasi	29
Tabel 2.19 Nilai Kondisi Perkerasan Jalan	32
Tabel 2.20 Harga R Min dan D maks untuk Beberapa Kecepatan Rencana	34
Tabel 2.21 Jari-jari yang tidak memerlukan lengkung peralihan	43
Tabel 2.22 Jarak Pandang Henti (J_h) minimum	43
Tabel 2.23 Jarak Pandang Mendahului (J_d)	43
Tabel 2.24 Kecepatan Rencana (V_R)	43
Tabel 2.25 Kemiringan melintang dan perkerasan bahu jalan	46
Tabel 2.26 Hubungan kemiringan selokan samping dan jenis material	46
Tabel 2.27 Variasi Y_T	48
Tabel 2.28 Nilai Y_N	49

Tabel 2.29 Nilai S_N	49
Tabel 2.30 Hubungan kondisi permukaan Tanah dengan koefisien hambatan.....	51
Tabel 2.31 Kecepatan Aliran yang diizinkan berdasarakan jenis material	53
Tabel 2.32 Hubungan kondisi permukaan tanah dan koefisien pengaliran.....	53
Tabel 2.33 Harga n Untuk Rumus Manning.....	58
Tabel 4.1 Data CBR dengan DCP	71
Tabel 4.2 Data Curah Hujan.....	72
Tabel 4.3 Data Pertumbuhan Lalu Lintas	73
Tabel 4.4 Pertumbuhan Lalu Lintas Sepeda Motor	75
Tabel 4.5 Persamaan Regresi Sepeda Motor	76
Tabel 4.6 Pertumbuhan lalu Lintas Mobil Penumpang.....	76
Tabel 4.7 Persamaan Regresi Mobil Penumpang	77
Tabel 4.8 Pertumbuhan Lalu Lintas Bus	78
Tabel 4.9 Persamaan Regresi Bus	79
Tabel 4.10 Pertumbuhan Lalu Lintas Truk.....	80
Tabel 4.11 Persamaan Regresi truk	81
Tabel 4.12 Perhitungan Rekapitulasi Volume Lalu Lintas Harian Rata-Rata Selama umur Rencana (kend/jam)	82
Tabel 4.12 Analisa Data CBR	83
Tabel 4.13 Perhitungan Analisis Frekuensi Curah Hujan Stasiun Pule.....	85
Tabel 4.13 Perhitungan Analisis Frekuensi Curah Hujan Stasiun Panggul.....	87
Tabel 4.14 Perhitungan Analisis Frekuensi Curah Hujan Stasiun Dongko	89
Tabel 5.1 Rekapitulasi nilai DS.....	99
Tabel 5.2 Rekapitulasi nilai DS.....	101
Tabel 5.3 Rekapitulasi Nilai Angka Ekuivalen.....	111
Tabel 5.4 Rekapitulasi Perhitungan Alinyemen Vertikal 1..	173
Tabel 5.5 Rekapitulasi Perhitungan Alinyemen Vertikal 2..	174
Tabel 5.6 Rekapitulasi Perhitungan Alinyemen Vertikal 3..	175
Tabel 5.7 Rekapitulasi Perhitungan Alinyemen Vertikal 4..	176

Tabel 5.8 Rekapitulasi Perhitungan Alinyemen Vertikal 5 .	177
Tabel 5.9 Rekapitulasi Perhitungan Alinyemen Vertikal 6 .	178
Tabel 7.1 Volume Pekerjaan	198
Tabel 7.2 Daftar Harga Satuan Pekerjaan.....	198
Tabel 7.3 Analisa Harga Satuan Pekerjaan.....	202
Tabel 7.2 Rekapitulasi Anggaran Biaya	213

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Nomogram 3 untuk $I_{pt} = 2$ dan $I_{po} = 3,9-3,5$	30
Gambar 2.2 Gambar Spiral – Circle – Spiral	37
Gambar 2.3 Gambar Spiral – Sipral	38
Gambar 2.4 Jarak Pandang pada lengkung vertikal cembung ($S < L$)	40
Gambar 2.5 Jarak Pandang pada lengkung vertikal cembung ($S > L$)	41
Gambar 2.6 Lengkung Vertikal Cekung dengan Jarak Pandang Penyinaran lampu depan $< L$	42
Gambar 2.7 Diagram Superelevasi Full Circle	44
Gambar 2.8 Diagram Superelevasi Spiral-Circle-Spiral	45
Gambar 2.9 Kemiringan saluran	55
Gambar 2.10 Luas penampang tepi bentuk segi empat	57
Gambar 3.1 Bagan Alir	67
Gambar 4.1 Grafik Pertumbuhan Lalu Lintas Sepeda Motor	75
Gambar 4.2 Grafik Pertumbuhan Lalu Lintas Mobil Penumpang	77
Gambar 4.3 Grafik Pertumbuhan Lalu Lintas Bus	79
Gambar 4.4 Grafik Pertumbuhan Lalu Lintas Truk	80
Gambar 4.5 Grafik CBR Rencana	84
Gambar 4.6 Kurva Basis	91

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada ruas jalan Trenggalek - Pacitan mempunyai kondisi topografi dataran tinggi, dengan lebar ruas jalan 5 meter. Ruas jalan yang mempunyai lebar 5 meter ini mengalami kerusakan yang dikarenakan volume kendaraan yang melewati ruas jalan ini meningkat. Jalan saat ini di gunakan oleh berbagai jenis kendaraan seperti mobil penumpang, mobil hantaran/pick up, bis besar, bis kecil, truck 2 as, truck 3 as, dan sepeda motor. Kondisi jalan yang padat dengan melonjaknya pertumbuhan kendaran akan mengurangi tingkat pelayanan keamanan dan kenyamanan lalulintas di daerah tersebut.

Dengan semakin bertambahnya jumlah penduduk dan pemakaian sarana transportasi yang semakin tinggi tentunya dengan kondisi jalan yang hanya mempunyai lebar 5 meter dan mengalami kerusakan akan membuat aktivitas masyarakat sekitar menjadi terganggu. Dengan kondisi lalulintas seperti ini, maka direncanakan peningkatan jalan. Secara umum peningkatan jalan ada 2, yaitu peningkatan status dan fungsi jalan. Fungsi jalan terdiri dari, arteri, kolektor, local, dan lingkungan. Sedangkan status jalan terdiri dari, jalan nasional, jalan provinsi, jalan kabupaten, jalan kota, dan jalan desa.

Dengan melihat kondisi eksisting jalan tersebut, maka kami mencoba melakukan analisa perbaikan dengan meningkatkan kualitas jalan khususnya pada ruas jalan ini untuk meningkatkan keamanan dan kenyamanan lalu lintas di daerah tersebut.

“ PENINGKATAN JALAN RUAS PACITAN - TRENGGALEK STA KM 14+000 - STA KM 17+000 KABUPATEN TRENGGALEK PROVINSI JAWA TIMUR ”

1.2 Rumusan Masalah

Dengan mengacu pada latar belakang di atas, maka kami ingin meninjau segi teknis untuk hal – hal sebagai berikut :

1. Bagaimana kebutuhan peningkatan jalan untuk 10 tahun kedepan ?
2. Bagaimana kontrol geometrik jalan untuk perencanaan ?
3. Berapa ketebalan lapis ulang (overlay) jalan untuk 10 tahun kedepan ?
4. Bagaimana menghitung saluran drainase ?
5. Berapa biaya yang dibutuhkan untuk perencanaan 10 tahun kedepan ?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah diatas batasan masalah yang akan dibahas adalah:

1. Tidak merencanakan ulang kondisi trase jalan.
2. Tidak membahas waktu penyelesaian pekerjaan.
3. Tidak menghitung konstruksi dinding penahan tanah.
4. Tidak menghitung produktivitas alat

1.4 Tujuan

Dengan mengacu rumusan masalah diatas tujuan dari penulisan proyek akhir ini adalah :

1. Menganalisa kebutuhan pelebaran dan peningkatan jalan untuk umur rencana 10 tahun.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Penyusunan laporan proyek akhir mengenai perencanaan peningkatan jalan, untuk menyelesaikan permasalahan peningkatan jalan raya adalah menentukan jenis jalan raya tersebut. Suatu segmen jalan sebagai jalur luar kota atau jalan perkotaan/semi perkotaan menurut MKJI tahun 1997 didefinisikan sebagai berikut :

Segmen jalan perkotaan / semi perkotaan : Mempunyai perkembangan secara permanen dan menerus sepanjang seluruh atau hampir seluruhnya, minimal pada satu sisi pada jalan tersebut, apakah itu perkembangan pita atau bukan. Jalan raya dipusat perkotaan atau dekat pusat perkotaan dengan penduduk lebih dari 100.000 jiwa selalu digolongkan pada kelompok ini. Jalan raya didaerah perkotaan dengan penduduk kurang dari 100.000 jiwa juga digolongkan dalam kelompok ini jika mempunyai perkembangan samping jalan yang permanen dan menerus.

Segmen jalan luar kota : Tanpa ada perkembangan yang menerus pada sisi manapun, meskipun mungkin terdapat perkembangan permanent yang sebentar – sebentar terjadi, seperti rumah makan, pabrik ataupun perkampungan (kios – kios kecil dan kedai pada sisi jalan bukan merupakan perkembangan permanent).

Indikasi penting lebih lanjut tentang suatu daerah perkotaan adalah karakteristik arus lalu lintas puncak pada pagi dan sore hari, secara umum lebih tinggi dan terdapat perubahan dalam komposisi arus lalu lintasnya.

Menurut MKJI 1997 pada segmen jalan luar kota terbagi atas beberapa tipe yaitu :

- Jalan dua lajur dua arah tak terbagi (2/2 UD)

- Jalan empat lajur dua arah tak terbagi (4/2 UD)
- Jalan empat lajur dua arah terbagi (4/2 D)
- Jalan enam lajur dua arah terbagi (6/2 D)

Dimana : UD (*Un Divided*) = segmen jalan tak terbagi

D (*Divided*) = segmen jalan terbagi

Sesuai pada karakteristik diatas jalan Trenggalek – Pacitan, termasuk jalan dengan kriteria jalan luar kota karena daerah sekitarnya merupakan area persawahan perkampungan dan ada kegiatan Pasar ,dengan tipe jalan dua lajur dua arah tak terbagi (2/2 UD).

Menurut UU 38/2004 pasal 8 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 perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jalan masuk tidak dibatasi.

2.2 Analisa Kapasitas Jalan

Tujuan utama analisa ini adalah untuk menentukan peningkatan jalan yang diperlukan untuk mempertahankan perilaku lalu lintas yang dikehendaki sekarang dan 10 tahun yang akan datang sesuai perencanaan. 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 Kapasitas Dasar

Kapasitas dasar merupakan segmen jalan pada suatu kondisi yang telah ditentukan pada sebelumnya (kondisi lingkungan, volume lalu lintas dan geometrik jalan). Sedangkan segmen jalan adalah panjang jalan yang mempunyai karakteristik yang sama pada seluruh panjangnya. Tabel yang digunakan untuk perhitungan kapasitas dasar antara lain:

Tabel 2.1 Kapasitas dasar pada jalan luar kota

Tipe alinyemen	Kapasitas dasar total dua arah (smp/jam/lajur)
Datar	3100
Bukit	3000
Gunung	2900

Sumber : MKJI 1997 untuk jalan luar kota hal 6-65.

Penggolongan tipe medan/alinyemen sehubungan dengan topografi daerah yang dilewati jalan, medan dibagi atas 3 jenis yang dibedakan oleh besarnya kemiringan medan dalam arah yang kira – kira tegak lurus as jalan.

Tipe alinyemen adalah gambaran kemiringan daerah yang dilalui jalan dan ditentukan oleh naik/turun lengkung vertikal dan jumlah lengkung horisontal sepanjang jalan. Untuk menentukan lengkung horisontal dan lengkung vertikal dipakai rumus sebagai berikut :

→ Alinyemen vertikal

$$\frac{\Delta H}{\sum \text{Panjang Jalan}} \text{ (m/km)} \quad \text{Pers. 2.1}$$

→ Alinyemen horisontal

$$\frac{\sum \Delta}{360} \times 2\pi \text{ rad} \text{ (rad/km)} \quad \text{Pers. 2.2}$$

$$\frac{\sum \Delta}{\sum \text{Panjang Jalan}}$$

Pengelompokan medan dan kemiringan medan yang terjadi pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Pembagian Tipe Alinyemen

Tipe Alinyemen	Lengkung Vertikal (m/km)	Lengkung Horizontal (rad/km)
Datar	<10	<1.0
Bukit	10-30	1.0-2.5
Gunung	>30	>2.5

Sumber : MKJI 1997 untuk jalan luar kota hal 6-23.

2.2.2 Faktor Penyesuaian Kapasitas Lebar Jalur Lalu Lintas (FCw).

Menetapkan faktor penyesuaian akibat lebar jalur lalu lintas berdasar pada lebar efektif jalur lalu lintas (FCw). Dimana lebar jalur lalu lintas adalah lebar jalur jalan yang dilewati lalu lintas, tidak termasuk bahu jalan. Untuk menentukan faktor penyesuaian akibat lebar jalur lalu lintas berdasarkan pada lebar efektif jalur lalu lintas (FCw) berdasarkan tabel 2.3.

Tabel 2.3 Faktor penyesuaian kapasitas akibat Lebar jalur lalu lintas (FCw)

Tipe Jalan	Lebar Efektif Jalur Lalu Lintas / W_c	FCw
Dua Lajur tak Terbagi (UD2/2)	Total kedua arah	
	5	0,69
	6	0,91
	7	1,00
	8	1,08
	9	1,15
	10	1,21
11	1,27	

Sumber : MKJI 1997 untuk jalan luar kota hal6-66

2.2.3 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah Arah (FCsp).

Pemisah arah adalah pembagian arah arus pada jalan dua arah dinyatakan presentase dari arah arus total masing – masing arah. Menentukan faktor penyesuaian kapasitas pemisah arah berdasarkan pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah Arah (FCsp)

Pemisah arah SP % - %		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FCsp	Dua Lajur 2/2	1.0	0,97	0,94	0,91	0,88
	Empat Lajur 4/2	1.0	0,975	0,95	0,92 5	0,90

Sumber : MKJI Tahun 1997 untuk jalan luar kota 6-67

2.2.4 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping (FCsf)

Hambatan samping adalah pengaruh kondisi kegiatan di samping ruas jalan yang memberi dampak pada arus lalu lintas, misalnya pejalan kaki, penghentian kendaraan umum atau kendaraan lainnya.

Tabel 2.5 Kelas Hambatan Samping

Kelas Hambatan Samping	Kode	Bobot Frekuensi Dari Kejadian (kedua sisi)	Kondisi Khas
Sangat rendah	VL	< 50	Pedesaan : pertanian / belum berkembang
Rendah	L	50 -150	Pedesaan : beberapa bangunan dan kegiatan samping jalan
Sedang	M	150 – 250	Kampung : kegiatan pemukiman

Tinggi	H	250 – 350	Kampung : beberapa kegiatan pasar
Sangat tinggi	VH	> 350	Hampir perkotaan : banyak pasar atau kegiatan niaga

Sumber : MKJI 1997 untuk jalan luar kota hal 6-10.

Tabel 2.6 Faktor penyesuaian kapasitas akibat hambatan samping (FCsf)

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping	Faktor penyesuaian akibat hambatan samping (FCsf)			
		Lebar bahu efektif			
		≤ 0.5	1.0	1.5	≥ 2.0
2/2 UD	VL	0.97	0.99	1.00	1.02
	L	0.93	0.95	0.97	1.00
	M	0.88	0.91	0.94	0.98
	H	0.84	0.87	0.91	0.95
	VH	0.80	0.83	0.88	0.93

Sumber : MKJI 1997 untuk jalan luar kota hal 6-68

2.2.5 Penentuan Kapasitas Pada Kondisi Lapangan

Kapasitas didefinisikan sebagai arus maksimum yang dapat dipertahankan per satuan jam yang melewati suatu titik di jalan dalam kondisi tertentu (sebagai contoh : geometrik, lingkungan, lalu lintas da lain-lain). Penentuan kapasitas pada kondisi lapangan diperoleh dengan persamaan 2.3.

(*Sumber : MKJI 1997 untuk jalan luar kota hal 6-18*).

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \quad \text{Pers. 2.3}$$

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 dapat diperoleh dari pembagian arus lalu lintas dengan kapasitas kendaraan yang ada. Derajat kejenuhan ini diberi batasan = 0,75. Bila melebihi dari 0,75 maka dianggap jalan sudah tidak mampu lagi menampung arus lalu lintas. Jadi harus ada pelebaran jalan. Rumus yang digunakan :

$$DS = \frac{Q}{C} < 0,75 \quad \text{Pers 2.4}$$

$$Q = \text{LHRT} \times k \times \text{emp} \quad \text{Pers 2.5}$$

Dimana :

DS = *Degree of Saturated* (Derajat Kejenuhan)

Q = Arus Lalu Lintas (smp/jam)

C = Kapasitas

k = Faktor volume lalu lintas jam sibuk Nilai normal = 0,11 (Untuk jalan luar kota)

→ Menentukan faktor k.

Faktor k adalah ratio antara arus jam rencana dan LHRT ditentukan sebesar 0,11.

→ LHRT

Adalah lalu lintas harian rata – rata tahunan dalam satuan kendaraan/jam, agar satuannya menjadi smp/jam dikalikan dengan nilai emp.

→ Menentukan emp (ekivalen mobil penumpang)

Adalah faktor dari tipe kendaraan dibandingkan terhadap kendaraan ringan sehubungan dengan pengaruh kepada kecepatan kendaraan ringan antara arus campuran.

Tabel 2.7 Ekvivalen Mobil Penumpang untuk jalan 2/2 UD

Tipe Alinyemen	Arus Total (kend/jam)	emp (ekivalen mobil penumpang)					
		MHV	LB	LT	MC		
					Lebar jalur lalin (m)		
					<6	6 – 8	>8
Datar	0	1,2	1,2	1,8	0,8	0,6	0,4
	800	1,8	1,8	2,7	1,2	0,9	0,6
	1350	1,5	1,6	2,5	0,9	0,7	0,5
	>1900	1,3	1,5	2,5	0,6	0,5	0,4
Bukit	0	1,8	1,6	5,2	0,7	0,5	0,3
	650	2,4	2,5	5,0	1,0	0,8	0,5
	1100	2,0	2,0	4,0	0,8	0,6	0,4
	≥ 1600	1,7	1,7	3,2	0,5	0,4	0,3
Gunung	0	3,5	2,5	6,0	0,6	0,4	0,2
	450	3,0	3,2	5,5	0,9	0,7	0,4
	900	2,5	2,5	5,0	0,7	0,5	0,3
	≤ 1350	1,9	2,2	4,0	0,5	0,4	0,3

Sumber : MKJI 1997 untuk jalan luar kota 6-44

Untuk kendaraan berat menengah (MHV), Bus Besar (LB), Truck Besar (LT), sepeda motor (MC), dan kendaraan ringan/mobil penumpang selalu bernilai 1,00. Derajat kejenuhan (Ds) perlu diketahui dalam perencanaan peningkatan jalan luar kota yang sudah ada.

- apabila $D_s > 0,75$ pada jam puncak maka jalan tersebut perlu diadakan pelebaran sedemikian rupa sehingga $D_s < 0,75$ hingga akhir umur rencana.
- Jalan Trenggalek – Pacitan merupakan jalan yang menghubungkan Kabupaten Trenggalek dengan Kabupaten Pacitan, dengan demikian jalan tersebut bisa diklasifikasikan sebagai jalan kolektor Primer.

2.3 Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan suatu perkerasan yang dibangun diatas tanah dengan maksud untuk dapat menahan

beban kendaraan atau lalu lintas, serta tahan terhadap perubahan cuaca yang terjadi. Konstruksi ini terdiri dari lapisan – lapisan yang mempunyai fungsi menerima beban lalu lintas dan menyebabkan lapisan yang dibawahnya hingga ketanah dasar.

Perencanaan perkerasan ini juga dapat dimaksud suatu sistem untuk perancangan perkerasan umumnya untuk kebutuhan perkerasan pada saat umur rencana berlangsung, untuk mempertahankan perkerasan agar berfungsi dengan baik.

Suatu perkerasan lentur dilihat baik apabila dapat menghasilkan dimensi konstruksi yang kecil dengan biaya yang murah dan mempunyai masa pemakaian yang cukup lama. Untuk memenuhi hal tersebut, perencanaan harus didukung data-data yang obyektif dan akurat.

2.3.1. Umur Rencana

Umur Rencana merupakan jumlah waktu dalam tahun yang dihitung dari sejak jalan tersebut dibuka untuk lalu lintas sampai diperlukan perbaikan berat 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.

Pemeliharaan perkerasan jalan harus di lakukan selama umur rencana. Umur rencana untuk perkerasan lentur pada peningkatan jalan Trenggalek – Pacitan Tahap II direncanakan selama 10 tahun.

2.3.2. Data Lalu Lintas

Untuk merencanakan jalan maka diperlukan data mengenai data lalu lintas. Data yang digunakan dalam perencanaan peningkatan jalan ini adalah pertumbuhan Lalu lintas yang melalui jalan pada saat umur rencana. Hal ini bertujuan agar jalan yang

direncanakan dapat berfungsi sesuai dengan kelas fungsinya selama umur jalan yang direncanakan.

LHRT (Lalu Lintas Harian Rata-Rata Tahunan) adalah jumlah rata-rata lalu lintas harian yang diperoleh dari nilai rata-rata jumlah kendaraan dalam satu tahun penuh. Untuk meramalkan jumlah keadaan pada saat umur rencana dapat menggunakan persamaan :

$$F = P \times (1 + i)^n \quad \text{Pers. 2.6}$$

Keterangan :

F = Jumlah kendaraan saat umur rencana

P = Jumlah kendaraan saat sekarang

i = Faktor pertumbuhan




n = Umur rencana jalan

2.3.3. Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Angka ekuivalen (E) 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.

Karena beban sumbu kendaraan mempunyai nilai yang beraneka ragam maka beban sumbu tunggal seberat 8,18 ton (1800 lbs), sehingga dapat dihasilkan besaran ekuivalen yang sesuai dengan aturan yang ada. Besar Ekuivalen (E) beban sumbu kendaraan dapat dirumuskan seperti pada tabel berikut :

Tabel 2.8 Rumus untuk Ekuivalen Beban Sumbu

Jumlah Sumbu	Konfigurasi Sumbu	Rumus
Tunggal		$\left(\frac{P}{8.16}\right)^4$
Tandem/Ganda		$0.0863\left(\frac{P}{8.16}\right)^4$
Tridem		$0.0148\left(\frac{P}{8.16}\right)^{4.352}$

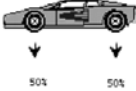

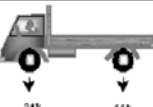
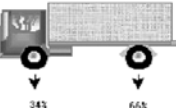
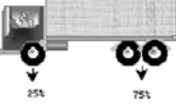
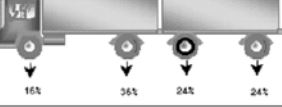
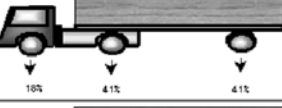
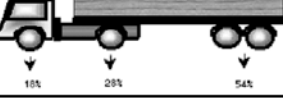
Konfigurasi sumbu tunggal mempunyai pengaruh yang sangat besar pada kerusakan jalan dibandingkan dengan sumbu ganda. Berikut adalah nilai ekuivalen faktor kerusakan (EDF) untuk beberapa besar beban sumbu dan jenis kendaraan.

Tabel 2.9 Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Beban Sumbu		Angka Ekuivalen	
Kg	Lb	Sumbu tunggal	Sumbu ganda
1.	2.205	0,0002	-
2.	4.409	0,0036	0,0003
3	6.614	0,0183	0,0016
4	8.818	0,0577	0,0050
5	11.023	0,1410	0,0121
6	13.228	0,2923	0,0251
7	15.432	0,5415	0,0466
8	17.637	0,9238	0,0794
8.16	18	10,000	0,0860
9	19.841	14,798	0,1273
10	22.046	22,555	0,1940
11	24.251	33,022	0,2840
12	26.455	46,770	0,4022
13	28.66	64,419	0,5540
14	30.864	86,647	0,7452
15	33.069	114,184	0,9820
16	35.276	147,815	12,712

Sumber : Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen Bina Marga 1987, hal 10

**Tabel 2.10 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 KSAL KOSONG	UE 18 KSAL 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	

Tabel 2.11 Jumlah Jalur kendaraan

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

Sumber : *Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen Bina Marga 1987, hal 8*

Tabel 2.12 Koefisien Distribusi pada Lajur Rencana

Jumlah lajur	Kendaraan Ringan (Berat total < 5 ton)		Kendaraan Berat (Berat total > 5 ton)	
	1 Arah	2 Arah	1 Arah	2 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 1987, hal 9*

2.3.5. Lintas Ekuivalen

Lintas ekuivalen di pengaruhi oleh lalu lintas harian rata-rata (LHR), koefisien distribusi kendaraan (C), dan angka ekuivalen (E). Lintas ekivaen dapat dibedakan atas :

- Lintas Ekuivalen Permulaan (**LEP**) adalah jumlah lintas ekuivalen 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 :

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \times C_j \times E_j \quad \text{Pers. 2.7}$$

Dimana :

- J = Jenis kendaraan
- E = Angka Ekuivalen tiap jenis kendaraan
- C = Koefisien Distribusi Kendaraan

- 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. LEP dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1+i)^{UR} \times C_j \times E_j \quad \text{Pers. 2.8}$$

Dimana :

- J = Jenis kendaraan
- E = Angka Ekuivalen tiap jenis kendaraan
- C = Koefisien Distribusi Kendaraan
- i = Pertumbuhan lalu lintas
- UR = Umur Rencana

- 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. LET dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$LET = \frac{LEP + LEA}{2} \quad \text{Pers. 2.9}$$

Dimana :

LET = Lintas Ekvivalen Tengah
 LEP = Lintas Ekvivalen Permukaan
 LEA = Lintas Ekvivalen Akhir

- Lintas Ekvivalen 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. LET dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$LER = LET \times FP \quad \text{Pers. 2.10}$$

$$FP = \frac{UR}{10} \quad \text{Pers. 2.11}$$

Dimana :

LER = Lintas Ekvivalen Rencana
 LET = Lintas Ekvivalen Tengah
 FP = Faktor Penyesuaian
 UR = Umur Rencana

2.3.6. Faktor Regional (FR)

Faktor Regional (FR) adalah faktor setempat yang menyangkut keadaan lapangan dan iklim, yang dapat mempengaruhi keadaan pembebanan, daya dukung tanah dasar dan perkerasan. Nilai Faktor Regional (FR) didapat berdasarkan klasifikasi tanah yang ada pada tabel berikut

Tabel 2.13 Penentuan Faktor Regional (FR)

Curah Hujan	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 - 1,5	1,0	1,5 - 2	1,5	2 - 2,5
Iklm II >900 mm/th	1,5	2 - 2,5	2,0	2,5 - 3	2,5	3 - 3,5

Sumber : Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen Bina Marga 1987, hal 14

2.3.7. Menentukan Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) dan CBR(California Bearing Ratio)

Setiap segmen mempunyai satu nilai CBR yang mewakili mutu Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) untuk digunakan pada perencanaan tebal lapis perkerasan segmen jalan tersebut.

Dalam pengerjaan proyek akhir ini nilai CBR_{segmen} dihitung menggunakan metode grafis. Nilai CBR_{segmen} merupakan nilai persentil ke 90 dari CBR yang ada dalam satu segmen.

Secara grafis harga CBR segmen jalan dapat ditentukan melalui prosedur sbgai berikut :

- a. Menentukan nilai CBR yang terrendah.
- b. Menentukan berapa banyak nilai CBR yang sama atau yang lebih besar dari masing – masing nilai CBR yang ada dan kemudian disusun mulai nilai CBR terkecil sampai terbesar.

- c. Untuk angka terbanyak diberi nilai 100%, sedangkan angka yang lain merupakan prosentase dari 100%.
- d. Membuat grafik hubungan antara harga CBR dan prosentase jumlah CBR.
- e. Harga CBR segmen adalah nilai pada keadaan 90%.

Jika CBR_{segmen} yang didapat kurang dari 6% maka dilakukan penambahan material pilihan diatas lapisan tanah dasar dengan menggabungkan nilai CBR_{segmen} dan CBR dari material tersebut.

Untuk menghitung nilai CBR_{gabungan} menggunakan persamaan berikut:

$$CBR_{\text{gabungan}} = \left(\frac{h_1 \sqrt[3]{CBR_1}}{h} + \frac{h_2 \sqrt[3]{CBR_2}}{h} \right)^3 \quad \text{Pers 2.12}$$

Keterangan:

- h_1 =Tinggi lapisan ke 1
- h_2 =Tinggi lapisan ke 2
- h =Tinggi lapisan total
- CBR_1 =CBR pada lapisan ke 1
- CBR_2 =CBR pada lapisan ke 2



Korelasi DDT dan CBR

2.3.8. Indeks Permukaan (IP)

Indeks Permukaan (IP) adalah suatu angka yang digunakan untuk menyatakan kerataan / kehalusan serta kekokohan permukaan jalan bertkaitan 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.

Penentuan indeks permukaan ada dua macam yaitu indeks permukaan awal pada umur rencana (Ipo) dan indeks permukaan pada akhir umur rencana (Ipt) adalah sebagai berikut :

→ Indeks Permukaan Awal Umur Rencana (Ipo)

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

Tabel 2.14 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 TANAH	$\leq 2,4$	
JALAN KERIKIL	$\leq 2,4$	

Sumber : Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen Bina Marga 1987,hal 13

→ Indeks Permukaan Akhir Umur Rencana(Ipt)

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

Tabel 2.15 Indeks Permukaan pada Akhir Umur Rencana (IPT)

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

Sumber : Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen Bina Marga 1987, hal 13

2.3.9. Koefisien Kekuatan Relatif

Koefisien kekuatan relatif (a) dari masing – masing bahan dan kegunaannya sebagai lapisan permukaan, pondasi, pondasi bawah, ditentukan secara korelasi sesuai nilai Marshall Test (untuk bahan aspal), kuat tekan (untuk bahan yang distabilisasi dengan semen atau kapur), atau CBR (untuk bahan lapos pondasi atau pondasi bawah). Harga koefisien kekuatan relatif dapat dilihat pada tabel 2.14.

Tabel 2.16 Koefisien kekuatan relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif			Kekuatan bahan			Jenis bahan
a1	a2	a3	MS (kg)	KT (kg/cm ²)	CBR (%)	
0.40			744			LASTON
0.35			590			
0.32			454			
0.30			340			
0.35			744			ASBUTON
0.31			590			
0.28			454			
0.26			340			
0.30			340			HRA Aspal Macadam Lapen(mekanis) Lapen (manual)
0.26			340			
0.25						
0.20						
	0.28		590			LASTON atas
	0.26		454			
	0.24		340			
	0.23					Lapen(mekanis) Lapen (manual)
	0.19					
	0.15			22		Stabilitas tanah dengan semen Stabilisasi tanah dengan kapur
	0.13			18		
	0.15			22		
	0.13			18		
	0.14				100	Batu pecah (A)
	0.13				80	Batu pecah (B)
	0.12				60	Batu pecah (C)
		0.13			70	Sirtu/Pitrum A
		0.12			50	Sirtu/Pitrum B
		0.11			30	Sirtu/Pitrum C
		0.10			20	Tanah/Lempung
		0.10			20	Kepasiran

Sumber : *Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen Bina Marga 1987, hal 14-15*

→ **Tebal minimum lapis perkerasan**

Untuk menentukan tebal perkerasan terlebih dulu harus diketahui tebal masing – masing lapis dalam (cm). D1, D2, D3 merupakan faktor pengali koefisien relatif dalam mencari tebal perkerasan. Perkiraan tebal perkerasan tergantung dari nilai minimum yang diberikan Bina Marga. Penentuan tebal minimum lapis perkerasan dapat dilihat pada table 2.17 dan 2.18.

Tabel 2.17 Tebal Minimum Lapis Permukaan

ITP	Tabal Minimum (cm)	Bahan
< 3.00	5	Lapisan pelindung : (bursa/burtu/burda)
3.00 – 6.70	5	Lapen/Aspal macadam, HRa, Asbuton,
6.71 – 7.49	7.5	Laston
7.50 – 9.99	7.5	Lapen/Aspal macadam, HRa, Asbuton,
> 10	10	Laston Asbuton, Laston Laston

Sumber : Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen Bina Marga 1987, hal15

Tabel 2.18 Tebal Minimum Lapis Pondasi

ITP	Tabal Minimum (cm)	Bahan
< 3.00	15	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur.
3.00 – 7.49	20*	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur.
7.49 – 9.99	10	Laston atas
	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, Pondasi macadam.
9.99 – 12.14	15	Laston atas
	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, Pondasi macadam.
> 12.25	25	Lapen, Laston atas Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, Pondasi macada, Laston atas.

Sumber : Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen Bina Marga 1987, hal16

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

Untuk nilai ITP bila digunakan pondasi bawah, maka tebal minimum adalah 10 cm.

2.3.10. Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Tebal perkerasan merupakan perkalian antara koefisien relatif degan tebal masing – masing. Dapat ditulis degan rumus :

$$\mathbf{ITP} = \mathbf{a_1.D_1} + \mathbf{a_2.D_2} + \mathbf{a_3.D_3} \quad \text{Pers 2.13}$$

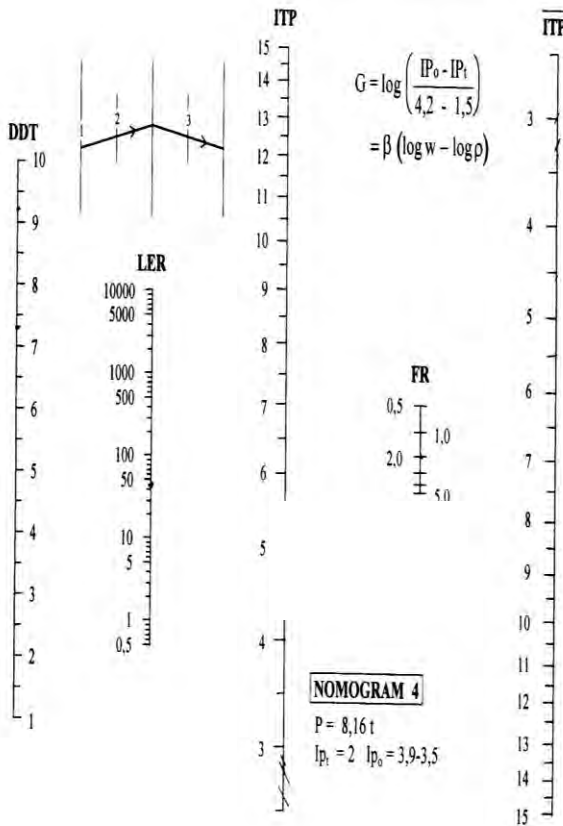
Keterangan:

ITP= Indeks tebal perkerasan

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

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

Indeks Tebal Peverasan (ITP) adalah suatu angka yang berhubungan dengan penentuan tebal perkerasan jalan yang nilainya didapat dengan nomogram.



Gambar 2.1 Nomogram 3 untuk $I_{pt} = 2$ dan $I_{po} = 3,9-3,5$

2.4 Perencanaan Tebal Lapis Tambahan (Overlay)

Tujuan utama dari perencanaan tebal lapisan tambahan (overlay) adalah untuk meningkatkan atau untuk memperpanjang umur pelayanan jalan raya. Lapisan tambahan ini dilakukan pada jalan yang sudah tidak berfungsi sebagai mana mestinya atau kurang memenuhi syarat.

Metode yang sering digunakan di Indonesia dalam perencanaan proyek adalah metode analisa komponen SKBI 2.3.26..1987 dan metode Bina Marga 01/MN/B/1983.

Metode yang digunakan dalam proyek akhir ini adalah metode Analisa komponen SKBI 1732-1989 dimana untuk mengetahui struktur konstruksi jalan lama yang sudah diketahui dalam gambar rencana Perencanaan tebal lapis tambah menggunakan metode SNI 1731-1989 hakikatnya sama dengan perencanaan tebal lapis jalan baru. Tebal lapis tambahan diperoleh berdasarkan kinerja sisa dari perkerasan jalan lama yang diperoleh sebagai hasil visual.

Langkah-Langkah perencanaan tebal lapis tambahan menggunakan Analisa Komponen SNI 1732-1989B adalah sebagai berikut:

1. Tentukan \overline{ITP} dengan mengikuti prosedur sesuai umur rencana. \overline{ITP} ini adalah \overline{ITP} yang dibutuhkan sesuai kondisi daya dukung tanah dasar.
2. Menentukan \overline{ITP} sisa dari perkerasan jalan yang akan diberi lapis tambahan dengan menggunakan rumus:

$$\overline{ITP}_{\text{sisa}} = K_1 a_1 x D_1 + K_2 a_2 x D_2 + K_3 a_3 x D_3 \quad \text{Pers 2.14}$$

Dimana:

K_1, K_2, K_3 = Nilai kondisi sisa lapisan
 a_1, a_2, a_3 = Kondisi relative untuk lapis permukaan, pondasi bawah
 d_1, d_2, d_3 = Tebal Lapis Permukaan pondasi, pondasi bawah

3. Tentukan $\Delta \overline{ITP}$ dengan menggunakan rumus

$$\Delta \overline{ITP} = \overline{ITP} - \overline{ITP}_{\text{sisa}} \quad \text{Pers 2.15}$$

4. Tentukan tebal lapis tambahan dengan menggunakan rumus:

$$D_{\text{tambah}} = \frac{\Delta TTP}{a_1} \quad \text{Pers 2.16}$$

Dalam menentukan tebal lapis tambahan pada lapisan permukaan,memeperhatikan dan memperhitungkan kondisi perkerasan jalan lama.yang dapat diklasifikasikan dalam tabel berikut:

Tabel 2.19 Nilai Kondisi Perkerasan Jalan

1	Lapis Permukaan	
	Pada umumnya tidak crack(retak),sedikit deformasi pada jalur roda.	90%-100%
	Terlihat retak halus,sedikit deformasi pada jalur roda tetapi masi stabil	70%-90%
	Crack sedang beberapa deformasi pada jalur roda,pada dasarnya masih menunjukkan kestabilan.	50%-70%
	Terdapat banyak crack dan deformasi pada jalur roda,menunjukkan gejala tidak stabil	30%-50%
2	Lapis Pondasi Atas	
	Pondasi Aspal Beton atau penetrasi Macadam	
	Umumnya tidak retak(crack)	90%-100%
	Terlihat retak halus ,tetapi masih stabil	70%-90%
	Crack sedang,pada dasarnya masih menunjukkan kestabilan.	50%-70%
A	Banyak crack,menunjukkan gejala ketidakstabilan	30%-50%
B	Pondasi stabilisasi tanah dengan semen atau kapur(plastisitas/PI<10)	70%-100%
C	Pondasi macadam atau batu pecah Plastisity Index(PI)<6	80%-100%
3	Lapis Pondasi Bawah	
	Plastisity Index(PI)<6	90%-100%
	Plastisity Index(PI)>6	70%-90%

Sumber:Perencanaan Tebal Lapis Tambahan Berdasarkan Metode SNI 1732-1989-F

2.5 Kontrol Geometrik

Dalam perencanaan jalan raya perlu dipertimbangkan aspek kenyamanan. Untuk itu perlu dilakukan kontrol terhadap geometrik jalan yang direncanakan untuk mengetahui jenis geometrik yang pantas untuk dilaksanakan. Umumnya geometrik pada jalan raya terbagi menjadi dua yakni :

1. Alinyemen Horizontal
2. Alinyemen Vertikal

2.5.1 Alinyemen Horizontal

Alinyemen Horizontal adalah suatu proyeksi sumbu jalan pada bidang 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, V_r . Kecepatan rencana diperlukan untuk menentukan jari-jari dari lengkung yang diterapkan pada jalan yang akan dibangun. Akan tetapi berdasarkan pertimbangan peningkatan jalan dikemudian hari sebaiknya hindari merencanakan alinyemen horisontal jalan dengan mempergunakan radius minimum yang menghasilkan lengkung tertajam. Radius minimum didapat dengan menggunakan rumus :

Dimana :

$$R_{\min} = \frac{V_r^2}{127(e_{maks} + f)} \quad \text{Pers.2.17}$$

Keterangan :

R_{\min} = Jari-jari minimum (meter)

V_r = Kecepatan rencana (km/h)

e_{maks} = superelevasi maksimum (%)

f = Koefisien gesek, untuk perkerasan lentur

Tabel 2.20 Harga R Min dan D maks untuk Beberapa Kecepatan Rencana

Kecepatan Rencana	e maks (m/m')	f (maks)	R Min (perhitungan)	R Min Design (m)	D Maks Design (°)
40	0,1	0,166	47,363	47	30,48
	0,08		51,213	51	28,09
50	0,1	0,160	75,858	76	18,85
	0,08		82,192	82	17,47
60	0,1	0,153	112,041	111	12,79
	0,08		121,659	122	11,74
70	0,1	0,147	156,522	157	9,12
	0,08		170,343	170	8,43
80	0,1	0,140	209,974	210	6,82
	0,08		229,062	229	6,25
90	0,1	0,128	280,350	280	5,12
	0,08		307,371	307	4,67
100	0,1	0,115	366,233	366	3,91
	0,08		403,796	404	3,55
110	0,1	0,103	470,497	470	3,05
	0,08		522,058	522	2,74
120	0,1	0,090	596,769	597	2,4
	0,08		666,975	667	2,15

Sumber : *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*, Silvia Sukirman, hal 76

➤ **Bentuk-Bentuk Lengkung Horizontal**

Ada dua bentuk lengkung horizontal yaitu

- Lengkung Full Circle (FC)
- Lengkung Spiral-Circle-Spiral (S-C-S)
- Lengkung Spiral – Spiral (S-S)

1. Lengkung Full Circle(FC)

Bentuk Lengkung ini digunakan pada tikungan yang mempunyai jari-jari besar dan sudut tangen yang relatif kecil. Rumus-rumus

yang dipergunakan dalam perencanaan lengkung Full Circle.

Dimana :

$$T_c = R_c \cdot \tan (1/2 \Delta) \quad \text{Pers. 2.18}$$

$$E_c = T_c \operatorname{tg} 0.25 \Delta \quad \text{Pers. 2.19}$$

$$L_c = (\Delta\pi/180)R_c \quad \text{Pers. 2.20}$$

Keterangan :

Δ = Sudut Tangent ($^\circ$)

R_c = Jari-jari lingkaran (m)

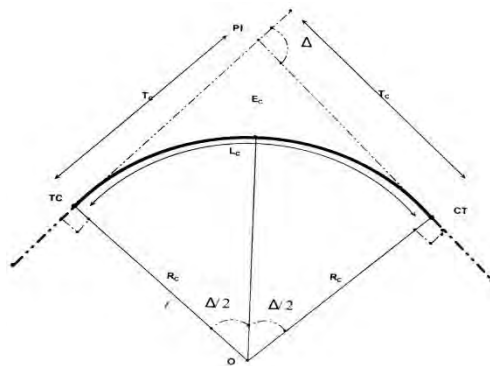
E_c = Jarak titik sudut dengan busur lingkaran (m)

L_c = Panjang Bagian Lengkung (m)

PI = Point of Intersection (Perpotongan kedua garis tangent)

T_c = Tangent circle, titik peralihan dari lurus ke bentuk circle

CT = Circle Tangent, titik peralihan dari bentuk circle ke lurus



2. Lengkung Spiral-Circle-Spiral (S-C-S)

Pada lengkung S-C-S ini dikenal dengan lengkung peralihan (L_s). Yaitu lengkung yang disisipkan diantara bagian lurus jalan dan bagian lengkung jalan berjari-jari tetap R . Bentuk lengkung ini dipakai bila jari-jari lebih kecil dari batas yang ditentukan untuk bentuk Full Circle. Selain itu jari-jari yang diambil harus sesuai dengan kecepatan rencana. Rumus-rumus yang digunakan dalam perencanaan lengkung Spiral-Circle-Spiral :

$$\theta_s = \frac{L_s \cdot 90}{\pi R_c} \quad \text{Pers. 2.21}$$

$$\theta_c = \beta - 2\theta_s \quad \text{Pers. 2.22}$$

$$L_c = \frac{\theta_c}{360} \times 2\pi R_c \quad \text{Pers. 2.23}$$

$$L = L_c + 2L_s \quad \text{Pers. 2.24}$$

$$p = \frac{L_s^2}{6R_c} - R_c(1 - \cos \theta_s) \quad \text{Pers. 2.25}$$

Diperoleh p^*

$$p = p^* \times L_s \quad \text{Pers. 2.26}$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40R_c} - R_c \cdot \sin \theta_s \quad \text{Pers. 2.27}$$

Diperoleh k^*

$$k = k^* \times L_s \quad \text{Pers. 2.28}$$

$$E_s = (R_c + p) \sec \frac{1}{2} \Delta - R_c \quad \text{Pers. 2.29}$$

$$T_s = (R_c + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \quad \text{Pers. 2.30}$$

Keterangan :

X_s = Jarak titik T_s dengan S_c

Y_s = Jarak tegak lurus ke titik S_c pada lengkung

L_s = Panjang lengkung peralihan (TS-SC/CS-ST)

L_c = Panjang busur lingkaran (SC-CS)

T_s = Panjang tangen titik PI ke TS

E_s = Jarak PI ke busur lingkaran

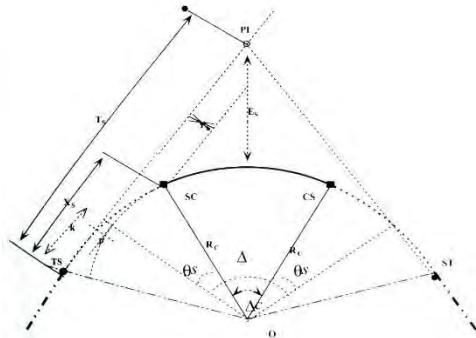
θ_s = Sudut lengkunhg spiral

Δ = Sudut Tangent

R_c = Jari-jari lingkaran

p = pergeseran tangen ke spiral

k = absis dari p pada garis tangen spiral

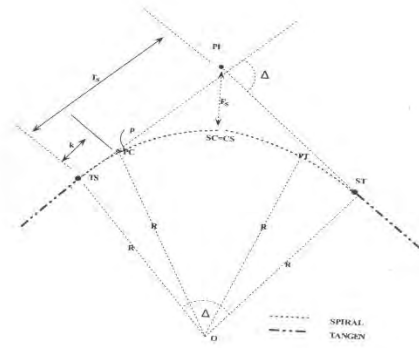


Gambar 2.2 Gambar Spiral – Circle – Spiral

3. Lengkung Spral – Spiral (S- S)

Jenis tikungan yang terdiri dari dua lengkung peralihan. Bentuk S-S dapat

dilihat pada Gambar 2.4



Gambar 2.3 Gambar Spiral – Sipiral

Rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$L_c = 0 \text{ dan } \theta_s = \frac{1}{2} \Delta \quad \text{Pers. 2.31}$$

$$L_s = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R_c}{90} \quad \text{Pers. 2.32}$$

$$L_{\text{tot}} = 2L_s \quad \text{Pers. 2.33}$$

$$p = p' \cdot L_s \quad \text{Pers. 2.34}$$

$$k = k' \cdot L_s \quad \text{Pers. 2.35}$$

Untuk rumus lainnya dapat menggunakan rumus dari lengkung S-C-S dengan memperhatikan hal khusus diatas.

Besaran p' dan k'

$0s$	p^*	k^*	$0s$	p^*	k^*
0,5	0,0007315	0,4999987	20,5	0,0309385	0,4977965
1,0	0,0014631	0,4999949	21,0	0,0317409	0,4976842
1,5	0,0021948	0,4999886	21,5	0,0325466	0,4975688
2,0	0,0029268	0,4999797	22,0	0,0333559	0,4974504
2,5	0,0036591	0,4999682	22,5	0,0341687	0,4973288
3,0	0,0043919	0,4999542	23,0	0,0349852	0,4972042
3,5	0,0051251	0,4999377	23,5	0,0358055	0,4970764
4,0	0,0058589	0,4999186	24,0	0,0366296	0,4969454
4,5	0,0065934	0,4998970	24,5	0,0374576	0,4968112
5,0	0,0073286	0,4998727	25,0	0,0382895	0,4966738
5,5	0,0080647	0,4998459	25,5	0,0391255	0,4965331
6,0	0,0088016	0,4998166	26,0	0,0399657	0,4963891
6,5	0,0095396	0,4997846	26,5	0,0408101	0,4962418
7,0	0,0102786	0,4997501	27,0	0,0416587	0,4960912
7,5	0,0110188	0,4997130	27,5	0,0425117	0,4959372
8,0	0,0117602	0,4996732	28,0	0,0433692	0,4957798
8,5	0,0125030	0,4996309	28,5	0,0442312	0,4956189
9,0	0,0132471	0,4995859	29,0	0,0450978	0,4954546
9,5	0,0139928	0,4995383	29,5	0,0459690	0,4952868
10,0	0,0147400	0,4994880	30,0	0,0468450	0,4951154
10,5	0,0154888	0,4994351	30,5	0,0477258	0,4949405
11,0	0,0162394	0,4993795	31,0	0,0486115	0,4947620
11,5	0,0169919	0,4993213	31,5	0,0495022	0,4945798
12,0	0,0177462	0,4992603	32,0	0,0503979	0,4943939
12,5	0,0185025	0,4991966	32,5	0,0512988	0,4942044
13,0	0,0192608	0,4991303	33,0	0,0522048	0,4940111
13,5	0,0200213	0,4990611	33,5	0,0531162	0,4938140
14,0	0,0207840	0,4989893	34,0	0,0540328	0,4936131
14,5	0,0215490	0,4989146	34,5	0,0549549	0,4934084
15,0	0,0223165	0,4988372	35,0	0,0558825	0,4931997
15,5	0,0230863	0,4987570	35,5	0,0568156	0,4929872
16,0	0,0238588	0,4986739	36,0	0,0577544	0,4927706
16,5	0,0246338	0,4985880	36,5	0,0586989	0,4925501
17,0	0,0254116	0,4984993	37,0	0,0596492	0,4923254
17,5	0,0261921	0,4984077	37,5	0,0606053	0,4920967
18,0	0,0269756	0,4983132	38,0	0,0615673	0,4918639
18,5	0,0277619	0,4982158	38,5	0,0625354	0,4916269
19,0	0,0285513	0,4981154	39,0	0,0635095	0,4913857
19,5	0,0293438	0,4980121	39,5	0,0644897	0,4911402
20,0	0,0301396	0,4979058	40,0	0,0654762	0,4908904

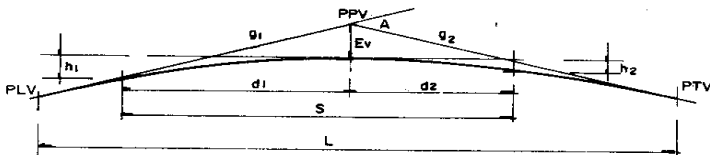
2.5.2 Alinyemen Vertikal

Alinyemen Vertikal merupakan perpotongan pada bidang vertikal dengan bidang permukaan jalan melalui sumbu jalan. Dalam Alinyemen vertikal kelandaian diasumsikan bernilai positif (+) jika pendakian dan negatif (-) jika penurunan yang ditinjau dari kiri.

a. Lengkung Vertikal Cembung

Pada lengkung cembung dibatasi berdasarkan jarak pandang, yakni :

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



Gambar 2.4 Jarak Pandang pada lengkung vertikal cembung ($S < L$)

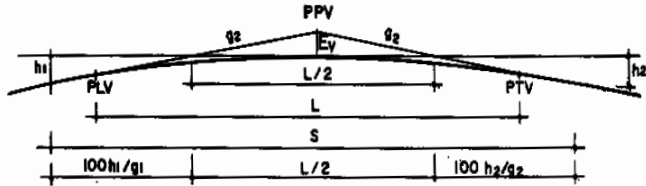
Persamaan untuk perhitungan lengkung ini sesuai dengan jarak pandang henti atau jarak pandang menyiap.

- Apabila digunakan jarak pandang henti, dimana $h_1 = 10$ cm dan $h_2 = 120$ cm, maka persamaan yang digunakan adalah :

$$L = \frac{AS^2}{100(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2} \quad \text{Pers. 2.36}$$

$$L = \frac{AS^2}{399} \quad \text{Pers. 2.37}$$

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



Gambar 2. 5 Jarak Pandang pada lengkung vertikal cembung ($S > L$)

Seperti halnya perhitungan lengkung cembung dengan $S < L$ persamaan untuk perhitungan lengkung ini sesuai dengan jarak pandang henti atau jarak pandang menyiap.

- Apabila digunakan jarak pandang henti, dimana $h_1 = 10$ cm dan $h_2 = 120$ cm, maka persamaan yang digunakan adalah :

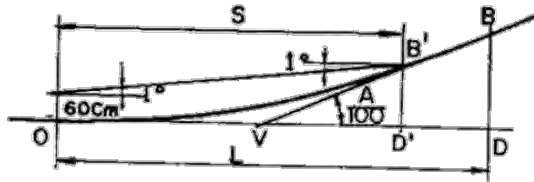
$$L = 2S - \frac{200(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}{A} \quad \text{Pers. 2.38}$$

$$L = 2S - \frac{399}{A} \quad \text{Pers. 2.39}$$

b. Lengkung Vertikal Cekung

Berbeda dengan lengkung vertikal cembung, lengkung vertikal cekung dipengaruhi jarak penyinaran lampu kendaraan. Pada perencanaan tinggi lampu yang digunakan adalah 60 cm dengan sudut peyebaran sinar sebesar 1° . Perhitungan lengkung vertikal cekung dihitung berdasarkan letak lampu dengan kendaraan dapat dibedakan dua keadaan.

1. Lengkung vertikal cekung dengan jarak penyinaran lampu depan $< L$

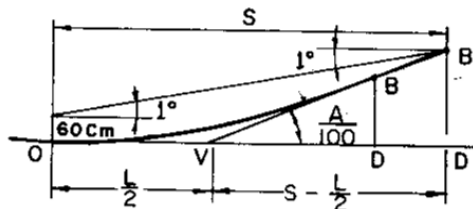


Gambar 2.6 Lengkung Vertikal Cekung dengan Jarak Pandang Penyinaran lampu depan $< L$

Dengan asumsi perencanaan yakni tinggi lampu 60 cm dan sudut penyebaran sinar sebesar 1° , maka :

$$L = \frac{AS^2}{150 + 3.50S} \quad \text{Pers. 2.40}$$

2. Lengkung vertikal cekung dengan jarak penyinaran lampu depan $> L$



Dengan asumsi perencanaan yang sama dengan persamaan diatas, untuk hal ini maka :

$$L = 2S - \frac{150 + 3.50S}{A} \quad \text{Pers.2.41}$$

Tabel 2.21 Jari-jari yang tidak memerlukan lengkung peralihan

V_r(Km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
R_{min}	25000	1500	900	500	350	250	130	60

Sumber : Tata cara Perencanaan Geometrik jalan antar kota, Hal 30

Tabel 2.22 Jarak Pandang Henti (J_h) minimum

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

Tabel 2.23 Jarak Pandang Mendahului (J_d)

V _r km/jam	120	100	80	60	50	40	30	20
J _d (m)	800	670	550	350	250	200	150	100

Sumber : Tata cara Perencanaan Geometrik jalan antar kota, Hal 21

- 22

Tabel 2.24 Kecepatan Rencana (V_R)

Fungsi	Kecepatan Rencana		
	Datar	Bukit	Pegunungan
Arteri	70-120	60-80	40-70
Kolektor	60-90	50-60	30-50
Lokal	40-70	30-50	20-30

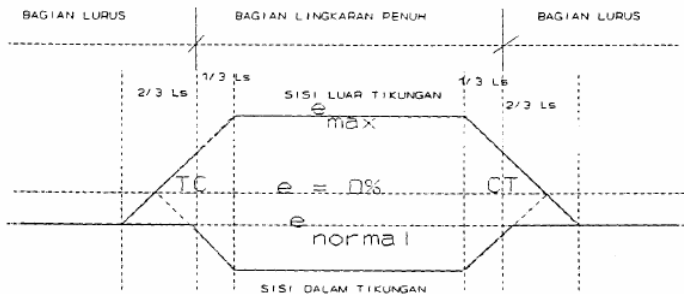
Sumber : Tata cara Perencanaan Geometrik jalan antar kota, Hal 11

2.5.3 Diagram Superelevasi

Diagram Super elevasi adalah yang menunjukkan ketinggian titik-titik pada permukaan perkerasan jalan di sepanjang lengkungan, yang dalam penggambarannya diwakili oleh tiga garis, yaitu as jalan, tepi luar dan tepi dalam. Perubahan tersebut berlangsung dalam rangka perubahan dari lereng melintang maksimum relative. Diagram Superelevasi ada tiga macam, yakni diagram superelevasi full circle, diagram superelevasi spiral circle spiral dan diagram superelevasi spiral-spiral. Dalam proyek akhir ini hanya terdapat diagram superelevasi full circle dan

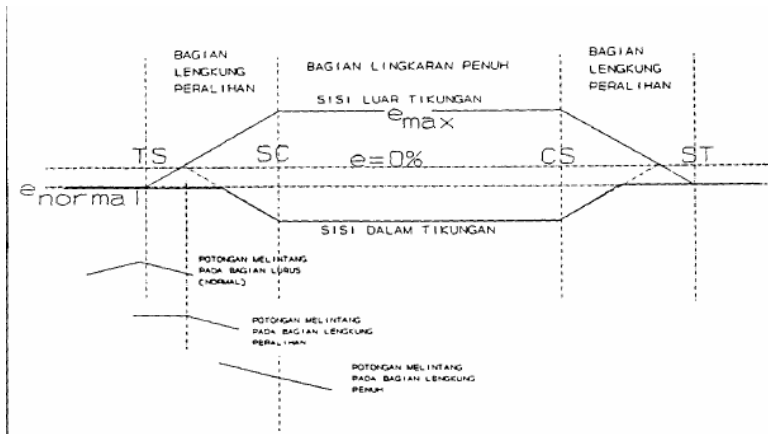
diagram superelevasi spiral circle spiral,berikut pembahasanya:

- Diagram Superelevasi Full Circle
Meskipun tidak memiliki lengkung peralihan pada full circle diperlukan suatu lengkung peralihan fiktif(L_s)dimana $\frac{3}{4}$ bagian berada pada daerah tangent, sedangkan $\frac{1}{4}$ bagian pada busur lingkaran, dapat dilihat pada gambar Menurut buku Rekayasa Jalan Raya yang diterbitkan oleh Gunadarma, alinyemen horisontal dan alinyemen vertikal merupakan unsur permanen didalam perancangan geometrik jalan. Di dalam perancangan jalan,



Gambar 2.7 Diagram Superelevasi Full Circle

- Diagram Superelevasi Spiral-Circle-Spiral



Gambar 2.8 Diagram Superelevasi Spiral-Circle-Spiral

2.6 Perencanaan Drainase

Saluran drainase jalan merupakan saluran yang dibuat di tepi jalan yang berfungsi menampung serta mengalirkan air dari permukaan jalan dan daerah sekitar jalan yang masih terdapat pada suatu catchment area. Dalam perencanaan drainase terdiri dari dua tipe, yaitu :

- Drainase permukaan
- Drainase bawah permukaan.

Adanya drainase permukaan dimaksudkan untuk menampung, mengalirkan dan membuang air hujan yang jatuh di permukaan perkerasan jalan agar tidak merusak konstruksi jalan yang ada. Fungsi dari drainase adalah :

1. Menjaga agar permukaan jalan selalu tampak kering terhadap air.
2. Menjaga kestabilan bahu jalan yang disebabkan oleh erosi.

Permukaan yang baik pada perkerasan maupun drainase dibuat miring dengan tujuan agar air hujan dapat mengalir dari perkerasan jalan.

Tabel 2.25 Kemiringan melintang dan perkerasan bahu jalan

No.	Jenis Lapisan Permukaan Jalan	Kemiringan Melintang Normal (i)
1.	Beraspal, beton	2% - 3%
2.	Japat dan Tanah	4% - 6%
3.	Kerikil	3% - 6%
4.	Tanah	4% - 6%

Sumber : Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan SNI 03-3424-1994, hal 5

Sedangkan kemiringan selokan samping ditentukan berdasarkan bahan yang digunakan. Hubungan antara bahan yang digunakan dengan kemiringan selokan samping arah memanjang yang dikaitkan erosi aliran, dapat dilihat tabel 2.26.

Tabel 2.26 Hubungan kemiringan selokan samping dan jenis material

Jenis Material	Kemiringan Selokan Samping
Tanah Asli	0 – 5
Kerikil	5 – 7,5
Pasanagan	7,5

Sumber : Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan SNI 03-3424-1994hal 7.

Sekema perencanaan drainase :

1. menentukan waktu kosentrasi
2. menentukan instensitas hujan.
3. menentukan koefisien pengaliran
4. menentukan debit aliran
5. menentukan dimensi saluran
 - menghitung dimensi saluran
 - menentukan penampang basah
 - menentukan jari-jari hidrolis
6. menghitung kemiringan saluran

2.6.1 Analisa Hidrologi

Ada beberapa hal yang perlu diperhitungkan pada analisa hidrologi.

a. Curah hujan

Merupakan tinggi hujan dalam satuan waktu yang dinyatakan dalam mm/hari. Dalam perencanaan drainase data curah hujan dipergunakan data curah hujan maksimum selama setahun. Jumlah data curah hujan minimal selama sepuluh (10) tahun terakhir.

b. Periode ulang hujan / Frekwensi hujan (T)

Merupakan suatu kemungkinan dimana terjadi atau terlampaunya tinggi hujan tertentu, Karakteristik hujan tertentu dapat menunjukkan periode ulang tertentu pula. Untuk perencanaan drainase tepi jalan periode hujan yang dipergunakan selama lima (5) tahun.

c. Waktu hujan (t)

Waktu hujan adalah lama terjadinya suatu periodik hujan. Lamanya curah hujan ditentukan berdasarkan hasil penyelidikan Van Breen, bahwa hujan harian terkonsentrasi selama 4 jam dengan jumlah hujan sebesar 90% dari hujan selama 24 jam.

d. Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan adalah banyaknya hujan yang jatuh pada periode tertentu biasanya dalam satuan mm/jam. Intensitas dipengaruhi oleh tiga poin sebelumnya, yakni curah hujan, periode ulang hujan, dan waktu hujan. Dalam SNI untuk menghitung intensitas hujan mempergunakan analisa distribusi frekwensi dengan persamaan sebagai berikut.

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n}} \quad \text{Pers. 2.42}$$

$$X_t = \bar{x} + \frac{S_x}{S_n} (Y_t - Y_n) \quad \text{Pers. 2.43}$$

$$I = \frac{90\% \times X_t}{4} \quad \text{Pers. 2.44}$$

Keterangan :

S_x = Standard deviasi

X_t = Besar curah hujan untuk periode ulang T tahun
(mm/jam)

X = Tinggi hujan maksimum

\bar{x} = Tinggi hujan maksimum komulatif rata-rata

Y_t = Variasi yang merupakan fungsi periode ulang

Y_n = Nilai berdasarkan jumlah data curah hujan (n)

S_n = Standars deviasi yang merupakan fungsi n

I = Intensitas hujan (mm/jam)

Tabel 2.27 Variasi Y_T

Periode Ulang (Tahun)	Variasi yang berkurang
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2505
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001

Sumber : *Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan SNI 03-3424-1994* hal 16

Tabel 2.28 Nilai Y_N

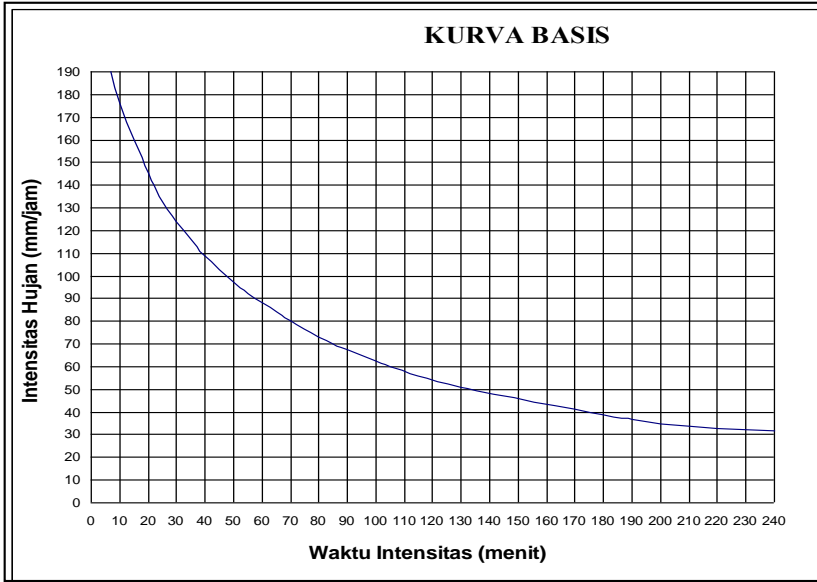
N	0	1	2	3	4	5	6
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5126	0,5157
20	0,5225	0,5252	0,5288	0,5283	0,5255	0,5309	0,5320
30	0,5352	0,5371	0,5380	0,5388	0,5402	0,5402	0,5410
40	0,5435	0,5422	0,5448	0,5453	0,5458	0,5453	0,5468
50	0,5485	0,5485	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508
60	0,5521	0,5534	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538
70	0,5548	0,5552	0,5555	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580
90	0,5566	0,5589	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595

Tabel 2.29 Nilai S_N

N	0	1	2	3	4	5	6
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316
20	0,0628	1,0695	1,0695	1,0811	1,0854	1,0915	1,0961
30	0,1124	1,1199	1,1199	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313
40	0,1413	1,1435	1,1435	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538
50	0,1607	1,1523	1,1523	1,1558	1,1557	1,1581	1,1596
60	0,1747	1,1759	1,1759	1,1782	1,1782	1,1803	1,1814
70	0,1899	1,1653	1,1653	1,1681	1,1690	1,1698	1,1906
80	0,1938	1,1945	1,1945	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980
90	0,2007	1,2013	1,2020	1,2025	1,2032	1,2038	1,2044

*Sumber : Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan
SNI 03-3424-1994hal 16*

Setelah memperoleh nilai I dari persamaan di atas, maka diplot pada kurva basis sehingga didapatkan kurva I rencana.



e. Waktu konsentrasi (T_c)

Waktu konsentrasi adalah lama waktu yang dibutuhkan oleh aliran air untuk dapat mencapai suatu titik tertentu pada saluran drainase. Waktu konsentrasi dipengaruhi oleh kemiringan saluran, kecepatan aliran dan kondisi permukaan saluaran. Dari ketiga hal tersebut, perhitungan waktu konsentrasi dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$T_c = t_1 + t_2 \quad \text{Pers. 2.45}$$

Dimana :

$$t_1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_o \frac{nd}{\sqrt{S}} \right)^{0.167} \quad \text{Pers. 2.46}$$

$$t_2 = \frac{L}{60V} \quad \text{Pers. 2.47}$$

Keterangan :

- Tc = Waktu konsentrasi (menut)
- t1 = waktu inlet (menit)
- t2 = waktu aliran (menit)
- Lo = jarak dari titik terjauh ke fasilitas drainase (m)
- L = Panjang saluran (m)
- nd = Koefisien hambatan (lihat tabel)
- s = Kemiringan daerah pengaliran
- V = Kecepatan air rata-rata diselokan (m/dt) (lihat tabel)

Tabel 2.30 Hubungan kondisi permukaan Tanah dengan koefisien hambatan

Kondisi Lapis Permukaan	Nd
1. Lapisan semen dan aspal beton	0.013
2. Permukaan licin dan kedap air	0.020
3. Permukaan licin dan kokoh	0.100
4. Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0.200
5. Padang rumput dan rerumputan	0.400
6. Hutan gundul	0.600
7. Hutan rimbun dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai rapat	0.800

Sumber : Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan SNI03-3424-1994hal 17

Tabel 2.31 Kecepatan Aliran yang diizinkan berdasarkan jenis material

Jenis Bahan	Kecepatan aliran yang diizinkan (m/s)
Pasir halus	0.45
Lempung kepasiran	0.50
Lanau aluvial	0.60
Kerikil halus	0.75
Lempung kokoh	0.75
Lempung padat	1.10
Kerikil kasar	1.20
Batu-batu besar	1.50
Pasangan batu	0.60 - 1.80
Beton	0.60 - 3.00
Beton bertulang	0.60 - 3.00

Sumber : *Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan SNI 03-3424-1994*

f. Luas Daerah Pengaliran

Luas daerah pengaliran batsnya tergantung dari daerah pembebasan dan daerah sekelilingnya :

$$L = L_1 + L_2 + L_3 \quad \text{Pers.2.48}$$

$$A = L (L_1 + L_2 + L_3) \quad \text{Pers.2.49}$$

Dimana :

L = Batas daerah pengaliran yang diperhitungkan

L_1 = Ditetapkan dari as jalan bagian tepi perkerasan

L_2 = Ditetapkan dari tepi perkerasan yang ada sampai bahu jalan

L_3 = Tergantung dari keadaan daerah setempat dan panjang maximum 100 meter

A = Luas daerah pengaliran

g. Intensitas Hujan Maksimum

Untuk mendapatkan intensitas hujan maksimum maka hasil perhitungan waktu konsentarsi diplotkan pada kurva basis rencana.

h. Menentukan Koefisien Pengaliran

Aliran yang masuk ke dalam saluran drainase berasal dari suatu catchment area di sekitar saluran drainase untuk menentukan koefisien pengaliran dipergunakan persamaan :

$$C = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2 + C_3 A_3 + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots} \quad \text{Pers.2.50}$$

Dimana :

C_1, C_2, C_3 = Koefisien pengaliran yang sesuai dengan tipe kondisi permukaan

A_1, A_2, A_3 = Luas daerah pengaliran yang diperhitungkan sesuai dengan kondisi permukaan.

Tabel 2.32 Hubungan kondisi permukaan tanah dan koefisien pengaliran

No.	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)
1.	Jalan beton dan jalan beraspal	0,70 – 0,95
2.	Jalan kerikil dan jalan tanah	0,40 – 0,70
3.	Bahu jalan :	
	- Tanah berbutir halus	0,40 – 0,65
	- Tanah berbutir kasar	0,10 – 0,20
	- Batuan masif keras	0,70 – 0,85
	- Batuan masif lunak	0,60 – 0,75
4.	Daerah Perkotaan	0,70 – 0,95
5.	Daerah pinggir kota	0,60 – 0,70
6.	Daerah Industri	0,60 – 0,90

7.	Pemukiman Padat	0,40 – 0,60
8.	Pemukiman tidak padat	0,40 – 0,60
9.	Taman dan kebun	0,20 – 0,40
10.	Persawahan	0,45 – 0,60
11.	Perbukitan	0,70 – 0,80
12.	Pegunungan	0,75 – 0,90

Sumber : *Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan SNI 03-3424-1994 ha19*

Keterangan : Untuk daerah datar ambil C yang terkecil
Untuk daerah lereng ambil C yang terbesar

i. Debit Aliran

Debit aliran air adalah jumlah air yang mengalir masuk kedalam saluran tepi. Dari keseluruhan analisa hidrologi di atas, maka debit air yang melalui saluran drainase dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q = \frac{1}{3.6} CIA \quad \text{Pers. 2.51}$$

Dimana :

Q = Debit air (m/detik)

C = Koefisien pengaliran

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas daerah pengaliran (km²)

2.6.2 Perencanaan Dimensi Saluran Drainase

Saluran tepi diperhitungkan sedemikian sehingga mampu untuk :

- Menampung dan mengalirkan air (hujan) yang berasal dari permukaan perkerasan jalan.
- Menampung dan mengalirkan air (hujan) yang berasal dari permukaan penguasaan jalan

Bentuk saluran tepi dipilih berdasarkan pertimbangan antara lain :

- Kondisi tanah dasar

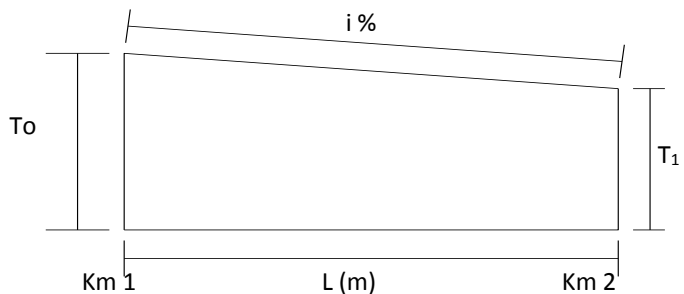
- Kecepatan aliran
- Dalamnya kedudukan air tanah

Pada umumnya saluran tepi dibuat mengikuti kelandaian jalan. Pada keadaan dimana bagian – bagian jalan mempunyai alinyemen vertikal yang tajam (grade $\geq 5\%$) maka kecepatan aliran pada saluran tepi (dengan grade $\pm 5\%$) akan menjadi besar. Untuk menghindari tergerusnya saluran tepi oleh air, maka saluran tepi dibuat dari pasangan batu.

Yang perlu diperhatikan dalam perencanaan saluran tepi adalah :

- Kecepatan aliran dalam saluran tepi tidak boleh terlalu besar sebab akan menyebabkan penggerusan.
- Sebaliknya kecepatan aliran pun tidak boleh terlalu kecil sebab akan menyebabkan pengendapan pada dasar saluran tepi.

a. Kemiringan Saluran



Gambar 2.9 Kemiringan saluran

Kemiringan tanah ditempat dibuat saluran dengan ditentukannya dari hasil pengukuran di lapangan dan dihitung dengan rumus :

Rumus kemiringan lapangan :

$$i = \frac{t_1 - t_2}{L} \times 100\% \quad \text{Pers. 2.52}$$

Rumus kemiringan secara perhitungan :

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

$$i = \left(\frac{V \cdot n}{R^{2/3}} \right)^2 \quad \text{Pers. 2.53}$$

Dimana :

- i = kemiringan yang diizinkan
- t1 = tinggi tanah di bagian tertinggi (m)
- t2 = tinggi tanah di bagian terendah (m)
- V = kecepatan aliran (m/detik)
- n = Koefisien kekerasan Manning
- R = A/O = Jari-jari Hidrolik
- A = Luas penampang basah (m²)
- O = Keliling basah (m)
- b. Jari –jari hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{O} \quad \text{Pers. 2.54}$$

Dimana :

- R = Jari – jari hidrolis(%)
- A = Luas penampang basah (m)
- O = Keliling basah (m)

c. Hubungan antara debit aliran, kecepatan aliran dan luas penampang

$$Q = V \times A \quad \text{Pers. 2.55}$$

Dimana :

- Q = Debit Aliran (m³/detik)

V = Kecepatan Aliran (m/dt)

A = Luas Penampang saluran (m)

- Luas penampang pada saluran tepi berbentuk segi empat (A)

$$A = b \times h \quad \text{Pers. 2.56}$$

Dimana :

b = Lebar saluran (m)

d = kedalaman (m)

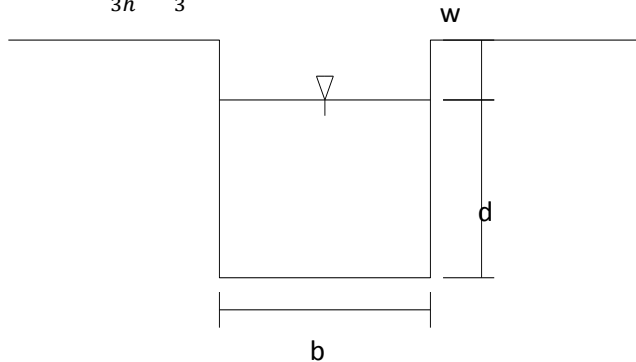
w = tinggi jagaan (m)

Direncanakan: $b=h$

$$A = h^2 \quad \text{Pers 2.57}$$

$$O = 3h \quad \text{Pers 2.58}$$

$$R = \frac{h^2}{3h} = \frac{h}{3} \quad \text{Pers 2.59}$$



Gambar 2.10 Luas penampang tepi bentuk segi empat

- Kecepatan Rata - Rata

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad \text{Pers 2.62}$$

Dimana :

V = kecepatan rata-rata (m/dt)

R = jari - jari hidrolis (%)

i = gradien Permukaan air
 n = koefisien kekasaran Manning
 Dari Persamaan 2.56 disubstitusikan maka:

$$Q = V \times A$$

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

$$Q = \frac{1}{n} \times \frac{h^{2/3}}{3} \times i^{1/2} h^2$$

$$Q = \frac{1}{n} \times h^{8/3} \times \frac{1}{3} i^{1/2}$$

Dari tabel 2.31 maka harga manning $n=0.03$ sehingga:

$$Q = \frac{1}{0.03} \times h^{8/3} \times \left(\frac{1}{3}\right)^{2/3} i^{1/2}$$

Pers 2.60

$$W = (0.5 \times h)^{1/2}$$

Pers 2.61

Tabel 2.33 Harga n Untuk Rumus Manning

No	Tipe Saluran	Harga n			
		Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
	SALURAN BATUAN				
1.	Saluran tanah, lurus teratur	0,017	0,020	0,023	0,025
2.	Saluran tanah dibuat dengan excavator	0,023	0,028	0,030	0,040
3.	Saluran pada dinding batuan, lurus teratur	0,020	0,030	0,033	0,035
4.	Saluran pada dinding batuan tidak lurus, tidak teratur.	0,035	0,040	0,045	0,045
5.	Saluran batuan diledakkan, ada tumbu-tumbuhan	0,025	0,030	0,035	0,040

6.	Dasar Saluran dari tanah, sisi saluran berbatu	0,028	0,030	0,033	0,035
7.	Saluran lengkung, dengan kecepatan rendah	0,020	0,025	0,028	0,030
SALURAN ALAM					
8.	Bersih, lurus, tidak berpasir, tidak berlubang	0,025	0,028	0,030	0,033
9.	Seperti no.8 tetapi ada timbunan atau kerikil	0,030	0,033	0,035	0,040
10	Melengkung, bersih, berlubang dan berinding pasir	0,033	0,035	0,040	0,045
11	Seperti no.10, dangkal, tidak teratur	0,040	0,045	0,050	0,055
12	Seperti no.10, berbatu dan ada tumbuhan	0,035	0,040	0,045	0,050
13	Seperti no.11, sebagian berbatu	0,045	0,050	0,055	0,060
14	Aliran pelan, banyak tumbuh-tumbuhan dan berlubang	0,050	0,060	0,070	0,080
15	banyak tumbuh-tumbuhan	0,075	0,100	0,125	0,150
SALURAN BUATAN, BETON, ATAU BATU KALI					
16	Saluran pasangan batu, tanpa penyelesaian				
16	Seperti no.16, dengan penyelesaian Saluran beton	0,025	0,030	0,033	0,035
17	Saluran beton halus dan rata				
17	Saluran beton pracetak dengan	0,017	0,020	0,025	0,030
18	acuan baja	0,014	0,016	0,019	0,021
19	Saluran beton pracetak dengan	0,010	0,011	0,012	0,013
20	acuan kayu	0,013	0,014	0,014	0,015
21		0,015	0,016	0,016	0,018

Sumber : Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan SNI 03-3424-1994 ha126-27

2.7 Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran Biaya merupakan taksiran biaya yang diperlukan dalam pembangunan suatu konstruksi. Perkiraan biaya tersebut didapat dengan menjumlahkan hasil perkalian antara harga satuan masing-masing pekerjaan. Perhitungan volume ini didasarkan pada perencanaan profil melintang (Cross section) dan profil memanjang (long section) serta detail gambar. Data harga satuan pekerjaan dan koefisien diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga.

2.7.1 Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan merupakan jumlah pekerjaan dalam suatu satuan. Untuk menghitung volume pekerjaan dapat dihitung dengan melihat pada gambar design baik long section ataupun cross section.

2.7.2 Harga Satuan Pekerjaan

Harga satuan pekerjaan merupakan hasil dari perhitungan bagian penunjang dari suatu pekerjaan antara lain bahan, peralatan, upah, tenaga kerja dan sebagainya yang dikalikan dengan koefisien pekerjaan.

BAB III

METODOLOGI

3.1 Umum

Di dalam pembangunan suatu jalan diperlukan perencanaan yang dimaksudkan untuk merencanakan fungsi struktur yang tepat, dan bentuk-bentuk yang sesuai serta mempunyai fungsi estetika. Begitu pula dengan pembangunan suatu jalan diperlukan urutan kegiatan yang dapat mempermudah dalam proses perencanaan. Oleh karena itu diperlukan metodologi dalam perencanaannya yang akan mengarahkan urutan proses perencanaan mulai dari pekerjaan persiapan, pengambilan dan pengumpulan data, analisis serta penyajian hasil perhitungan teknis. Dalam suatu perencanaan peningkatan jalan terdapat suatu cara atau urutan kerja untuk mendapatkan hasil dari tebal perkerasan, pelebaran jalan, overlay dan dimensi saluran yang dibutuhkan. Bagan alir metodologi perencanaan jalan disajikan pada Bagan 1. Adapun tahapannya meliputi:

- a. Tahap Persiapan
- b. Tahap Pengumpulan Data
- c. Tahap Pengolahan Data
- d. Tahap Analisa Peningkatan Jalan
- e. Tahap Pembuatan Gambar Design
- f. Tahap Perencanaan Anggaran Biaya
- g. Kesimpulan

3.2 Persiapan

Tahap persiapan ini dilakukan beberapa kegiatan sebagai awal dari seluruh rangkaian kegiatan yang direncanakan meliputi persiapan study bahan literature dan study pendahuluan. Hasil tahap persiapan akan sangat mempengaruhi proses yang akan dilakukan pada tahap-

tahap selanjutnya, karena spesifikasi kebutuhan data, konsep analisa dan sasaran pekerjaan akan ditetapkan pada tahapan ini.

Secara umum terdapat 3 tahapan utama dalam tahap persiapan ini, yaitu:

1. Persiapan Administrasi, yaitu menyelesaikan dokumen yang terkait dengan pengantar untuk permintaan data ke instansi terkait
2. Persiapan bahan literature yang terkait dengan substansi judul proyek akhir
3. Pemantapan metodologi, maksud dari kegiatan ini adalah:
 - Merencanakan secara lebih detail tahap tiap pelaksanaan kegiatan berikutnya untuk mengefisienkan penggunaan waktu dan sumber daya
 - Menetapkan metode dan analisa yang akan digunakan.

3.3 Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan untuk penyusunan laporan Tugas Akhir ini antara lain:

3.3.1 Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh melalui pengamatan data survey di lapangan, adapun data yang diperlukan adalah sebagai berikut:

- a. Kondisi lingkungan
- b. Data LHR
- c. Kondisi geometric eksisting
- d. Hambatan samping
- e. Kondisi perkerasan eksisting

3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder ini didapatkan dari instansi terkait, dalam hal ini adalah Balai Besar V Pelaksanaan Jalan Nasional Kementerian Pekerjaan Umum. Data-data yang diperlukan adalah sebagai berikut:

- a. Peta Lokasi
- b. Peta/Data Topografi
- c. Data Geometrik Jalan
- d. Gambar Long Section dan Cross Section
- e. Data CBR Tanah
- f. Data Lalu Lintas
- g. Data Berat Kendaraan
- h. Data Kondisi Permukaan Jalan
- i. Data Curah Hujan
- j. Panduan harga pekerja, bahan dan peralatan

3.4 Tahap Pengelolaan Data

Dalam proses pengolahan data dilakukan perhatian teknis secara lengkap untuk proses perencanaan selanjutnya yang meliputi:

1. Peta Lokasi Proyek

Untuk perencanaan ruas Jalan Trenggalek-Pacitan menggunakan peta yang sudah tersedia, yaitu denah Jawa Timur pada ruas Trenggalek-Pacitan yang terletak di Kabupaten Trenggalek untuk mengetahui lokasi proyek secara pasti.

2. Pengolahan Data Lalu Lintas

Data lalu lintas yang berupa lalu lintas harian rata-rata dianalisa untuk mendapatkan nilai pertumbuhan kendaraan baik pertumbuhan rata-rata maupun pertumbuhan tiap jenis kendaraan sampai akhir umur rencana. 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. Pengolahan Data CBR Tanah Dasar

Hasil analisis data California Bearing Ratio (CBR) digunakan untuk mengetahui besarnya daya dukung tanah dasar yang ditunjukkan melalui nilai modulus reaksi tanah dasar (k). Hal ini sangat penting untuk menentukan tebal lapis perkerasan yang dibutuhkan agar dapat mendukung beban lalu lintas yang melewati jalan tersebut.

4. Pengolahan Data Curah Hujan

Pengolahan data ini digunakan untuk menghitung debit limpasan air hujan yang ada di daerah tangkapan suatu ruas jalan. Data ini digunakan untuk menghitung dimensi penampang saluran drainase jalan.

5. Pengolahan Data Lainnya

Pengolahan data lain yang sangat penting adalah gambar potongan melintang dan potongan memanjang yang digunakan untuk menghitung kebutuhan volume material yang digunakan untuk perencanaan jalan maupun penyiapan bahan bahu jalan serta bangunan penunjang lainnya.

3.5 Analisa Peningkatan Jalan

1. Analisa kebutuhan pelebaran jalan data – data yang perlu dianalisis :
 - Analisa data jumlah kendaraan
 - Analisa data CBR
2. Perencanaan tebal perkerasan pelebaran jalan data – data yang perlu dianalisis :
 - LHR awal dan akhir

- Lintasan ekivalen tengah dan lintasan ekivalen rencana
3. Perencanaan tebal lapis tambahan (overlay) dalam merencanakan tebal lapis tambahan antara lain:
 - Perhitungan ITP
 - Perhitungan ITP sisa
 4. Merencanakan saluran tepi
Dalam merencanakan saluran tepi yang perlu dihitung antara lain :
 - Menghitung waktu konsentrasi
 - Menghitung intensitas hujan
 - Menghitung koefisien pengaliran
 - Menghitung debit air
 - Menghitung dimensi saluran

3.6 Pembuatan Gambar Design

Hasil perhitungan dalam perencanaan dituangkan ke dalam gambar rencana dengan skala tertentu dalam bentuk situasi. Gambar design potongan memanjang dan gambar design potongan melintang dalam bentuk tipikal kondisinya relatif sama, namun untuk kondisi yang bersifat khusus dibuat gambar design tersendiri. Design ini yang akan digunakan sebagai pelaksanaan di lapangan saat proses konstruksi dilakukan

3.7 Perencanaan Anggaran Biaya

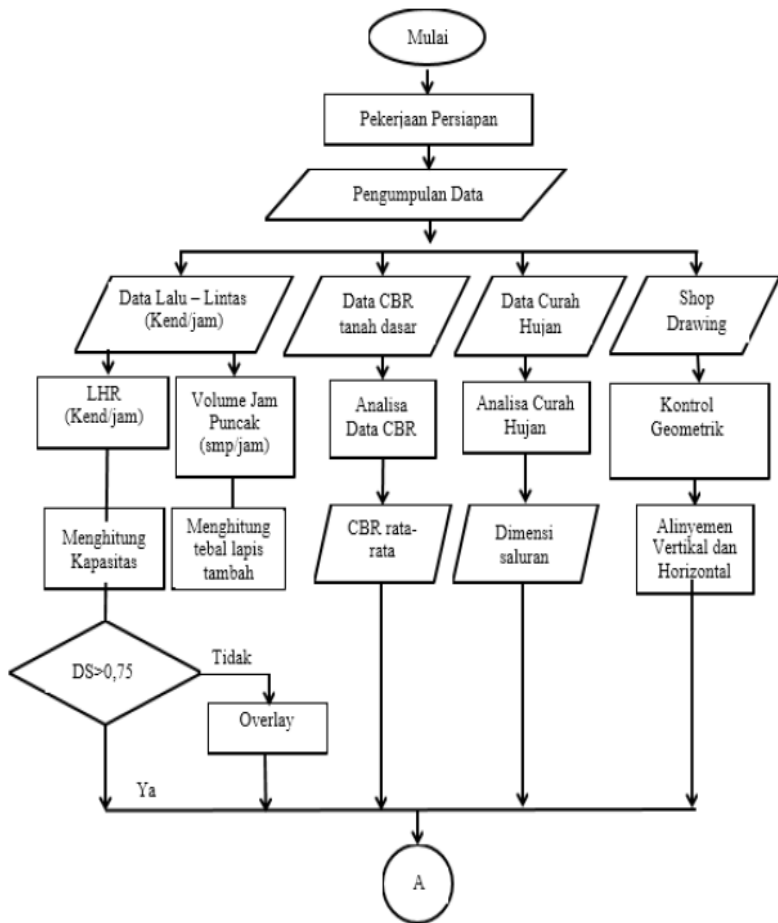
Hasil gambar design selanjutnya dianalisis biayanya. Dalam analisis Bina Marga (1995) atau analisis upah dan bahan tercantum koefisien-koefisien yang menunjukkan berapa banyak bahan dan jumlah tenaga kerja yang dipakai untuk dapat menyelesaikan suatu pekerjaan persatuan volume.

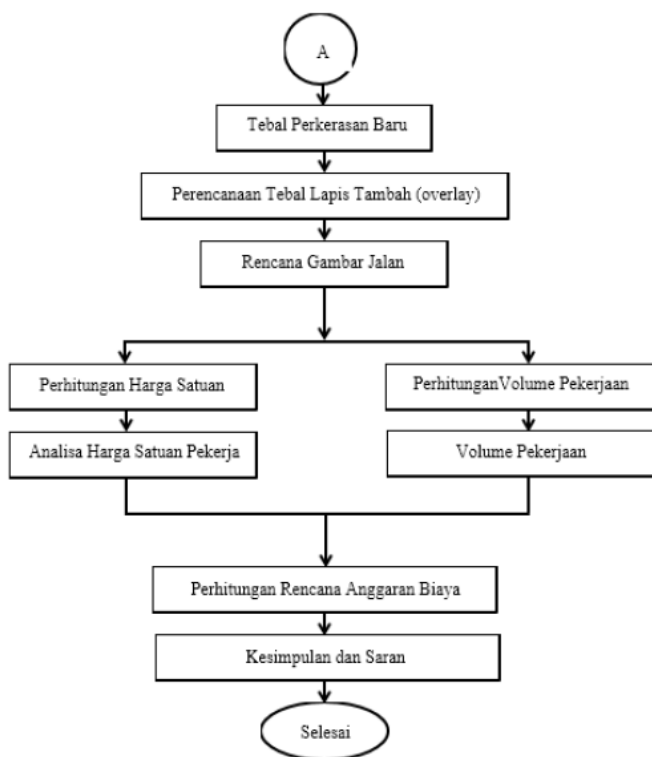
Komponen anggaran biaya pada proyek meliputi peralatan, tenaga kerja, bahan, dan anggaran biaya lainnya secara tidak langsung harus meliputi biaya administrasi perkantoran beserta stafnya yang berfungsi mengendalikan pelaksanaan proyek serta pajak yang harus dibayar sehubungan dengan adanya pelaksanaan proyek. Untuk mendapatkan pekerjaan yang efektif dan efisien, maka komponen alat, tenaga kerja dan bahan perlu dianalisis penggunaannya.

3.8 Kesimpulan

Pada bagian kesimpulan ini berisi tentang kesimpulan dan saranyang diambil dari perencanaan teknis jalan.

Gambar 3.1 Bagan Alir





BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Umum

Perencanaan peningkatan jalan ruas Trenggalek – Pacitan ini mengacu pada jalan yang sudah ada, dimana semua data tentang kondisi jalan tersebut telah ada sebelum pelaksanaan perencanaan dimulai. Keakuratan data dan kelengkapan data dalam perencanaan sangat berpengaruh terhadap kualitas konstruksi jalan yang direncanakan. Sebelum merencanakan suatu proyek peningkatan jalan, terlebih dahulu dilakukan survey kondisi jalan, survey merupakan langkah awal dari seluruh pekerjaan yang harus dilakukan. Melalui hasil survey tersebut bisa diketahui kebutuhan peningkatan jalan yang kemudian berlanjut dengan penyusunan program perencanaan dan pelaksanaan.

Untuk mendukung perencanaan yang baik, maka diberikan data – data kondisi jalan yang ada, data – data tersebut antara lain :

- a. Peta Lokasi Proyek
- b. Data Geomtrik Jalan
- c. Data CBR Tanah Dasar
- d. Data Lalu Lintas (LHR)
- e. Data Curah Hujan
- f. Data Foto Kondisi Existing Jalan
- g. Gambar Long Section dan Cross Section

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

4.2 Pengumpulan Data

4.2.1 Peta Lokasi

Jalan ruas Trenggalek – Pacitan terletak di Kabupaten Trenggalek Provinsi Jawa Timur, dimana jalan ini terbagi dalam 2 jalur dan tanpa median.

Proyek peningkatan jalan ini merupakan pembangunan jalan lintas selatan yang memiliki panjang 37,16 km, di mulai dari KM 0+000 – KM 37+160 tetapi proyek ini hanya diambil 3 kmsesuai judul yang diambil yaitu “Peningkatan Jalan Ruas Trenggalek – Pacitan STA 14+000 – STA 17+000 Kabupaten Trenggalek Provinsi Jawa Timur”

4.2.2 Data Geometrik Jalan

Kondisi geometrik jalan secara umum menyangkut aspek – aspek bagian jalan seperti : lebar perkerasan, lebar bahu jalan, alinyemen vertical dan horizontal, kebebasan samping, kemiringan melintang dan super elevasi. Tujuan utama penggunaan prinsip geometric adalah tercapainya syarat – syarat konstruksi jalan yang aman dan nyaman.

Dari pengamatan dilapangan maupun data proyek peningkatan jalan ruas Trenggalek – Pacitan, memiliki kriteria desain yang ditentukan Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur, sebagai berikut :

1. Kecepatan Rencana (V) = 40 km/jam
2. Lebar Perkerasan = 5 m
3. Lebar bahu jalan = 1 m
4. Drainase dengan ukuran = 50 cm x 45 cm
5. Tipe alinyemen gunung

4.2.3 Data CBR Tanah Dasar

Penyelidikan tanah pada ruas jalan Trenggalek - Pacitan dilakukan untuk mendapatkan data keadaan tanah asli berupa data CBR tanah dasar. Data CBR tersebut digunakan sebagai bahan perencanaan pelebaran jalan. Adapun data CBR ini didapat dari data DCP (*Dynamic Cone Penetration*) yang dilaksanakan di lokasi perencanaan. Dari datayang didapat dilapangan tersebut, maka selanjutnya dapat dihitung besarnya CBR yang mewakili pada segmen tertentu dengan menggunakan cara grafis.

Berikut ini merupakan hasil pengujian DCP yang digunakan untuk pengujian CBR tanah dasar seperti pada tabel 4.1 dibawah ini

Tabel 4.1 Data CBR dengan DCP

No	STA	CBR	No	STA	CBR
1	14+100	7.7	16	15+600	9.2
2	14+200	9.4	17	15+700	16.1
3	14+300	11.4	18	15+800	20.0
4	14+400	14.5	19	15+900	18.4
5	14+500	10.7	20	16+000	12.1
6	14+600	17.2	21	16+100	12.4
7	14+700	8.5	22	16+200	11.8
8	14+800	14.5	23	16+300	14.7
9	14+900	13.7	24	16+400	17.5
10	15+000	10.2	25	16+500	16.5
11	15+100	19.0	26	16+600	21.3
12	15+200	10.5	27	16+700	16.8
13	15+300	10.5	28	16+800	9.4
14	15+400	5.9	29	16+900	12.5

15	15+500	8.9	30	17+000	9.8
----	--------	-----	----	--------	-----

Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur

4.2.4 Data Curah Hujan

Curah hujan adalah tinggi hujan dalam satu tahun yang dinyatakan dalam mm/hari. Data curah hujan ini diperoleh dari Dinas Pengairan Provinsi Jawa Timur untuk stasiun curah hujan terdekat dengan lokasi sistem drainase pada ruas jalan Trenggalek-Pacitan. Adapun data curah hujan dari pengamatan didapatkan curah hujan rata-rata terbesar pertahun selama 10 tahun terakhir sebagaimana terlihat pada tabel 4.2 dibawah ini :

Tabel 4.2 Data Curah Hujan

Tahun	Curah Hujan Maks		
	Pule	Panggal	Dongko
2004	87	260	188
2005	157	255	89
2006	74	268	109
2007	234	246	170
2008	100	117	100
2009	107	199	107
2010	120	182	140
2011	103	70	146
2012	87	115	86
2013	85	78	80

Sumber :Dinas Pengairan Provinsi Jawa Timur

4.2.5 Data Lalu Lintas

Data Lalu lintas ini diperlukan untuk memperkirakan adanya pelebaran jalan dengan disertai perkiraan adanya perkembangan lalu lintas harian rata – rata pertahun sampai umur rencana. selain itu digunakan juga untuk merencanakan tebal lapis perkerasan pelebaran jalan. Adapun data pertumbuhan lalu lintas pada ruas jalan Pacitan – Trenggalek. Terlihat pada tabel 4.3

Tabel 4.3 Data Pertumbuhan Lalu Lintas

No	Jenis Kendaraan	2009	2010	2011	2012	2013
1	MC	124736	124736	152816	157074	180393
2	LV	3531	4435	6621	7511	8983
3	LB	3895	4202	4416	4563	5384
4	LT	192	315	342	352	400

Sumber : Badan pusat statistik

Jenis Kendaraan:

MC :Sepeda Motor,Sepeda angin

LV :Pick-up,Sedan,Jeep,Mobil Penumpang.

LB :Bus Besar.

LT :Truck 3as,Truck trailer,Truck Gandeng

4.3 Pengolahan Data

4.3.1 Analisis Data Pertumbuhan Lalu Lintas Jalan Raya Trenggalek Pacitan

Untuk mengolah data lalu lintas ruas jalan Trenggalek-Pacitan dibutuhkan data kendaraan dari tahun 2009-2013 yang akan digunakan untuk mengetahui angka pertumbuhan lalu lintas dari tiap jenis kendaraan. Nantinya data pertumbuhan lalu lintas tersebut diolah menggunakan aplikasi

Ms. Excel untuk memperoleh keakuratannya. Rumus yang digunakan untuk mencari tingkat pertumbuhan lalu lintas tersebut dinamakan rumus regresi. Berikut ini adalah langkah-langkah yang digunakan untuk mencari pertumbuhan lalu lintas dari tiap jenis kendaraan dengan cara regresi :

- a. Masukkan data lalu lintas seperti kendaraan bermotor pada kolom “y” dan tahun perolehan data lalu lintas tersebut kedalam kolom “x” secara berurutan dari tahun pertama sampai tahun terakhir.
- b. Blok kolom “x” dan kolom “y” sehingga menghasilkan grafik regresi
- c. Cek grafik tersebut dengan cara menghitung persamaan regresi tersebut.
- d. Dari hasil perhitungan persamaan regresi dapat diperoleh pertumbuhan tiap kendaraan untuk masing-masing tahun dengan rumus :

$$X_1 = \frac{y_1 - y_0}{y_0} \longrightarrow X_5 = \frac{y_5 - y_4}{y_4} \quad \text{Pers 4.1}$$

- e. Dengan jumlah hasil dari perhitungan persamaan pertumbuhan lalu lintas pada tiap kendaraan untuk masing-masing tahun dapat kita peroleh rata-rata pertumbuhan lalu lintas (i) dengan rumus :

$$i = \frac{\sum x}{n} \quad \text{Pers 4.2}$$

- f. Dari persamaan regresi dapat kita peroleh prediksi pertumbuhan tiap-tiap kendaraan untuk masing-masing tahun pada umur 10 tahun mendatang.

- g. Kemudian kita ubah hasil dari rata-rata pertumbuhan lalu lintas (i) kedalam bentuk persen (%).

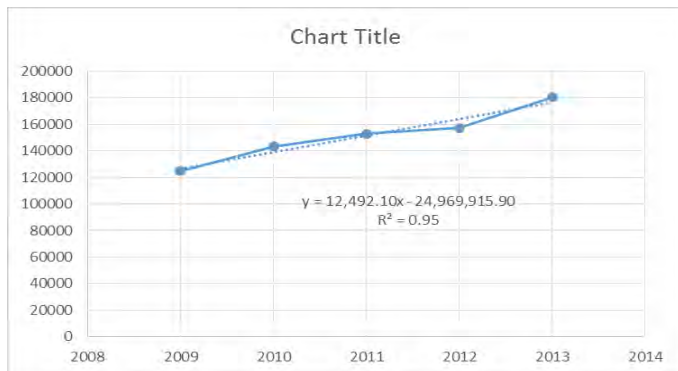
4.3.1.1 Pertumbuhan Lalu Lintas Kendaraan Sepeda Motor

Pada pertumbuhan lalu lintas tahun 2009-2013 khususnya sepeda motor, data pertumbuhan lalu lintas bisa dilihat dari tabel 4.3 dan grafik regresi pada gambar 4.1

Tabel 4.4 Pertumbuhan Lalu Lintas Sepeda Motor

No	Tahun	Jumlah
1	2009	124736
2	2010	143467
3	2011	152816
4	2012	157074
5	2013	180393

Sumber : Badan Pusat Statistik Jawa Timur



Gambar 4.1 Grafik Pertumbuhan Lalu Lintas Sepeda Motor

Tabel 4.5 Persamaan Regresi Sepeda Motor

x	y	R	Pers. Y	i per tahun	i
2009	124736	0.95	126713		
2010	143467		139205	9.86	6.11
2011	152816		151697	8.97	
2012	157074		164189	8.23	
2013	180393		176681	7.61	
2014			189174	7.07	
2015			201666	6.60	
2016			214158	6.19	
2017			226650	5.83	
2018			239142	5.51	
2019			251634	5.22	
2020			264126	4.96	
2021			276618	4.73	
2022			289110	4.52	
2023			301602	4.32	
2024			314095	4.14	

4.3.1.2 Pertumbuhan Lalu Lintas Mobil Penumpang

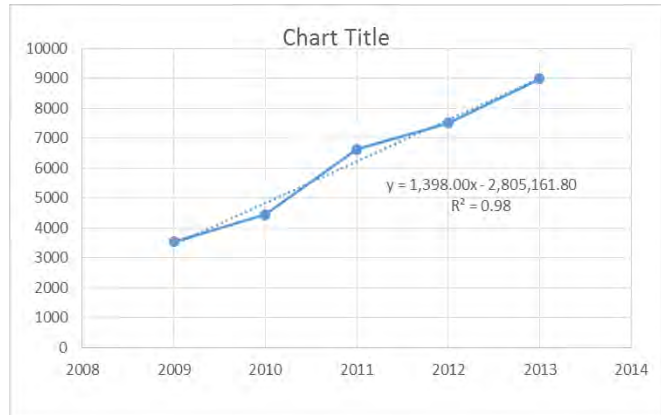
Pada pertumbuhan lalu lintas tahun 2009-2013 khususnya mobil penumpang, data pertumbuhan lalu lintas bisa dilihat dari tabel 4.5 dan grafik regresi pada gambar 4.2

Tabel 4.6 Pertumbuhan lalu Lintas Mobil Penumpang

No	Tahun	Jumlah
1	2009	3531
2	2010	4435

3	2011	6621
4	2012	7511
5	2013	8983

Sumber : Badan Pusat Statistik Jawa Timur



Gambar 4.2 Grafik Pertumbuhan Lalu Lintas Mobil Penumpang

Tabel 4.7 Persamaan Regresi Mobil Penumpang

x	Y	R	Pers. Y	i per tahun	I
2009	3531	0.98	3420		
2010	4435		4818	40.87	13.82
2011	6621		6216	29.01	
2012	7511		7614	22.49	
2013	8983		9012	18.36	
2014			10410	15.51	
2015			11808	13.43	
2016			13206	11.84	
2017			14604	10.59	
2018			16002	9.57	
2019			17400	8.74	

2020			18798	8.03	
2021			20196	7.44	
2022			21594	6.92	
2023			22992	6.47	
2024			24390	6.08	

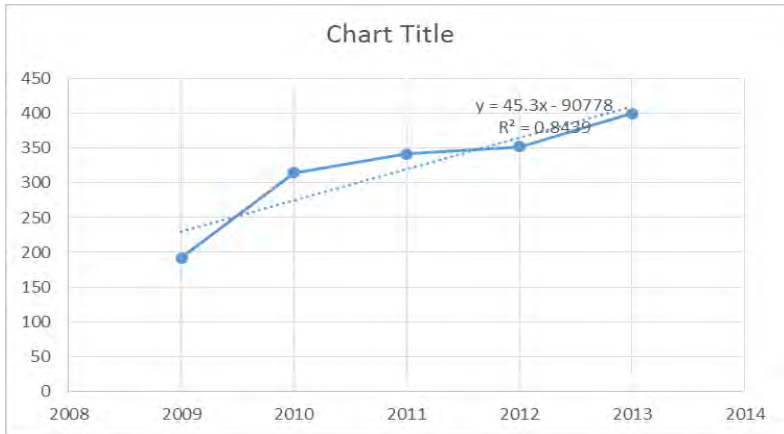
4.3.1.3 Pertumbuhan Lalu Lintas Kendaraan Bus

Pada pertumbuhan lalu lintas tahun 2009-2013 untuk bus besar dan bus kecil, data pertumbuhan lalu lintas bisa dilihat dari tabel 4.7 dan grafik regresi pada gambar 4.3

Tabel 4.8 Pertumbuhan Lalu Lintas Bus

No	Tahun	Jumlah
1	2009	192
2	2010	315
3	2011	342
4	2012	352
5	2013	400

Sumber : Badan Pusat Statistik Jawa Timur



Gambar 4. 3 Grafik Pertumbuhan Lalu Lintas Bus

Tabel 4.9 Persamaan Regresi Bus

X	y	R	Pers. Y	i per tahun	i
2009	192	0.84	230		
2010	315		275	19.72	9.39
2011	342		320	16.47	
2012	352		366	14.14	
2013	400		411	12.39	
2014			456	11.02	
2015			502	9.93	
2016			547	9.03	
2017			592	8.28	
2018			637	7.65	
2019			683	7.11	
2020			728	6.64	
2021			773	6.22	
2022			819	5.86	

2023			864	5.53	
2024			909	5.24	
2025			955	4.98	

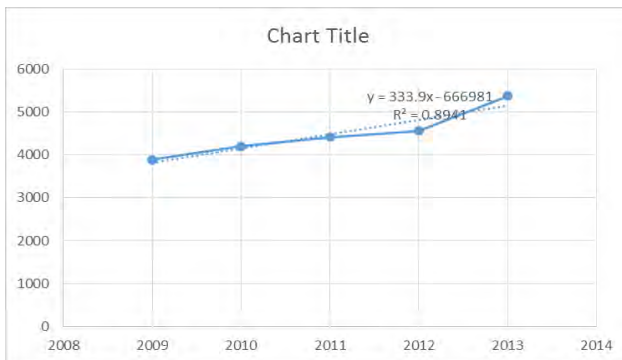
4.3.1.4 Pertumbuhan Lalu Lintas Truk

Pada pertumbuhan lalu lintas tahun 2009-2013 khususnya truk, data pertumbuhan lalu lintas bisa dilihat dari tabel 4.9 dan grafik regresi pada gambar 4.4

Tabel 4.10 Pertumbuhan Lalu Lintas Truk

No	Tahun	Jumlah
1	2009	3895
2	2010	4202
3	2011	4416
4	2012	4563
5	2013	5384

Sumber : Badan Pusat Statistik Jawa Timur



Gambar 4.4 Grafik Pertumbuhan Lalu Lintas Truk

Tabel 4. 11 Persamaan Regresi truk

x	y	R	Pers. Y	i per tahun	i
2009	3895	0.89	3824		
2010	4202		4158	8.73	5.63
2011	4416		4492	8.03	
2012	4563		4826	7.43	
2013	5384		5160	6.92	
2014			5494	6.47	
2015			5828	6.08	
2016			6161	5.73	
2017			6495	5.42	
2018			6829	5.14	
2019			7163	4.89	
2020			7497	4.66	
2021			7831	4.45	
2022			8165	4.26	
2023			8499	4.09	
2024			8833	3.93	
2025			9167	3.78	

Tabel 4.12 Rekapitulasi Volume Lalu Lintas Harian Rata-Rata Selama umur Rencana (kend/jam)

Jenis Kendaraan	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
sedan, jeep	726	826	941	1071	1218	1387	1579	1797	2045	2328
pick up oplet	269	306	348	397	451	514	585	666	758	862
pick up, mobil hantaran	461	525	597	680	774	881	1002	1141	1299	1478
bus kecil	24	26	29	31	34	38	41	45	49	54
bus besar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
truk 2 sumbu 3/4	124	131	138	146	154	163	172	182	192	203
truk 2 sumbu	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8
truk 3 sumbu	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
truk gandeng	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
truk semi trailer	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
Σ kendaraan	1613	1824	2063	2335	2644	2994	3392	3843	4357	4940

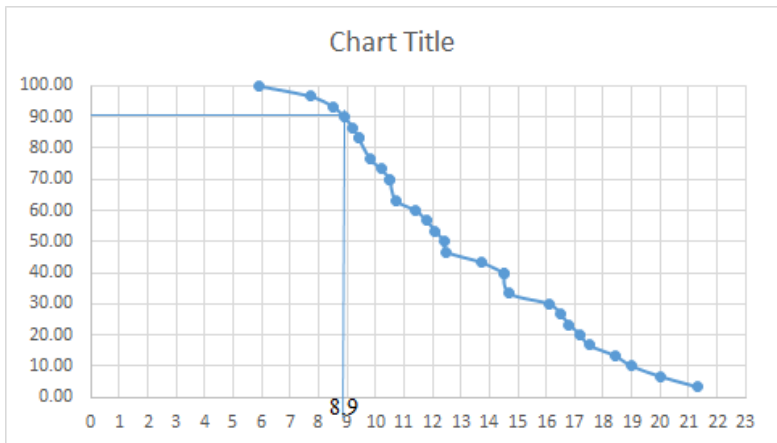
4.3.2 Analisa Data CBR

Dalam perencanaan peningkatan jalan, CBR rencana diperlukan dalam perhitungan. Dimana CBR rencana didapat dari perhitungan secara grafis harga-harga CBR sebagaimana terlihat pada tabel 4.3 dan diplotkan pada gambar 4.5. Adapun perhitungan CBR rencana terdapat pada tabel 4.12 seperti dibawah ini :

Tabel 4. 12 Perhitungan CBR Rencana

No	CBR	Besar Jumlah yang sama/lebih	Presentase (%) yang sama lebih besar
1	5.9	30	100.00
2	7.7	29	96.67
3	8.5	28	93.33
4	8.9	27	90.00
5	9.2	26	86.67
6	9.4	25	83.33
7	9.4	25	83.33
8	9.8	23	76.67
9	10.2	22	73.33
10	10.5	21	70.00
11	10.5	21	70.00
12	10.7	19	63.33
13	11.4	18	60.00
14	11.8	17	56.67
15	12.1	16	53.33
16	12.4	15	50.00
17	12.5	14	46.67
18	13.7	13	43.33
19	14.5	12	40.00

20	14.5	12	40.00
21	14.7	10	33.33
22	16.1	9	30.00
23	16.5	8	26.67
24	16.8	7	23.33
25	17.2	6	20.00
26	17.5	5	16.67
27	18.4	4	13.33
28	19	3	10.00
29	20	2	6.67
30	21.3	1	3.33



Gambar 4.5 Grafik CBR Rencana

Kesimpulan : Dari hasil analisis data CBR rencana dengan cara grafis diatas sangat berpengaruh dalam menghitung suatu perencanaan penignkatan jalan diantaranya pelebaran jalan, tebal perkerasan jalan,

kontrol geometrik dan perencanaan drainase, CBR rencana adalah 90 % dari harga CBR. Dari perhitungan CBR rencana dengan menggunakan cara grafis didapatkan CBR rencana sebesar 8.9 %.

4.3.3 Analisis Data Curah Hujan

Perhitungan analisa frekuensi curah hujan digunakan untuk memntukan besarnya intensitas curah hujan (I) yang diperoleh dari stasiun hujan terdekat di daerah Pule, Panggul, dan Dongko, Kab. Trenggalek. Adapun perhitungan analisis frekuensi curah hujan untuk ketiga stasiun terdapat pada tabel 4.13, 4.14, dan 4,16 seperti dibawah ini :

Tabel 4.13 – Perhitungan Analisis Frekuensi Curah Hujan Stasiun Pule

Stasiun Pule			
Tahun	Hujan Max	Ri-Rrata-rata	(Ri-Rrata-rata) ²
2004	87	-28.4	806.56
2005	157	41.6	1730.56
2006	74	-41.4	1713.96
2007	234	118.6	14065.96
2008	100	-15.4	237.16
2009	107	-8.4	70.56
2010	120	4.6	21.16
2011	103	-12.4	153.76
2012	87	-28.4	806.56
2013	85	-30.4	924.16
n=10	1154		20530.4
\bar{R}	115.4		

Tinggi hujan maksimum

$$X = \frac{\sum Xi}{n} \longrightarrow X = \frac{1154}{10} = 115.4 \text{ mm}$$

Keterangan :

$n = 10$ tahun

$X =$ Jumlah hujan harian maksimum

Standar Deviasi

$$S_x = \frac{\sqrt{\sum (R_i - R)^2}}{n} = \frac{\sqrt{20530.4}}{10} = 14.33 \text{ mm}$$

Untuk menentukan besarnya curah hujan pada periode ulang T .

$$X_t = X + \frac{S_x}{S_n} (Y_t - Y_n)$$

Periode Ulang (T) = 5 tahun

Jumlah tahun (n) = 10 tahun

Dari Tabel 2.27 (Y_t) = 1.4999

Dari Tabel 2.28 (Y_n) = 0.4952

Dari Tabel 2.29 (S_n) = 0.9496

Diperoleh :

X_T Stasiun Pule

$$X_T = 115.4 + \frac{14.330}{0.9496} (1.4999 - 0.4592)$$

$$= 130.56 \text{ mm/jam}$$

Bila curah hujan efektif dianggap mempunyai penyebaran seragam 4 jam.

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

$$I = \frac{90\% \times 130.56}{4} = 29.38 \text{ mm/jam}$$

Tabel 4.13 Perhitungan Analisis Frekuensi Curah Hujan Stasiun Panggul

Stasiun Pule			
Tahun	Hujan Max	Ri-Rrata-rata	(Ri-Rrata-rata) ²
2004	260	81	6561
2005	255	76	5776
2006	268	89	7921
2007	246	67	4489
2008	117	-62	3844
2009	199	20	400
2010	182	3	9
2011	70	-109	11881
2012	115	-64	4096
2013	78	-101	10201
n=10	1790		55178
\bar{R}	179.0		

Tinggi hujan maksimum

$$X = \frac{\sum Xi}{n} \longrightarrow X = \frac{1790}{10} = 179.0 \text{ mm}$$

Keterangan :

$n = 10$ tahun

$X =$ Jumlah hujan harian maksimum

Standar Deviasi

$$S_x = \frac{\sqrt{\sum (R_i - R)^2}}{n} = \frac{\sqrt{55178}}{10} = 23.49 \text{ mm}$$

Untuk menentukan besarnya curah hujan pada periode ulang T.

$$X_t = X + \frac{S_x}{S_n} (Y_t - Y_n)$$

Periode Ulang (T) = 5 tahun

Jumlah tahun (n) = 10 tahun

Dari Tabel 2.30 (Y_t) = 1.4999

Dari Tabel 2.31 (Y_n) = 0.4952

Dari Tabel 2.32 (S_n) = 0.9496

Diperoleh :

X_T Stasiun Pule

$$\begin{aligned} X_T &= 179.0 + \frac{23.490}{0.9496} (1.4999 - 0.4952) \\ &= 203.85 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

Bila curah hujan efektif dianggap mempunyai penyebaran seragam 4 jam.

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

$$I = \frac{90\% \times 203.85}{4} = 45.87 \text{ mm/jam}$$

Tabel 4.14 Perhitungan Analisis Frekuensi Curah Hujan Stasiun Dongko

Stasiun Pule			
Tahun	Hujan Max	Ri-Rrata-rata	(Ri-Rrata-rata) ²
2004	188	66.5	4422.25
2005	89	-32.5	1056.25
2006	109	-12.5	156.25
2007	170	48.5	2325.25
2008	100	-21.5	462.25
2009	107	-14.5	210.25
2010	140	18.5	342.25
2011	146	24.5	600.25
2012	86	-35.5	1260.25
2013	80	-41.5	1722.25
n=10	1215		12584.5
\bar{R}	121.5		

Tinggi hujan maksimum

$$X = \frac{\sum Xi}{n} \longrightarrow X = \frac{1215}{10} = 121.5 \text{ mm}$$

Keterangan :

$n = 10$ tahun

$X =$ Jumlah hujan harian maksimum

Standar Deviasi

$$S_x = \frac{\sqrt{\sum (R_i - R)^2}}{n} = \frac{\sqrt{12584.5}}{10} = 11.22 \text{ mm}$$

Untuk menentukan besarnya curah hujan pada periode ulang T .

$$X_t = X + \frac{S_x}{S_n} (Y_t - Y_n)$$

Periode Ulang (T) = 5 tahun

Jumlah tahun (n) = 10 tahun

Dari Tabel 2.30 (Y_t) = 1.4999

Dari Tabel 2.31 (Y_n) = 0.4952

Dari Tabel 2.32 (S_n) = 0.9496

Diperoleh :

X_T Stasiun Pule

$$\begin{aligned} X_T &= 121.5 + \frac{11.220}{0.9496} (1.4999 - 0.4952) \\ &= 133.37 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

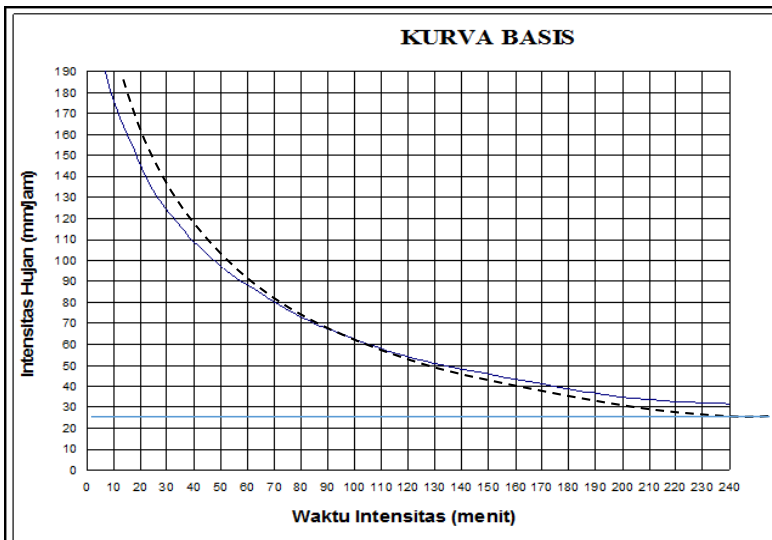
Bila curah hujan efektif dianggap mempunyai penyebaran seragam 4 jam.

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

$$I = \frac{90\% \times 133.37}{4} = 30.01 \text{ mm/jam}$$

$$I = \frac{29.38 + 45.87 + 30.01}{3} = 35.08 \text{ mm/jam}$$

Jadi didapatkan harga $I = 35.08 \text{ mm/jam}$ lalu diplotkan pada waktu intensitas $t = 240$ menit di kurva basis kemudian ditarik garis lengkung searah dengan garis lengkung kurva basis seperti pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Kurva Basis

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB V

PERHITUNGAN

5.1 Perhitungan Analisa Kapasitas

5.1.1 Menghitung Kapasitas Dasar

Kapasitas dasar harus ditentukan berdasarkan kondisi geometrik di ruas jalan Trenggalek – Pacitan. Berdasarkan lokasi di ruas jalan Trenggalek- Pacitan, kondisi alinyemen horizontal dan kondisi alinyemen vertical lebih besar dari 30 m/km. Dapat disimpulkan bahwa kondisi geometrik di ruas jalan Trenggalek – Pacitan adalah pegunungan. Untuk mengetahui tipe alinyemen termasuk datar, bukit atau gunung, maka digunakan analisa sebagai berikut:

$$\frac{\Delta H (m)}{\Sigma \text{panjang jalan (km)}}$$

No	STA	Elevasi	ΔH
1	14+100	676.68	
2	14+200	688.45	11.77
3	14+300	698.30	9.85
4	14+400	710.31	12.01
5	14+500	720.65	10.34
6	14+600	730.89	10.24
7	14+700	737.64	6.75
8	14+800	738.61	0.97
9	14+900	737.32	-1.29
10	15+000	736.24	-1.08

11	15+100	745.74	9.50
12	15+200	756.34	10.60
13	15+300	767.98	11.64
14	15+400	779.42	11.44
15	15+500	786.51	7.09
16	15+600	790.50	3.99
17	15+700	798.83	8.33
18	15+800	811.80	12.97
19	15+900	819.73	7.93
20	16+000	822.58	2.85
21	16+100	817.78	-4.80
22	16+200	820.61	2.83
23	16+300	817.03	-3.58
24	16+400	813.77	-3.26
25	16+500	810.48	-3.29
26	16+600	800.39	-10.09
27	16+700	796.72	-3.67
28	16+800	790.36	-6.36
29	16+900	785.02	-5.34
30	17+000	779.55	-5.47
$\Sigma\Delta H$			102.87

$$\begin{aligned}
 \text{Maka Alinyemen Vertikal} &= \frac{\Delta H (m)}{\Sigma \text{panjang jalan (km)}} \\
 &= \frac{102.87 \text{ m}}{3 \text{ km}} \\
 &= 34.29 \text{ m/km}
 \end{aligned}$$

Sesuai dengan tabel 2.2 alinyemen vertikal 34.29 m/km > 30 m/km, maka jalan ini tergolong dalam

Gunung. Sesuai dengan tabel 2.2 maka nilai kapasitas dasar adalah 2900 (smp/jam/lajur).

5.1.2 Menentukan Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Lebar Jalur Lalu Lintas (FCw)

Berdasarkan tabel 2.3 bahwa nilai FCw didapat dari tipe jalan 2/2 UD dan lebar jalur efektif 5 meter sebesar 0.69.

Tipe Jalan	Lebar Efektif Jalur Lalu Lintas / Wc	FCw
	Total kedua arah	
	5	0,69
	6	0,91
Dua Lajur tak Terbagi (UD2/2)	7	1,00
	8	1,08
	9	1,15
	10	1,21
	11	1,27

Sumber : MKJI 1997 untuk jalan luar kota hal6-66

5.1.3 Menentukan Faktor Penyesuaian Kapasitas Akiat Pemisah Arah (FCsp)

Berdasarkan tabel 2.4 pemisah arah dihitung berdasarkan jumlah kendaraan yang melewati ruas jalan Trenggalek – Pacitan dan dinyatakan dengan presentase. Sehingga didapatkan :

Pemisah arah SP % - %		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FCsp	Dua Lajur 2/2	1.0	0,97	0,94	0,91	0,88
	Empat Lajur 4/2	1.0	0,975	0,95	0,925	0,90

5.1.4 Menentukan Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping (FCsf)

Berdasarkan hasil survey kondisi lapangan pada ruas jalan Trenggalek – Pacitan dan data geometrik jalan maka jalan tersebut memiliki kelas hambatan samping rendah dan lebar bahu jalan 1.0 meter. Maka didapatkan nilai FCsf = 0.95 dari tabel 2.6

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping	Faktor penyesuaian akibat hambatan samping (FCsf)			
		Lebar bahu efektif			
		≤ 0.5	1.0	1.5	≥ 2.0
2/2 UD	VL	0.97	0.99	1.00	1.02
	L	0.93	0.95	0.97	1.00
	M	0.88	0.91	0.94	0.98
	H	0.84	0.87	0.91	0.95
	VH	0.80	0.83	0.88	0.93

5.1.5 Menentukan Nilai Kapasitas (C)

Dari persamaan 2.3 didapatkan nilai kapasitas

$$\begin{aligned}
 C &= C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \\
 &= 2900 \times 0.69 \times 1 \times 0.95 \\
 &= 1900.95
 \end{aligned}$$

5.1.6 Menentukan Nilai Arus Total Lalu Lintas dalam satuan smp/jam (Q)

Dari persamaan 2.5 didapatkan nilai arus total lalu lintas :

$$Q \text{ (smp/jam)} = Q \text{ (kend/hari)} \times emp$$

Nilai emp didapat dari tabel 2.7

Tipe Alinyemen	Arus Total (kend/jam)	emp (ekivalen mobil penumpang)					
		MHV	LB	LT	MC		
					Lebar jalur lalin (m)		
					<6	6 – 8	>8
Datar	0	1,2	1,2	1,8	0,8	0,6	0,4
	800	1,8	1,8	2,7	1,2	0,9	0,6
	1350	1,5	1,6	2,5	0,9	0,7	0,5
	>1900	1,3	1,5	2,5	0,6	0,5	0,4
Bukit	0	1,8	1,6	5,2	0,7	0,5	0,3
	650	2,4	2,5	5,0	1,0	0,8	0,5
	1100	2,0	2,0	4,0	0,8	0,6	0,4
	≥ 1600	1,7	1,7	3,2	0,5	0,4	0,3
Gunung	0	3,5	2,5	6,0	0,6	0,4	0,2
	450	3,0	3,2	5,5	0,9	0,7	0,4
	900	2,5	2,5	5,0	0,7	0,5	0,3
	≤ 1350	1,9	2,2	4,0	0,5	0,4	0,3

No	Jenis kendaraan	LHRT	emp	Total
1	MC	440	0.6	264
2	LV	131	1	131
3	MHV	21	3.5	73.5
4	LB	0	2.5	0
5	LT	4	6	24
Total		Q	=	492.5

5.1.7 Menentukan Derajat Kejenuhan (DS) sebelum dilakukan pelebaran

- Awal umur rencana tahun 2015
- DS eksisting awal umur rencana tahun 2015

Jenis kendaraan	Q kedua arus (kend/jam)	emp	Q (smp/jam)	C	DS
MC	440	0.6	264	1900.95	0.26
LV	131	1	131		
MHV	21	3.5	73.5		
LB	0	2.5	0		
LT	4	6	24		
Total			492.5		

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{492.5}{1900.95} \\
 &= 0.26
 \end{aligned}$$

- Akhir umur rencana tahun 2025
 DS akhir umur rencana tahun 2025

Jenis kendaraan	Q kedua arus (kend/jam)	emp	Q (smp/jam)	C	DS
MC	796	0.6	477.7	1900.95	0.50
LV	478	1	478.0		
MHV	52	3.5	180.3		
LB	0	2.5	0.0		
LT	7	6	41.5		
Total			1177.58		

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{1177.58}{1900.95} \\
 &= 0.62
 \end{aligned}$$

Tabel 5.1 Rekapitulasi nilai DS

Tahun	Q	DS
2015	492.5	0.26
2016	535.0	0.28
2017	581.7	0.31
2018	633.1	0.33
2019	689.7	0.36
2020	752.1	0.40
2021	820.9	0.43
2022	897.0	0.47
2023	981.2	0.52
2024	1074.3	0.57
2025	1177.6	0.62

Dari hasil perhitungan derajat kejenuhan di atas diperoleh bahwa ruas jalan raya Trenggalek - Pacitan STA 14+000 – STA 17+000 pada kondisi existing ($0.27 < 0.75$) sebelum direncanakan tahun 2014 sampai umur rencana tahun 2025 sudah memenuhi syarat ($0.50 < 0.75$). Sehingga tidak perlu dilebarkan

Berdasarkan **Peraturan Pemerintah no.34 tahun 2006, Paragraf 2 Persyaratan Teknis Jalan Pasal 14 ayat 1** yang berbunyi :

”Jalan kolektor primer didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 40 (empat puluh) kilometer per jam dengan lebar badan jalan paling sedikit 9(sembilan) meter ”.

Maka jalan dilebarkan, Sehingga direncanakan pelebaran perkerasan 7 meter dengan 2 lajur 2 arah (2/2 UD)

5.1.8 Menentukan Derajat Kejenuhan (DS) setelah dilakukan pelebaran

Dari persamaan 2.3 didapatkan nilai kapasitas

$$\begin{aligned} C &= C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \\ &= 2900 \times 1 \times 1 \times 0.95 \\ &= 2755 \end{aligned}$$

- Awal umur rencana tahun 2015
- DS eksisting awal umur rencana tahun 2015

Jenis kendaraan	Q kedua arus (kend/jam)	emp	Q (smp/jam)	C	DS
MC	440	0.6	264	2755	0.18
LV	131	1	131		
MHV	21	3.5	73.5		
LB	0	2.5	0		
LT	4	6	24		
Total			492.5		

$$DS = \frac{Q}{C}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{492.5}{2755} \\
 &= 0.18
 \end{aligned}$$

- Akhir umur rencana tahun 2025
DS akhir umur rencana tahun 2025

Jenis kendaraan	Q kedua arus (kend/jam)	emp	Q (smp/jam)	C	DS
MC	796	0.6	477.7	2755	0.43
LV	478	1	478.0		
MHV	52	3.5	180.3		
LB	0	2.5	0.0		
LT	7	6	41.5		
Total			1177.58		

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{1177.58}{2755} \\
 &= 0.43
 \end{aligned}$$

Tabel 5.2 Rekapitulasi nilai DS

Tahun	Q	DS
2015	492.5	0.20
2016	535.0	0.21
2017	581.7	0.23
2018	633.1	0.25
2019	689.7	0.28
2020	752.1	0.30

2021	820.9	0.33
2022	897.0	0.36
2023	981.2	0.39
2024	1074.3	0.43
2025	1177.6	0.47

5.2 Perhitungan Tebal Lapis Perkerasan

5.2.1 Menentukan LHR awal dan Akhir

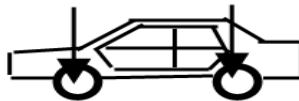
Awal perhitungan perencanaan tebal perkerasan dimulai dari pengolahan data tahun 2009-2013, maka ditentukan LHRT pada awal umur rencana tahun 2015 dan LHRT pada akhir umur rencana tahun 2025

5.2.2 Menentukan Angka Ekuivalen (e)

Perhitungan angka ekuivalen ditentukan berdasarkan berat beban kendaraan dan distribusi sumbu beban

➤ Sedan, Jeep

Berat sedan, jeep = 2000 kg = 2 ton



50% 50%

Beban sumbu depan : 50% x 2 ton = 1 ton

Beban sumbu belakang : 50% x 2 ton = 1 ton

Didapat angka ekuivalen

E sumbu depan tunggal (1 ton)

$$\begin{aligned}
 E \text{ sumbu tunggal} &= \left(\frac{p}{8.16}\right)^4 \\
 &= \left(\frac{1}{8.16}\right)^4 \\
 &= 0.0002
 \end{aligned}$$

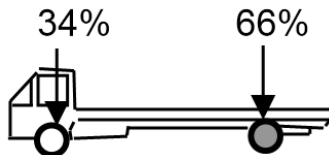
E sumbu belakang tunggal (1 ton)

$$\begin{aligned}
 E \text{ sumbu tunggal} &= \left(\frac{p}{8.16}\right)^4 \\
 &= \left(\frac{1}{8.16}\right)^4 \\
 &= 0.0002
 \end{aligned}$$

Jadi angka ekivalen = $0.0002 + 0.0002 = 0.0004$

➤ **Pick up, Oplet**

Berat pick up, oplet = 3000 kg = 3 ton



Beban sumbu depan : 34% x
3 ton = 1.02 ton

Beban sumbu belakang : 66% x 3 ton =
1.98 ton

E sumbu depan tunggal (1.02 ton)

$$\begin{aligned}
 E \text{ sumbu tunggal} &= \left(\frac{p}{8.16}\right)^4 \\
 &= \left(\frac{1.02}{8.16}\right)^4 \\
 &= 0.0002
 \end{aligned}$$

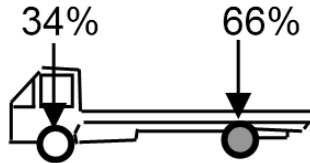
E sumbu belakang tunggal (1.92 ton)

$$\begin{aligned}
 E \text{ sumbu tunggal} &= \left(\frac{p}{8.16}\right)^4 \\
 &= \left(\frac{1.92}{8.16}\right)^4 \\
 &= 0.0035
 \end{aligned}$$

Jadi angka ekivalen = $0.0002 + 0.0035 = 0.0037$

➤ **Micro Truk**

Berat maksimum micro truk $4000 \text{ kg} = 4 \text{ ton}$



Beban sumbu depan : $34\% \times 4 \text{ ton} = 1.36 \text{ ton}$

Beban sumbu belakang : $66\% \times 4 \text{ ton} = 2.64 \text{ ton}$

E sumbu depan tunggal (1.36 ton)

$$\begin{aligned} E \text{ sumbu tunggal} &= \left(\frac{p}{8.16}\right)^4 \\ &= \left(\frac{1.36}{8.16}\right)^4 \\ &= 0.0008 \end{aligned}$$

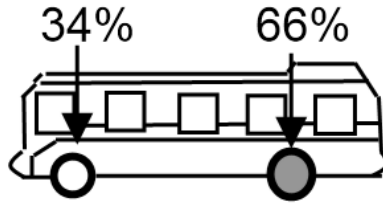
E sumbu belakang tunggal (2.64 ton)

$$\begin{aligned} E \text{ sumbu tunggal} &= \left(\frac{p}{8.16}\right)^4 \\ &= \left(\frac{1.92}{8.16}\right)^4 \\ &= 0.0110 \end{aligned}$$

Jadi angka ekivalen = $0.0008 + 0.0110 = 0.0118$

➤ **Bus Kecil**

Berat maksimum bus kecil $9000 \text{ kg} = 9 \text{ ton}$



Beban sumbu depan : $34\% \times 9 \text{ ton} = 3.06 \text{ ton}$

Beban sumbu belakang : $66\% \times 9 \text{ ton} = 5.94 \text{ ton}$

E sumbu depan tunggal (3.06 ton)

$$\begin{aligned} E \text{ sumbu tunggal} &= \left(\frac{p}{8.16}\right)^4 \\ &= \left(\frac{3.06}{8.16}\right)^4 \\ &= 0.0198 \end{aligned}$$

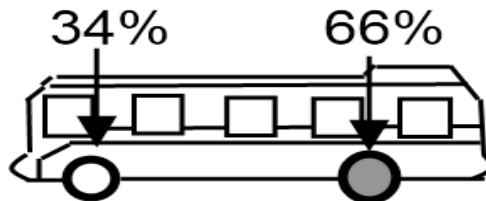
E sumbu belakang tunggal (5.61 ton)

$$\begin{aligned} E \text{ sumbu tunggal} &= \left(\frac{p}{8.16}\right)^4 \\ &= \left(\frac{5.94}{8.16}\right)^4 \\ &= 0.2808 \end{aligned}$$

Jadi angka ekivalen = $0.0198 + 0.2808 = 0.3006$

➤ Bus Besar

Berat maksimum bus besar $14700 \text{ kg} = 14.7 \text{ ton}$



Beban sumbu depan : $34\% \times 14.7 \text{ ton} = 4.998 \text{ ton}$

Beban sumbu belakang : $66\% \times 14.7 \text{ ton}$
 $= 9.702 \text{ ton}$

E sumbu depan tunggal (4.998 ton)

$$\begin{aligned} E \text{ sumbu tunggal} &= \left(\frac{p}{8.16}\right)^4 \\ &= \left(\frac{4.998}{8.16}\right)^4 \\ &= 0.1407 \end{aligned}$$

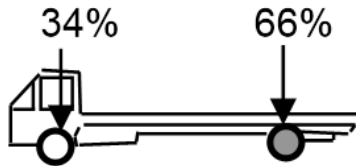
E sumbu belakang tunggal (9.702 ton)

$$\begin{aligned} E \text{ sumbu tunggal} &= \left(\frac{p}{8.16}\right)^4 \\ &= \left(\frac{9.702}{8.16}\right)^4 \\ &= 1.9984 \end{aligned}$$

Jadi angka ekivalen = $0.1407 + 1.9984 = 2.1392$

➤ **Truk 2 as $3/4$**

Berat maksimum truk 2 as $3/4$ 8300 kg = 8.3 ton



Beban sumbu depan : $34\% \times 8.3 \text{ ton} = 2.822 \text{ ton}$

Beban sumbu belakang : $66\% \times 8.3 \text{ ton} = 5.478 \text{ ton}$

E sumbu depan tunggal (2.822 ton)

$$\begin{aligned} E \text{ sumbu tunggal} &= \left(\frac{p}{8.16}\right)^4 \\ &= \left(\frac{2.822}{8.16}\right)^4 \\ &= 0.0143 \end{aligned}$$

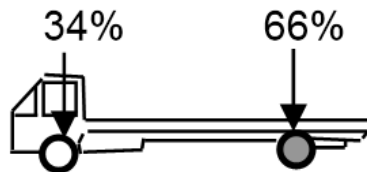
E sumbu belakang tunggal (5.478 ton)

$$\begin{aligned}
 E \text{ sumbu tunggal} &= \left(\frac{p}{8.16}\right)^4 \\
 &= \left(\frac{5.478}{8.16}\right)^4 \\
 &= 0.2031
 \end{aligned}$$

$$\text{Jadi angka ekivalen} = 0.0143 + 0.2031 = 0.2174$$

➤ **Truk 2 as**

Berat maksimum truk 2 as 18200 kg = 18.2 ton



$$\begin{aligned} \text{Beban sumbu depan} &: 34\% \times 18.2 \text{ ton} \\ &= 6.188 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban sumbu belakang} &: 66\% \times 18.2 \text{ ton} \\ &= 12.012 \text{ ton} \end{aligned}$$

E sumbu depan tunggal (6.188 ton)

$$\begin{aligned}
 E \text{ sumbu tunggal} &= \left(\frac{p}{8.16}\right)^4 \\
 &= \left(\frac{6.188}{8.16}\right)^4 \\
 &= 0.3307
 \end{aligned}$$

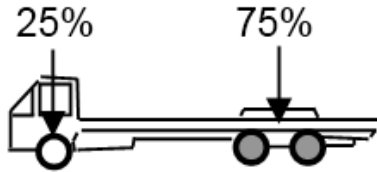
E sumbu belakang ganda (12.012 ton)

$$\begin{aligned}
 E \text{ sumbu ganda} &= \left(\frac{p}{8.16}\right)^4 \\
 &= \left(\frac{12.012}{8.16}\right)^4 \\
 &= 4.6957
 \end{aligned}$$

$$\text{Jadi angka ekivalen} = 0.3307 + 4.6957 = 5.0264$$

➤ **Truk 3 as**

Berat maksimum truk 3 as = 25000 kg = 25 ton



Beban sumbu depan : 25% x 25 ton = 6.25 ton

Beban sumbu belakang : 75% x 25 ton = 18.75 ton

E sumbu depan tunggal (6.25 ton)

$$\begin{aligned} E \text{ sumbu tunggal} &= \left(\frac{p}{8.16}\right)^4 \\ &= \left(\frac{6.25}{8.16}\right)^4 \\ &= 0.3442 \end{aligned}$$

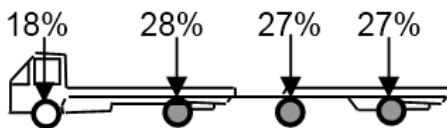
E sumbu belakang ganda (8.58 ton)

$$\begin{aligned} E \text{ sumbu ganda} &= \left(\frac{p}{8.16}\right)^4 \times 0.086 \\ &= \left(\frac{18.75}{8.16}\right)^4 \times 0.086 \\ &= 27.8769 \times 0.086 \\ &= 2.3974 \end{aligned}$$

Jadi angka ekivalen = 0.3442 + 2.3974 = 2.7416

➤ **Truk Gandeng**

Berat maksimum Truk Gandeng 31400 kg = 31.4 ton



$$\begin{aligned} \text{Beban sumbu depan} & : 18\% \times 31.4 \text{ ton} \\ & = 5.652 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban sumbu tengah} & : 28\% \times 31.4 \text{ ton} \\ & = 8.792 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban sumbu tengah} & : 27\% \times 31.4 \text{ ton} \\ & = 8.478 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban sumbu belakang} & : 27\% \times 31.4 \text{ ton} \\ & = 8.478 \text{ ton} \end{aligned}$$

E sumbu depan tunggal (5.652 ton)

$$\begin{aligned} \text{E sumbu tunggal} & = \left(\frac{p}{8.16}\right)^4 \\ & = \left(\frac{5.652}{8.16}\right)^4 \\ & = 0.2301 \end{aligned}$$

E sumbu tengah tunggal (8.792 ton)

$$\begin{aligned} \text{E sumbu tunggal} & = \left(\frac{p}{8.16}\right)^4 \times 0.086 \\ & = \left(\frac{8.792}{8.16}\right)^4 \times 0.086 \\ & = 0.2302 \end{aligned}$$

E sumbu tengah tunggal (7.536 ton)

$$\begin{aligned} \text{E sumbu tunggal} & = \left(\frac{p}{8.16}\right)^4 \times 0.086 \\ & = \left(\frac{8.478}{8.16}\right)^4 \times 0.086 \\ & = 0.1002 \end{aligned}$$

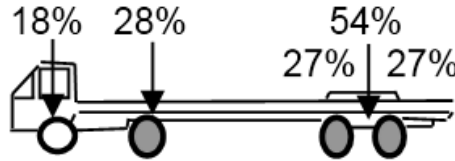
E sumbu belakang tunggal (7.536 ton)

$$\begin{aligned} \text{E sumbu tunggal} & = \left(\frac{p}{8.16}\right)^4 \times 0.086 \\ & = \left(\frac{8.478}{8.16}\right)^4 \times 0.086 \\ & = 0.1002 \end{aligned}$$

Jadi angka ekivalen = $0.2301 + 0.2302 + 0.1002 + 0.1002 = 0.5465$

➤ **Truk Trailer & Semi Trailer**

Berat maksimum truk trailer & semi trailer
42000 kg = 42 ton



Beban sumbu depan : 18% x
42 ton = 7.56 ton

Beban sumbu tengah : 28% x
42 ton = 11.76 ton

Beban sumbu tengah : 54% x
42 ton = 22.68 ton

E sumbu depan tunggal (7.56 ton)

$$\begin{aligned} E \text{ sumbu tunggal} &= \left(\frac{p}{8.16}\right)^4 \\ &= \left(\frac{7.56}{8.16}\right)^4 \\ &= 0.7368 \end{aligned}$$

E sumbu tengah tunggal (11.76 ton)

$$\begin{aligned} E \text{ sumbu tunggal} &= \left(\frac{p}{8.16}\right)^4 \\ &= \left(\frac{8.792}{8.16}\right)^4 \times 0.086 \\ &= 0.3170 \end{aligned}$$

E sumbu tengah tunggal (22.68 ton)

$$\begin{aligned} E \text{ sumbu tunggal} &= \left(\frac{p}{8.16}\right)^4 \times 0.086 \\ &= \left(\frac{22.68}{8.16}\right)^4 \times 0.086 \\ &= 5.1323 \end{aligned}$$

Jadi angka ekivalen = $0.7376 + 0.3170 + 5.1323 = 6.2400$

- **Rekapitulasi nilai angka ekivalen (e)**
 Dari perhitungan diatas didapatkan nilai angka ekivalen (e) seperti pada tabel berikut :

Tabel 5. 3 Rekapitulasi Nilai Angka Ekivalen

Jenis Kendaraan	Angka Ekivalen
Sedan, Jeep & Station Wagon	0.0004
Oplet, Pick Up, Sub Urban, Combi & Minibus	0.0037
Micro Truk & Mobil Hantaran	0.0117
Bus Kecil	0.3006
Bus Besar	2.1392
Truk 2 sumbu ³ / ₄	0.2174
Truk 2 sumbu	5.0264
Truk 3 sumbu	2.7416
Truk Gandeng	0.5465
Truk Trailer & Semi Trailer	6.2400

5.2.3 Menentukan Nilai Koefisien Distribusi Kendaraan

Koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada lajur rencana ditentukan menurut tabel di bawah ini :

Lajur Rencana	Kendaraan Ringan		Kendaraan Berat	
	1 Arah	2 Arah	1 Arah	2 Arah
1 lajur	1.00	1.00	1.00	1.00
2 lajur	0.60	0.50	0.70	0.50
3 lajur	0.40	0.40	0.50	0.475
4 lajur	-	0.30	-	0.45

5 lajur	-	0.25	-	0.425
6 lajur	-	0.20	-	0.40

Ruas jalan Trenggalek – Pacitan memiliki 2 lajur dengan 2 arah, maka Koefisien distribusi untuk kendaraan ringan adalah **0.5** dan untuk kendaraan berat **0.5**

5.2.4 Menentukan Lintas Ekuivalen Permulaan

Lintas Ekuivalen Permulaan dihitung dengan rumus sebagai berikut

$$LEP = \sum_{j=1}^n x LHR_j x C_j x E_j$$

Koefisien kendaraan (C) sesuai tabel

C kendaraan berat = 0.5

C kendaraan ringan = 0.5

Jenis Kendaraan	LHR	Angka Ekuivalen	C	LEP
Sedan, Jeep & Station Wagon	726	0.0004	0.5	0.1637
Oplet, Pick Up, Sub Urban, Combi & Minibus	269	0.0004	0.5	0.0606
Micro Truk & Mobil Hantaran	461	0.0004	0.5	0.1039
Bus Kecil	24	0.3006	0.5	3.6068
Bus Besar	0	2.1392	0.5	0.0000
Truk 2 sumbu ^{3/4}	124	1.3084	0.5	13.4796
Truk 2 sumbu	5	0.2174	0.5	12.5660
Truk 3 sumbu	2	5.0264	0.5	2.7416
Truk Gandeng	1	0.5465	0.5	0.1366
Truk Trailer & Semi Trailer	1	6.2400	0.5	3.120

Jumlah LEP = 38.9928

5.2.5 Menentukan Lintas Ekuivalen Akhir

Lintas Ekuivalen Permulaan dihitung dengan rumus sebagai berikut

$$LEP = \sum_{j=1}^n (1+i)^{UR} \times LHR_j \times C_j \times E_j$$

Koefisien kendaraan (C) sesuai tabel

$$C \text{ kendaraan berat} = 0.5$$

$$C \text{ kendaraan ringan} = 0.5$$

Jenis Kendaraan	LHR	Angka Ekuivalen	C	LEA
Sedan, Jeep & Station Wagon	2649	0.0004	0.5	0.5975
Oplet, Pick Up, Sub Urban, Combi & Minibus	980	0.0004	0.5	0.2210
Micro Truk & Mobil Hantaran	1680	0.0004	0.5	0.3790
Bus Kecil	59	0.3006	0.5	8.8491
Bus Besar	0	2.1392	0.5	0.0000
Truk 2 sumbu ^¾	214	0.2174	0.5	23.3104
Truk 2 sumbu	9	5.0264	0.5	21.7305
Truk 3 sumbu	3	2.7416	0.5	4.7410
Truk Gandeng	1	0.5465	0.5	0.2363
Truk Trailer & Semi Trailer	2	6.2400	0.5	5.3955

Jumlah LEA = 76.4580

5.2.6 Menentukan Lintas Ekuivalen Tengah

$$\begin{aligned} LET &= \frac{LEP + LEA}{2} \\ &= \frac{38.9928 + 76.4580}{2} \\ &= 57.73 \end{aligned}$$

5.2.7 Menentukan Lintas Ekivalen Rencana

$$\text{LER} = \text{LET} \times \text{FP}$$

$$\text{FP} = \frac{\text{UR}}{10}$$

$$\begin{aligned} \text{LER} &= 57.73 \times \frac{10}{10} \\ &= 57.73 \end{aligned}$$

5.2.7 Menentukan Faktor Regional

Presentasi kendaraan berat (> 5 ton) untuk

$$\begin{aligned} \text{➤ } LHR_{2015} &= \frac{\text{jumlah kendaraan berat}}{\text{jumlah kendaraan total}} \times 100 \% \\ &= \frac{157}{1162} \times 100 \% \\ &= 9.71 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } LHR_{2025} &= \frac{\text{jumlah kendaraan berat}}{\text{jumlah kendaraan total}} \times 100 \% \\ &= \frac{288}{5597} \times 100 \% \\ &= 5.15 \% \end{aligned}$$

Kelandaian 6-10 %

Iklm curah hujan rata – rata tahunan adalah < 900 mm/th

Dari tabel 2.13 : diperoleh FR = 1.0 , jadi yang digunakan adalah 1.0

5.2.8 Menentukan Indeks Permukaan

- IPo (Indeks Permukaan awal umur rencana)
Jenis Lapis permukaan yang diapakai adalah LASTON MS744 dengan nilai IPo = 4.0
- IPt (Indeks Permukaan akhir umur rencana)
Jalan Trenggalek – Pacitan adalah jalan kolektor dengan nilai LER = 50.72, maka nilai IPt = 2.0

5.2.9 Menentukan Lapis Perkerasan

- Jenis Lapis Perkerasan
 - Lapis Permukaan I LASTON MS 744
 - Lapis pondasi atas stab tanah dengan semen
 - Lapis pondasi bawah sirtu (kelas A) CBR 70%
- Koefisien kekuatan relative
 - Lapis permukaan $a_1 = 0.40$
 - Lapis pondasi atas $a_2 = 0.15$
 - Lapis pondasi bawah $a_3 = 0.13$
- Batas minimum tiap lapis perkerasan
 - Lapis permukaan (D1) = 5 cm
 - Lapis pondasi atas (D2) = **dicari**
 - Lapis pondasi bawah (D3) = 0 cm

Dari persamaan 2.14 diperoleh

$$\overline{ITP} = a_1 \times D1 + a_2 \times D2 + a_3 \times D3$$

$$5.25 = 0.4 \times 5 \text{ cm} + 0.13 \times D2 + 0.13 \times 0 \text{ cm}$$

$$5.25 = 2 \text{ cm} + 0.13 \times D2$$

$$D2 = \frac{5.25 - 2}{0.13}$$

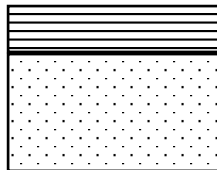
$$= 25 \text{ cm}$$

Jadi komposisi untuk tebal perkerasan adalah :

$$\text{AC LASTON MS 744} = 5 \text{ cm}$$

$$\text{Stab. Tanah dengan Semen} = 25 \text{ cm}$$

$$D1 = 5 \text{ cm}$$



LASTON MS
744

$$D2 = 25 \text{ cm}$$

Stab. Tanah
dengan semen

5.2.10 Perencanaan Tebal Lapis Tambahan (Overlay)

➤ Overlay bertujuan untuk meningkatkan atau memperpanjang umur pelayanan jalan raya dalam menentukan tebal lapisan tambahan pada lapisan permukaan, dengan memperhatikan memperhitungkan kondisi perkerasan jalan lama.

➤ Penentuan ITP

CBR	=8.9%
DDT	=5.8
Ipt	=2
FR	=1
ITP	=5.20
\overline{ITP}	=5.25

Berdasarkan kondisi existing terdapat tebal masing-masing lapisan yaitu:

- Lapisan permukaan (D1) = 5 cm
- Lapisan telfort (D2) = 15 cm

$$\overline{ITP}_{\text{sisal}} = K_1 \times a_1 \times D_1 + K_2 \times a_2 \times D_2 + K_3 \times a_3 \times D_3 \quad \text{Pers 2.14}$$

Dimana:

- K_1, K_2, K_3 = Nilai kondisi sisa lapisan
- a_1, a_2, a_3 = Kondisi relative untuk lapis permukaan, pondasi bawah (lihat tabel 2.16)
- d_1, d_2, d_3 = Tebal Lapis Permukaan pondasi, pondasi bawah

➤ Penyelesaian

- Lapisan permukaan = $50\% \times 5 \times 0.25 = 0.625$
- Lapisan telfort = $90\% \times 15 \times 0.15 = 2.025$

Total \overline{ITP} ada = 9.8

$$\Delta \overline{ITP} = \overline{ITP} - \overline{ITP}_{\text{sisa}} \quad \text{Pers 2.15}$$

$$= 5.25 - 2.65$$

$$= 2.60$$

Maka dapat dihitung tebal lapis tambah dengan menggunakan rumus:

$$D_{\text{tambah}} = \frac{\Delta \overline{ITP}}{a_1} \quad \text{Pers 2.16}$$

$$= \frac{2.60}{0.4}$$

$$= 6.5 \text{ cm}$$

$$= 7 \text{ cm}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan tebal lapis tambahan (overlay) untuk ruas jalan trenggalek - pacitan sebesar 7 cm.

5.3 Perhitungan Kontrol Geometrik

5.3.1 Alinyemen Horizontal

Perhitungan Full Circle

- STA 14+199

$$TC = R \times \text{tg } \frac{1}{2} \Delta$$

$$= 256 \times \text{tg } \frac{6.84}{2}$$

$$= 256 \times 0.0598$$

$$= 15.29$$

$$EC = TC \times \text{tg } \frac{1}{4} \Delta$$

$$= 15.29 \times \text{tg } \frac{6.84}{4}$$

$$= 15.29 \times 0.0298$$

$$= 0.456$$

$$\begin{aligned}
 LC &= \frac{\Delta \times 2 \times \pi \times R}{2} \\
 &= \frac{6.84 \times 2 \times 3.14 \times 256}{2} \\
 &= 30.546
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$LC < 2TC = 30.546 < 30.597 \text{ “OK”}$$

- **STA 14+225**

$$\begin{aligned}
 TC &= R \times \operatorname{tg}^{1/2} \Delta \\
 &= 9 \times \operatorname{tg} \frac{73.74}{2} \\
 &= 9 \times 0.7500 \\
 &= 6.75
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 EC &= TC \times \operatorname{tg}^{1/4} \Delta \\
 &= 6.75 \times \operatorname{tg} \frac{73.74}{4} \\
 &= 2.25 \times 0.3333 \\
 &= 2.25
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 LC &= \frac{\Delta \times 2 \times \pi \times R}{2} \\
 &= \frac{73.74 \times 2 \times 3.14 \times 9}{2} \\
 &= 11.577
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$LC < 2TC = 11.577 < 13.500 \text{ “OK”}$$

- **STA 14+595**

$$\begin{aligned}
 TC &= R \times \operatorname{tg}^{1/2} \Delta \\
 &= 119 \times \operatorname{tg} \frac{13.24}{2} \\
 &= 119 \times 0.116 \\
 &= 13.80
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 EC &= TC \times \operatorname{tg}^{1/4} \Delta \\
 &= 13.80 \times \operatorname{tg} \frac{13.24}{4}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 13.80 \times 0.0578 \\
 &= 0.798 \\
 LC &= \frac{\Delta \times 2 \times \pi \times R}{2} \\
 &= \frac{13.24 \times 2 \times 3.14 \times 119}{2} \\
 &= 27.479
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$LC < 2TC = 27.479 < 27.616 \text{ “OK”}$$

- **STA 14+860**

$$\begin{aligned}
 TC &= R \times \operatorname{tg} \frac{1}{2} \Delta \\
 &= 219 \times \operatorname{tg} \frac{8.14}{2} \\
 &= 219 \times 0.0711 \\
 &= 15.58
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 EC &= TC \times \operatorname{tg} \frac{1}{4} \Delta \\
 &= 15.58 \times \operatorname{tg} \frac{8.14}{4} \\
 &= 15.58 \times 0.0355 \\
 &= 0.553
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 LC &= \frac{\Delta \times 2 \times \pi \times R}{2} \\
 &= \frac{8.14 \times 2 \times 3.14 \times 219}{2} \\
 &= 31.099
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$LC < 2TC = 31.099 < 31.168 \text{ “OK”}$$

- **STA 15+135**

$$\begin{aligned}
 TC &= R \times \operatorname{tg} \frac{1}{2} \Delta \\
 &= 215 \times \operatorname{tg} \frac{24.05}{2} \\
 &= 215 \times 0.213 \\
 &= 45.80
 \end{aligned}$$

$$EC = TC \times \operatorname{tg} \frac{1}{4} \Delta$$

$$\begin{aligned}
 &= 45.80 \times \operatorname{tg} \frac{24.05}{4} \\
 &= 45.80 \times 0.105 \\
 &= 4.825 \\
 \text{LC} &= \frac{\Delta \times 2 \times \pi \times R}{2} \\
 &= \frac{24.05 \times 2 \times 3.14 \times 215}{2} \\
 &= 90.217
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\text{LC} < 2\text{TC} = 90.217 < 91.612 \text{ "OK"}$$

- **STA 15+322**

$$\begin{aligned}
 \text{TC} &= R \times \operatorname{tg} \frac{1}{2} \Delta \\
 &= 465 \times \operatorname{tg} \frac{11.16}{2} \\
 &= 465 \times 0.0977 \\
 &= 45.44 \\
 \text{EC} &= \text{TC} \times \operatorname{tg} \frac{1}{4} \Delta \\
 &= 45.44 \times \operatorname{tg} \frac{11.16}{4} \\
 &= 45.44 \times 0.0487 \\
 &= 2.215 \\
 \text{LC} &= \frac{\Delta \times 2 \times \pi \times R}{2} \\
 &= \frac{11.16 \times 2 \times 3.14 \times 465}{2} \\
 &= 90.560
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\text{LC} < 2\text{TC} = 90.560 < 90.894 \text{ "OK"}$$

- **STA 15+415**

$$\begin{aligned}
 \text{TC} &= R \times \operatorname{tg} \frac{1}{2} \Delta \\
 &= 196 \times \operatorname{tg} \frac{6.98}{2} \\
 &= 196 \times 0.061 \\
 &= 11.96
 \end{aligned}$$

$$EC = TC \times \operatorname{tg} \frac{1}{4} \Delta$$

$$= 11.96 \times \operatorname{tg} \frac{6.98}{4}$$

$$= 11.96 \times 0.030$$

$$= 0.364$$

$$LC = \frac{\Delta \times 2 \times \pi \times R}{2}$$

$$= \frac{6.98 \times 2 \times 3.14 \times 196}{2}$$

$$= 23.884$$

Kontrol

$$LC < 2TC = 23.884 < 23.926 \text{ “OK”}$$

- **STA 15+590**

$$TC = R \times \operatorname{tg} \frac{1}{2} \Delta$$

$$= 156 \times \operatorname{tg} \frac{9.98}{2}$$

$$= 156 \times 0.0873$$

$$= 13.62$$

$$EC = TC \times \operatorname{tg} \frac{1}{4} \Delta$$

$$= 13.62 \times \operatorname{tg} \frac{9.98}{4}$$

$$= 13.62 \times 0.0436$$

$$= 0.594$$

$$LT = \frac{\Delta \times 2 \times \pi \times R}{2}$$

$$= \frac{9.98 \times 2 \times 3.14 \times 156}{2}$$

$$= 27.171$$

Kontrol

$$LC < 2TC = 27.171 < 27.253 \text{ “OK”}$$

- **STA 15+682**

$$TC = R \times \operatorname{tg} \frac{1}{2} \Delta$$

$$= 216 \times \operatorname{tg} \frac{12.68}{2}$$

$$= 216 \times 0.1111$$

$$\begin{aligned}
 &= 24.01 \\
 EC &= TC \times \operatorname{tg} \frac{1}{4} \Delta \\
 &= 24.01 \times \operatorname{tg} \frac{12.68}{4} \\
 &= 24.01 \times 0.0554 \\
 &= 1.330 \\
 LC &= \frac{\Delta \times 2 \times \pi \times R}{2} \\
 &= \frac{12.68 \times 2 \times 3.14 \times 216}{2} \\
 &= 47.796
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$LC < 2TC = 47.796 < 48.016 \text{ “OK”}$$

- **STA 15+731**

$$\begin{aligned}
 TC &= R \times \operatorname{tg} \frac{1}{2} \Delta \\
 &= 186 \times \operatorname{tg} \frac{14.28}{2} \\
 &= 186 \times 0.1253 \\
 &= 23.31 \\
 EC &= TC \times \operatorname{tg} \frac{1}{4} \Delta \\
 &= 23.31 \times \operatorname{tg} \frac{14.28}{4} \\
 &= 23.31 \times 0.0624 \\
 &= 1.455 \\
 LC &= \frac{\Delta \times 2 \times \pi \times R}{2} \\
 &= \frac{14.28 \times 2 \times 3.14 \times 186}{2} \\
 &= 46.352
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$LC < 2TC = 46.352 < 46.617 \text{ “OK”}$$

- **STA 16+345**

$$\begin{aligned}
 TC &= R \times \operatorname{tg} \frac{1}{2} \Delta \\
 &= 105 \times \operatorname{tg} \frac{46.18}{2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 105 \times 0.4263 \\
 &= 44.76 \\
 EC &= TC \times \operatorname{tg} \frac{1}{4} \Delta \\
 &= 44.76 \times \operatorname{tg} \frac{46.18}{4} \\
 &= 44.76 \times 0.2043 \\
 &= 9.145 \\
 LC &= \frac{\Delta \times 2 \times \pi \times R}{2} \\
 &= \frac{46.18 \times 2 \times 3.14 \times 105}{2} \\
 &= 84.592 \\
 \text{Kontrol} \\
 LC < 2TC &= 84.592 < 89.536 \text{ "OK"}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Spiral-Circle-Spiral

- **STA 14+160**

$$RC = 50$$

$$L_s = 15$$

$$\Delta = 30.738$$

$$\begin{aligned}
 x_s &= L_s \times \left[1 - \frac{L_s^2}{40 \times RC^2} \right] \\
 &= 15 \times \left[1 - \frac{15^2}{40 \times 50^2} \right] \\
 &= 15 \times 1 - 0.002 \\
 &= 15 \times 0.998 \\
 &= 14.966
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_s &= \frac{L_s^2}{6 \times RC} \\
 &= \frac{15^2}{6 \times 50} \\
 &= \frac{225}{300} \\
 &= 0.75
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Phi_s &= \frac{90 \times Ls}{\pi \times Rc} \\ &= \frac{1350}{157} \\ &= 8.599\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}p &= \frac{Ls^2}{6 \times Rc} - Rc \times (1 - \cos \Phi_s) \\ &= \frac{225}{300} - 50 \times (1 - \cos 8.599) \\ &= 0.75 - 50 \times 1 - 0.988 \\ &= 0.75 - 0.562 \\ &= 0.188\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}k &= Ls - \frac{Ls^2}{6 \times Rc} - Rc (\sin \Phi_s) \\ &= 15 - \frac{225}{300} - 50 (\sin 8.599) \\ &= 15 - 0.75 - 50 \times 0.149 \\ &= 15 - 0.75 - 7.47 \\ &= 6.744\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Ts &= (Rc + p) \times \tan \frac{1}{2} \Delta + k \\ &= (50 + 0.188) \times \tan \frac{1}{2} 30.738 + 6.774 \\ &= 50.188 \times 0.274 + 6.774 \\ &= 13.795 + 6.774 \\ &= 20.596\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Es &= (Rc + p) \times \sec \frac{1}{2} \Delta - Rc \\ &= (50 + 0.188) \times \sec \frac{1}{2} 30.738 - 50 \\ &= 50.188 \times 1.037 - 50 \\ &= 52.049 - 50 \\ &= 2.049\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Lc &= \frac{\Delta \times 2 \times \Phi_s}{180} \times \pi \times Rc \\ &= \frac{6.774 \times 2 \times 8.599}{180} \times 3.14 \times 50\end{aligned}$$

$$= 0.075 \times 3.14 \times 50$$

$$= 11.810$$

Kontrol

$$2L_s + L_c < 2TS = 47.173 < 46.851 \text{ “NOT OK”}$$

Karena tidak masuk maka kecepatan untuk tikungan ini dikurangi menjadi 20 km/jam dan kemiringan diturunkan menjadi 8 % maka hasil perhitungan menjadi

$$L_s = \frac{(e_m - e_n) V_r}{3.6 r e}$$

$$L_s = \frac{(0.08 - 0.02) 20}{3.6 \times 0.0035}$$

$$L_s = 9.524$$

Kontrol

$$2L_s + L_c < 2TS = 36.220 < 46.851 \text{ “OK”}$$

STA 14+270

$$RC = 10$$

$$L_s = 2$$

$$\Delta = 81.918$$

$$x_s = L_s \times 1 - \frac{L_s^2}{40 \times R_c^2}$$

$$= 2 \times 1 - \frac{2^2}{40 \times 10^2}$$

$$= 2 \times 1 - 0.001$$

$$= 2 \times 0.999$$

$$= 1.998$$

$$y_s = \frac{L_s^2}{6 \times R_c}$$

$$= \frac{2^2}{6 \times 10}$$

$$= \frac{4}{60}$$

$$= 0.067$$

$$\begin{aligned}\Phi_s &= \frac{90 \times Ls}{\pi \times Rc} \\ &= \frac{180}{31.4} \\ &= 5.732\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}p &= \frac{Ls^2}{6 \times Rc} - Rc \times (1 - \cos \Phi_s) \\ &= \frac{4}{60} - 10 \times (1 - \cos 5.732) \\ &= 0.067 - 10 \times 1 - 0.994 \\ &= 0.067 - 0.050 \\ &= 0.016\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}k &= Ls - \frac{Ls^2}{6 \times Rc} - Rc (\sin \Phi_s) \\ &= 2 - \frac{4}{60} - 10 (\sin 5.732) \\ &= 2 - 0.067 - 10 \times 0.099 \\ &= 2 - 0.067 - 0.99 \\ &= 0.934\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Ts &= (Rc + p) \times \tan \frac{1}{2} \Delta + k \\ &= (10 + 0.016) \times \tan \frac{1}{2} 81.918 + 0.934 \\ &= 10.016 \times 0.868 + 0.934 \\ &= 8.695 + 0.934 \\ &= 9.629\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Es &= (Rc + p) \times \sec \frac{1}{2} \Delta - Rc \\ &= (10 + 0.016) \times \sec \frac{1}{2} 81.918 - 10 \\ &= 10.016 \times 1.324 - 10 \\ &= 13.264 - 10 \\ &= 3.264\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Lc &= \frac{\Delta \times 2 \times \Phi_s}{180} \times \pi \times Rc \\ &= \frac{81.918 \times 2 \times 5.732}{180} \times 3.14 \times 10 \\ &= 0.391 \times 3.14 \times 10\end{aligned}$$

$$= 3.264$$

Kontrol

$$2L_s + L_c < 2TS = 16.290 < 19.258 \text{ "OK"}$$

- **STA 14+307**

$$RC = 86$$

$$L_s = 15$$

$$\Delta = 32.034$$

$$x_s = L_s \times$$

$$= 15 \times 1 - \frac{15^2}{40 \times 86^2}$$

$$= 15 \times 1 - 0.001$$

$$= 15 \times 0.999$$

$$= 14.983$$

$$y_s = \frac{L_s^2}{6 \times RC}$$

$$= \frac{15^2}{6 \times 86}$$

$$= \frac{225}{225}$$

$$= 0.436$$

$$= 0.436$$

$$\Phi_s = \frac{90 \times L_s}{\pi \times RC}$$

$$= \frac{1350}{1350}$$

$$= 270.0$$

$$= 4.999$$

$$p = \frac{L_s^2}{6 \times RC} - RC \times (1 - \cos \Phi_s)$$

$$= \frac{225}{225} - 86 \times (1 - \cos 4.999)$$

$$= 0.436 - 86 \times 1 - 0.996$$

$$= 0.436 - 0.327$$

$$= 0.109$$

$$k = L_s - \frac{L_s^2}{6 \times RC} - RC (\sin \Phi_s)$$

$$\begin{aligned}
 &= 15 - \frac{225}{516} - 86 (\sin 4.999) \\
 &= 15 - 0.436 - 86 \times 0.087 \\
 &= 15 - 0.436 - 7.494 \\
 &= 7.070
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_s &= (Rc + p) \times \tan \frac{1}{2} \Delta + k \\
 &= (86 + 0.109) \times \tan \frac{1}{2} 32.034 + 7.494 \\
 &= 86.109 \times 0.287 + 7.494 \\
 &= 24.719 + 7.494 \\
 &= 31.789
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_s &= (Rc + p) \times \sec \frac{1}{2} \Delta - Rc \\
 &= (86 + 0.109) \times \sec \frac{1}{2} 32.034 - 86 \\
 &= 86.109 \times 1.040 - 86 \\
 &= 89.587 - 86 \\
 &= 3.587
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_c &= \frac{\Delta \times 2 \times \phi_s}{180} \times \pi \times Rc \\
 &= \frac{32.034 \times 2 \times 4.999}{180} \times 3.14 \times 86 \\
 &= 0.122 \times 3.14 \times 86 \\
 &= 33.058
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$2L_s + L_c < 2T_s = 63.057 < 63.577 \text{ “OK”}$$

- **STA 14+444**

$$RC = 70$$

$$L_s = 15$$

$$\Delta = 37.237$$

$$x_s = L_s \times$$

$$\begin{aligned}
 &= 15 \times 1 - \frac{15^2}{40 \times 7} \\
 &= 15 \times 1 - 0.001 \\
 &= 15 \times 0.999
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 14.983 \\
 y_s &= \frac{Ls^2}{6 \times Rc} \\
 &= \frac{15^2}{6 \times 70} \\
 &= \frac{225}{420} \\
 &= 0.536 \\
 \Phi_s &= \frac{90 \times Ls}{\pi \times Rc} \\
 &= \frac{1350}{219.8} \\
 &= 6.142 \\
 p &= \frac{Ls^2}{6 \times Rc} - Rc \times (1 - \cos \Phi_s) \\
 &= \frac{225}{420} - 70 \times (1 - \cos 6.142) \\
 &= 0.536 - 70 \times 1 - 0.994 \\
 &= 0.536 - 0.402 \\
 &= 0.134
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 k &= Ls - \frac{Ls^2}{6 \times Rc} - Rc (\sin \Phi_s) \\
 &= 15 - \frac{225}{420} - 70 (\sin 6.142) \\
 &= 15 - 0.536 - 70 \times 0.107 \\
 &= 15 - 0.536 - 7.489 \\
 &= 6.975
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_s &= (Rc + p) \times \tan \frac{1}{2} \Delta + k \\
 &= (70 + 0.134) \times \tan \frac{1}{2} 37.237 + 6.975 \\
 &= 70.134 \times 0.337 + 6.975 \\
 &= 23.628 + 6.975 \\
 &= 30.603
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_s &= (Rc + p) \times \sec \frac{1}{2} \Delta - Rc \\
 &= (70 + 0.134) \times \sec \frac{1}{2} 37.237 - 70 \\
 &= 70.134 \times 1.055 - 70
 \end{aligned}$$

$$= 74.007 - 70$$

$$= 4.007$$

$$\begin{aligned} Lc &= \frac{\Delta \times 2 \times \Phi_s}{180} \times \pi \times Rc \\ &= \frac{37.237 \times 2 \times 6.142}{180} \times 3.14 \times 70 \\ &= 0.139 \times 3.14 \times 70 \\ &= 30.470 \end{aligned}$$

Kontrol

$$2Ls + Lc < 2TS = 60.470 < 61.205 \text{ "OK"}$$

- **STA 14+635**

$$RC = 33$$

$$Ls = 10$$

$$\Delta = 63.363$$

$$\begin{aligned} xs &= Ls \times 1 - \frac{Ls^2}{40 \times Rc^2} \\ &= 10 \times 1 - \frac{10^2}{40 \times 33} \\ &= 10 \times 1 - 0.002 \\ &= 10 \times 0.998 \\ &= 9.98 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ys &= \frac{Ls^2}{6 \times Rc} \\ &= \frac{10^2}{6 \times 33} \\ &= \frac{198}{100} \\ &= 0.505 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi_s &= \frac{90 \times Ls}{\pi \times Rc} \\ &= \frac{103.62}{900} \\ &= 8.686 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 p &= \frac{Ls^2}{6 \times Rc} - Rc \times (1 - \cos \Phi_s) \\
 &= \frac{100}{198} - 33 \times (1 - \cos 8.686) \\
 &= 0.505 - 33 \times 1 - 0.989 \\
 &= 0.505 - 0.378 \\
 &= 0.127
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 k &= Ls - \frac{Ls^2}{6 \times Rc} - Rc (\sin \Phi_s) \\
 &= 10 - \frac{100}{198} - 33 (\sin 8.686) \\
 &= 10 - 0.505 - 33 \times 0.151 \\
 &= 10 - 0.505 - 4.983 \\
 &= 4.512
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Ts &= (Rc + p) \times \tan^{1/2} \Delta + k \\
 &= (33 + 0.127) \times \tan^{1/2} 63.363 + 4.512 \\
 &= 33.127 \times 0.617 + 4.512 \\
 &= 20.445 + 4.512 \\
 &= 24.956
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Es &= (Rc + p) \times \sec^{1/2} \Delta - Rc \\
 &= (33 + 0.127) \times \sec^{1/2} 63.363 - 33 \\
 &= 33.127 \times 1.175 - 33 \\
 &= 38.928 - 33 \\
 &= 5.928
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Lc &= \frac{\Delta \times 2 \times \Phi_s}{180} \times \pi \times Rc \\
 &= \frac{63.363 \times 2 \times 8.686}{180} \times 3.14 \times 33 \\
 &= 0.256 \times 3.14 \times 33 \\
 &= 26.476
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$2Ls + Lc < 2TS = 46.476 < 49.912 \text{ “OK”}$$

- **STA 14+740**

$$RC = 45$$

$$L_s = 10$$

$$\Delta = 18.718$$

$$\begin{aligned} x_s &= L_s \times 1 - \frac{L_s^2}{40 \times R_c^2} \\ &= 10 \times 1 - \frac{10^2}{40 \times 45^2} \\ &= 10 \times 1 - 0.001 \\ &= 10 \times 0.999 \\ &= 9.99 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_s &= \frac{L_s^2}{6 \times R_c} \\ &= \frac{10^2}{6 \times 45} \\ &= \frac{100}{270} \\ &= 0.370 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi_s &= \frac{90 \times L_s}{\pi \times R_c} \\ &= \frac{141.30}{900} \\ &= 6.369 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p &= \frac{L_s^2}{6 \times R_c} - R_c \times (1 - \cos \Phi_s) \\ &= \frac{100}{270} - 45 \times (1 - \cos 6.369) \\ &= 0.370 - 45 \times 1 - 0.994 \\ &= 0.370 - 0.278 \\ &= 0.092 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k &= L_s - \frac{L_s^2}{6 \times R_c} - R_c (\sin \Phi_s) \\ &= 10 - \frac{100}{270} - 45 (\sin 6.369) \\ &= 10 - 0.370 - 45 \times 0.111 \\ &= 10 - 0.370 - 4.992 \\ &= 4.637 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_s &= (Rc + p) \times \tan \frac{1}{2} \Delta + k \\
 &= (45 + 0.092) \times \tan \frac{1}{2} 18.718 + 4.637 \\
 &= 45.092 \times 0.165 + 4.637 \\
 &= 7.432 + 4.637 \\
 &= 12.069
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_s &= (Rc + p) \times \sec \frac{1}{2} \Delta - Rc \\
 &= (45 + 0.092) \times \sec \frac{1}{2} 18.718 - 45 \\
 &= 45.092 \times 1.013 - 45 \\
 &= 45.701 - 45 \\
 &= 0.701
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_c &= \frac{\Delta \times 2 \times \phi_s}{180} \times \pi \times Rc \\
 &= \frac{18.718 \times 2 \times 6.369}{180} \times 3.14 \times 45 \\
 &= 0.033 \times 3.14 \times 45 \\
 &= 4.694
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$2L_s + L_c < 2T_s = 24.694 < 24.139 \text{ “NOT OK”}$$

Karena tidak masuk maka kecepatan untuk tikungan ini dikurangi menjadi 20 km/jam dan kemiringan diturunkan menjadi 8 % maka hasil perhitungan menjadi

$$\begin{aligned}
 L_s &= \frac{(e_m - e_n) V r}{3.6 r e} \\
 L_s &= \frac{(0.08 - 0.02) 20}{3.6 \times 0.0035} \\
 L_s &= 9.524
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$2L_s + L_c < 2T_s = 23.741 < 24.139 \text{ “OK”}$$

- **STA 14+900**

$$RC = 20$$

$$L_s = 15$$

$$\Delta = 61.718$$

$$\begin{aligned} x_s &= L_s \times 1 - \frac{L_s^2}{40 \times R_c^2} \\ &= 15 \times 1 - \frac{10^2}{40 \times 20^2} \\ &= 15 \times 1 - 0.014 \\ &= 15 \times 0.986 \\ &= 14.789 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_s &= \frac{L_s^2}{6 \times R_c} \\ &= \frac{15^2}{6 \times 20} \\ &= \frac{225}{120} \\ &= 1.875 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi_s &= \frac{90 \times L_s}{\pi \times R_c} \\ &= \frac{1350}{1350} \\ &= 62.80 \\ &= 21.497 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p &= \frac{L_s^2}{6 \times R_c} - R_c \times (1 - \cos \Phi_s) \\ &= \frac{225}{120} - 20 \times (1 - \cos 21.497) \\ &= 1.875 - 20 \times 1 - 0.930 \\ &= 1.875 - 1.391 \\ &= 0.484 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k &= L_s - \frac{L_s^2}{6 \times R_c} - R_c (\sin \Phi_s) \\ &= 15 - \frac{225}{120} - 20 (\sin 21.497) \\ &= 15 - 1.875 - 20 \times 0.366 \\ &= 15 - 1.875 - 7.329 \\ &= 5.796 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_s &= (Rc + p) \times \tan \frac{1}{2} \Delta + k \\
 &= (20 + 0.484) \times \tan \frac{1}{2} 61.718 + 5.796 \\
 &= 20.484 \times 0.590 + 5.796 \\
 &= 12.077 + 5.796 \\
 &= 17.873
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_s &= (Rc + p) \times \sec \frac{1}{2} \Delta - Rc \\
 &= (20 + 0.484) \times \sec \frac{1}{2} 61.718 - 20 \\
 &= 20.484 \times 1.161 - 20 \\
 &= 23.779 - 20 \\
 &= 3.779
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_c &= \frac{\Delta \times 2 \times \phi_s}{180} \times \pi \times Rc \\
 &= \frac{61.718 \times 2 \times 21.497}{180} \times 3.14 \times 20 \\
 &= 0.100 \times 3.14 \times 20 \\
 &= 6.298
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$2L_s + L_c < 2T_s = 36.298 < 35.745 \text{ “NOT OK”}$$

Karena tidak masuk maka kecepatan untuk tikungan ini dikurangi menjadi 20 km/jam dan kemiringan diturunkan menjadi 8 % maka hasil perhitungan menjadi

$$\begin{aligned}
 L_s &= \frac{(e_m - e_n) V_r^2}{3.6 r e} \\
 L_s &= \frac{(0.08 - 0.02) 20^2}{3.6 \times 0.0035} \\
 L_s &= 9.524
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$2L_s + L_c < 2T_s = 25.345 < 35.745 \text{ “OK”}$$

- **STA 15+036**
RC = 20

$$L_s = 15$$

$$\Delta = 75.565$$

$$\begin{aligned} x_s &= L_s \times 1 - \frac{L_s^2}{40 \times R_c^2} \\ &= 15 \times 1 - \frac{10^2}{40 \times 20^2} \\ &= 15 \times 1 - 0.014 \\ &= 15 \times 0.986 \\ &= 14.789 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_s &= \frac{L_s^2}{6 \times R_c} \\ &= \frac{15^2}{6 \times 20} \\ &= \frac{225}{120} \\ &= 1.875 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi_s &= \frac{90 \times L_s}{\pi \times R_c} \\ &= \frac{1350}{62.80} \\ &= 21.497 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p &= \frac{L_s^2}{6 \times R_c} - R_c \times (1 - \cos \Phi_s) \\ &= \frac{225}{120} - 20 \times (1 - \cos 21.497) \\ &= 1.875 - 20 \times 1 - 0.930 \\ &= 1.875 - 1.391 \\ &= 0.484 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k &= L_s - \frac{L_s^2}{6 \times R_c} - R_c (\sin \Phi_s) \\ &= 15 - \frac{225}{120} - 20 (\sin 21.497) \\ &= 15 - 1.875 - 20 \times 0.366 \\ &= 15 - 1.875 - 7.329 \\ &= 5.796 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 &= (20 + 0.484) \times \tan^{1/2} 75.565 + 5.796 \\
 &= 20.484 \times 0.775 + 5.796 \\
 &= 15.879 + 5.796 \\
 &= 21.675
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_s &= (R_c + p) \times \sec^{1/2} \Delta - R_c \\
 &= (20 + 0.484) \times \sec^{1/2} 75.565 - 20 \\
 &= 20.484 \times 1.265 - 20 \\
 &= 25.918 - 20 \\
 &= 5.918
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_c &= \frac{\Delta \times 2 \times \phi_s}{180} \times \pi \times R_c \\
 &= \frac{75.565 \times 2 \times 21.497}{180} \times 3.14 \times 20 \\
 &= 0.181 \times 3.14 \times 20 \\
 &= 11.364
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$2L_s + L_c < 2TS = 41.364 < 43.350 \text{ "OK"}$$

- **STA 15+225**

$$RC = 55$$

$$L_s = 15$$

$$\Delta = 44.823$$

$$\begin{aligned}
 x_s &= L_s \times 1 - \frac{L_s^2}{40 \times RC^2} \\
 &= 15 \times 1 - \frac{10^2}{40 \times 55^2} \\
 &= 15 \times 1 - 0.002 \\
 &= 15 \times 0.998 \\
 &= 14.972
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_s &= \frac{L_s^2}{6 \times RC} \\
 &= \frac{15^2}{6 \times 55}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{225}{330} \\
&= 0.682 \\
\Phi_s &= \frac{90 \times Ls}{\pi \times Rc} \\
&= \frac{172.70}{1350} \\
&= 7.817 \\
p &= \frac{Ls^2}{6 \times Rc} - Rc \times (1 - \cos \Phi_s) \\
&= \frac{225}{330} - 55 \times (1 - \cos 7.817) \\
&= 0.682 - 55 \times 1 - 0.991 \\
&= 0.682 - 0.511 \\
&= 0.171 \\
k &= Ls - \frac{Ls^2}{6 \times Rc} - Rc (\sin \Phi_s) \\
&= 15 - \frac{225}{330} - 55 (\sin 7.817) \\
&= 15 - 0.682 - 55 \times 0.136 \\
&= 15 - 0.682 - 7.41 \\
&= 6.838 \\
T_s &= (Rc + p) \times \tan \frac{1}{2} \Delta + k \\
&= (55 + 0.171) \times \tan \frac{1}{2} 44.823 + 6.838 \\
&= 55.171 \times 0.412 + 6.838 \\
&= 22.752 + 6.838 \\
&= 29.590 \\
E_s &= (Rc + p) \times \sec \frac{1}{2} \Delta - Rc \\
&= (55 + 0.171) \times \sec \frac{1}{2} 44.823 - 55 \\
&= 55.171 \times 1.082 - 55 \\
&= 59.678 - 55 \\
&= 4.678 \\
L_c &= \frac{\Delta \times 2 \times \Phi_s}{180} \times \pi \times Rc
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{44.823 \times 2 \times 7.817}{180} \times 3.14 \times 55 \\
 &= 0.162 \times 3.14 \times 55 \\
 &= 28.005
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$2L_s + L_c < 2TS = 58.005 < 59.180 \text{ "OK"}$$

- **STA 15+901**

$$RC = 98$$

$$L_s = 25$$

$$\Delta = 32.358$$

$$\begin{aligned}
 x_s &= L_s \times 1 - \frac{L_s^2}{40 \times RC^2} \\
 &= 25 \times 1 - \frac{10^2}{40 \times 98^2} \\
 &= 25 \times 1 - 0.002 \\
 &= 25 \times 0.998 \\
 &= 24.959
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_s &= \frac{L_s^2}{6 \times RC} \\
 &= \frac{25^2}{6 \times 98} \\
 &= \frac{625}{588} \\
 &= 1.063
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Phi_s &= \frac{90 \times L_s}{\pi \times RC} \\
 &= \frac{2250}{307.72} \\
 &= 7.312
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 p &= \frac{L_s^2}{6 \times RC} - RC \times (1 - \cos \Phi_s) \\
 &= \frac{625}{588} - 98 \times (1 - \cos 7.312) \\
 &= 1.063 - 98 \times 1 - 0.992
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 1.063 - 0.797 \\
&= 0.266 \\
k &= Ls - \frac{Ls^2}{6 \times Rc} - Rc (\sin \Phi_s) \\
&= 25 - \frac{625}{588} - 98 (\sin 7.312) \\
&= 25 - 1.063 - 98 \times 0.127 \\
&= 25 - 1.063 - 12.472 \\
&= 11.465 \\
Ts &= (Rc + p) \times \tan \frac{1}{2} \Delta + k \\
&= (98 + 0.266) \times \tan \frac{1}{2} 32.358 + 11.465 \\
&= 99.266 \times 0.290 + 11.465 \\
&= 28.510 + 11.465 \\
&= 29.590 \\
Es &= (Rc + p) \times \sec \frac{1}{2} \Delta - Rc \\
&= (98 + 0.266) \times \sec \frac{1}{2} 32.358 - 98 \\
&= 98.266 \times 1.041 - 98 \\
&= 102.318 - 98 \\
&= 4.318 \\
Lc &= \frac{\Delta \times 2 \times \Phi_s}{180} \times \pi \times Rc \\
&= \frac{32.358 \times 2 \times 7.312}{180} \times 3.14 \times 98 \\
&= 0.099 \times 3.14 \times 98 \\
&= 30.318
\end{aligned}$$

Kontrol

$$2Ls + Lc < 2TS = 80.318 < 79.949 \text{ “NOT OK”}$$

Karena tidak masuk maka kecepatan untuk tikungan ini dikurangi menjadi 20 km/jam dan kemiringan diturunkan menjadi 8 % maka hasil perhitungan menjadi

$$LS = \frac{(em-en) Vr}{3.6 re}$$

$$LS = \frac{(0.08-0.02)20}{3.6 \cdot 0.0035}$$

$$LS = 9.524$$

Kontrol

$$2Ls + Lc < 2TS = 55.714 < 79.949 \text{ "OK"}$$

- **STA 16+069**

$$RC = 25$$

$$Ls = 25$$

$$\Delta = 74.767$$

$$xs = Ls \times 1 - \frac{Ls^2}{40 \times Rc^2}$$

$$= 25 \times 1 - \frac{25^2}{40 \times 25^2}$$

$$= 25 \times 1 - 0.025$$

$$= 25 \times 0.975$$

$$= 24.375$$

$$ys = \frac{Ls^2}{6 \times Rc}$$

$$= \frac{25^2}{6 \times 25}$$

$$= \frac{150}{625}$$

$$= 150$$

$$= 4.167$$

$$\Phi_s = \frac{90 \times Ls}{\pi \times Rc}$$

$$= \frac{2250}{78.50}$$

$$= 28.662$$

$$p = \frac{Ls^2}{6 \times Rc} - Rc \times (1 - \cos \Phi_s)$$

$$= \frac{625}{150} - 25 \times (1 - \cos 28.662)$$

$$= 4.167 - 25 \times 1 - 0.877$$

$$= 4.167 - 3.063$$

$$\begin{aligned}
 &= 1.103 \\
 k &= L_s - \frac{L_s^2}{6 \times R_c} - R_c (\sin \Phi_s) \\
 &= 25 - \frac{625}{150} - 25 (\sin 28.662) \\
 &= 25 - 4.167 - 25 \times 0.480 \\
 &= 25 - 4.167 - 11.991 \\
 &= 8.842 \\
 T_s &= (R_c + p) \times \tan \frac{1}{2} \Delta + k \\
 &= (25 + 1.103) \times \tan \frac{1}{2} 74.767 + 8.842 \\
 &= 26.103 \times 0.764 + 8.842 \\
 &= 19.946 + 8.842 \\
 &= 28.788 \\
 E_s &= (R_c + p) \times \sec \frac{1}{2} \Delta - R_c \\
 &= (25 + 1.103) \times \sec \frac{1}{2} 74.767 - 25 \\
 &= 26.103 \times 1.259 - 25 \\
 &= 32.851 - 25 \\
 &= 7.851 \\
 L_c &= \frac{\Delta \times 2 \times \Phi_s}{180} \times \pi \times R_c \\
 &= \frac{74.767 \times 2 \times 28.662}{180} \times 3.14 \times 98 \\
 &= 0.097 \times 3.14 \times 25 \\
 &= 7.607
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$2L_s + L_c < 2T_s = 57.607 < 57.575 \text{ “NOT OK”}$$

Karena tidak masuk maka kecepatan untuk tikungan ini dikurangi menjadi 20 km/jam dan kemiringan diturunkan menjadi 8 % maka hasil perhitungan menjadi

$$LS = \frac{(em-en) Vr}{3.6 re}$$

$$LS = \frac{(0.08-0.02)20}{3.6 \cdot 0.0035}$$

$$LS = 9.524$$

Kontrol

$$2Ls + Lc < 2TS = 33.003 < 57.575 \text{ "OK"}$$

- **STA 16+609**

$$RC = 40$$

$$Ls = 5$$

$$\Delta = 62.830$$

$$xs = Ls \times 1 - \frac{Ls^2}{40 \times Rc^2}$$

$$= 5 \times 1 - \frac{5^2}{40 \times 40^2}$$

$$= 5 \times 1 - 0.0004$$

$$= 5 \times 0.9996$$

$$= 4.998$$

$$ys = \frac{Ls^2}{6 \times Rc}$$

$$= \frac{5^2}{6 \times 40}$$

$$= \frac{25}{240}$$

$$= 0.104$$

$$\Phi_s = \frac{90 \times Ls}{\pi \times Rc}$$

$$= \frac{125.60}{450}$$

$$= 3.583$$

$$p = \frac{Ls^2}{6 \times Rc} - Rc \times (1 - \cos \Phi_s)$$

$$= \frac{25}{240} - 40 \times (1 - \cos 3.583)$$

$$= 0.104 - 40 \times 1 - 0.998$$

$$= 0.104 - 0.078$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.026 \\
 k &= L_s - \frac{L_s^2}{6 \times R_c} - R_c (\sin \Phi_s) \\
 &= 5 - \frac{25}{240} - 40 (\sin 3.583) \\
 &= 5 - 0.104 - 40 \times 0.062 \\
 &= 5 - 0.104 - 2.5 \\
 &= 2.396
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_s &= (R_c + p) \times \tan \frac{1}{2} \Delta + k \\
 &= (40 + 0.026) \times \tan \frac{1}{2} 62.830 + 2.396 \\
 &= 40.026 \times 0.611 + 2.396 \\
 &= 24.446 + 2.396 \\
 &= 26.843
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_s &= (R_c + p) \times \sec \frac{1}{2} \Delta - R_c \\
 &= (40 + 0.026) \times \sec \frac{1}{2} 62.830 - 40 \\
 &= 40.026 \times 1.172 - 40 \\
 &= 46.901 - 40 \\
 &= 6.901
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_c &= \frac{\Delta \times 2 \times \Phi_s}{180} \times \pi \times R_c \\
 &= \frac{62.830 \times 2 \times 3.583}{180} \times 3.14 \times 98 \\
 &= 0.309 \times 3.14 \times 25 \\
 &= 38.842
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$2L_s + L_c < 2T_s = 48.842 < 53.685 \text{ "OK"}$$

- **STA 16+665**

$$R_c = 55$$

$$L_s = 15$$

$$\Delta = 41.120$$

$$x_s = L_s \times 1 - \frac{L_s^2}{40 \times R_c^2}$$

$$\begin{aligned}
&= 15 \times 1 - \frac{15^2}{40 \times 55^2} \\
&= 15 \times 1 - 0.002 \\
&= 15 \times 0.998 \\
&= 14.972 \\
y_s &= \frac{Ls^2}{6 \times Rc} \\
&= \frac{15^2}{225} \\
&= \frac{6 \times 55}{225} \\
&= \frac{330}{225} \\
&= 0.682 \\
\Phi_s &= \frac{90 \times Ls}{\pi \times Rc} \\
&= \frac{1350}{1350} \\
&= 172.70 \\
&= 7.817 \\
p &= \frac{Ls^2}{6 \times Rc} - Rc \times (1 - \cos \Phi_s) \\
&= \frac{225}{330} - 55 \times (1 - \cos 7.817) \\
&= 0.682 - 55 \times 1 - 0.991 \\
&= 0.682 - 0.511 \\
&= 0.171 \\
k &= Ls - \frac{Ls^2}{6 \times Rc} - Rc (\sin \Phi_s) \\
&= 15 - \frac{225}{330} - 55 (\sin 7.817) \\
&= 15 - 0.682 - 55 \times 0.136 \\
&= 15 - 0.682 - 7.41 \\
&= 6.838 \\
T_s &= (Rc + p) \times \tan^{1/2} \Delta + k \\
&= (55 + 0.171) \times \tan^{1/2} 41.120 + 6.838 \\
&= 55.171 \times 0.375 + 6.838 \\
&= 20.694 + 6.838 \\
&= 27.532
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_s &= (R_c + p) \times \sec \frac{1}{2} \Delta - R_c \\
 &= (55 + 0.171) \times \sec \frac{1}{2} 41.120 - 55 \\
 &= 55.171 \times 1.068 - 55 \\
 &= 58.924 - 55 \\
 &= 3.924
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_c &= \frac{\Delta \times 2 \times \Phi_s}{180} \times \pi \times R_c \\
 &= \frac{41.120 \times 2 \times 7.817}{180} \times 3.14 \times 55 \\
 &= 0.142 \times 3.14 \times 55 \\
 &= 24.453
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$2L_s + L_c < 2TS = 54.453 < 55.064 \text{ "OK"}$$

- **STA 16+719**

$$RC = 35$$

$$L_s = 10$$

$$\Delta = 38.998$$

$$\begin{aligned}
 x_s &= L_s \times 1 - \frac{L_s^2}{40 \times R_c^2} \\
 &= 10 \times 1 - \frac{10^2}{40 \times 35^2} \\
 &= 10 \times 1 - 0.002 \\
 &= 10 \times 0.998 \\
 &= 9.980
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_s &= \frac{L_s^2}{6 \times R_c} \\
 &= \frac{10^2}{6 \times 35} \\
 &= \frac{100}{210} \\
 &= 0.476
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Phi_s &= \frac{90 \times Ls}{\pi \times Rc} \\ &= \frac{900}{900} \\ &= 109.90 \\ &= 8.189\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}p &= \frac{Ls^2}{6 \times Rc} - Rc \times (1 - \cos \Phi_s) \\ &= \frac{100}{210} - 35 \times (1 - \cos 8.189) \\ &= 0.476 - 35 \times 1 - 0.990 \\ &= 0.476 - 0.357 \\ &= 0.119\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}k &= Ls - \frac{Ls^2}{6 \times Rc} - Rc (\sin \Phi_s) \\ &= 10 - \frac{100}{210} - 35 (\sin 8.189) \\ &= 10 - 0.476 - 35 \times 0.142 \\ &= 10 - 0.476 - 4.986 \\ &= 4.538\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Ts &= (Rc + p) \times \tan^{1/2} \Delta + k \\ &= (35 + 0.119) \times \tan^{1/2} 38.998 + 4.538 \\ &= 35.119 \times 0.354 + 4.538 \\ &= 12.436 + 4.538 \\ &= 16.974\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Es &= (Rc + p) \times \sec^{1/2} \Delta - Rc \\ &= (35 + 0.119) \times \sec^{1/2} 38.998 - 35 \\ &= 35.119 \times 1.061 - 35 \\ &= 37.256 - 35 \\ &= 2.256\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Lc &= \frac{\Delta \times 2 \times \Phi_s}{180} \times \pi \times Rc \\ &= \frac{38.998 \times 2 \times 8.189}{180} \times 3.14 \times 55 \\ &= 0.126 \times 3.14 \times 55\end{aligned}$$

$$= 13.810$$

Kontrol

$$2L_s + L_c < 2TS = 33.810 < 33.948 \text{ “OK”}$$

- **STA 16+719**

$$RC = 35$$

$$L_s = 10$$

$$\Delta = 38.998$$

$$\begin{aligned} x_s &= L_s \times 1 - \frac{L_s^2}{40 \times RC^2} \\ &= 10 \times 1 - \frac{10^2}{40 \times 35^2} \\ &= 10 \times 1 - 0.002 \\ &= 10 \times 0.998 \\ &= 9.980 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_s &= \frac{L_s^2}{6 \times RC} \\ &= \frac{10^2}{6 \times 35} \\ &= \frac{210}{100} \\ &= 0.476 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi_s &= \frac{90 \times L_s}{\pi \times RC} \\ &= \frac{90 \times 10}{\pi \times 35} \\ &= 8.189 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p &= \frac{L_s^2}{6 \times RC} - RC \times (1 - \cos \Phi_s) \\ &= \frac{100}{210} - 35 \times (1 - \cos 8.189) \\ &= 0.476 - 35 \times 1 - 0.990 \\ &= 0.476 - 0.357 \\ &= 0.119 \end{aligned}$$

$$k = L_s - \frac{L_s^2}{6 \times RC} - RC (\sin \Phi_s)$$

$$\begin{aligned}
 &= 10 - \frac{100}{210} - 35 (\sin 8.189) \\
 &= 10 - 0.476 - 35 \times 0.142 \\
 &= 10 - 0.476 - 4.986 \\
 &= 4.538
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_s &= (Rc + p) \times \tan \frac{1}{2} \Delta + k \\
 &= (35 + 0.119) \times \tan \frac{1}{2} 38.998 + 4.538 \\
 &= 35.119 \times 0.354 + 4.538 \\
 &= 12.436 + 4.538 \\
 &= 16.974
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_s &= (Rc + p) \times \sec \frac{1}{2} \Delta - Rc \\
 &= (35 + 0.119) \times \sec \frac{1}{2} 38.998 - 35 \\
 &= 35.119 \times 1.061 - 35 \\
 &= 37.256 - 35 \\
 &= 2.256
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_c &= \frac{\Delta \times 2 \times \phi_s}{180} \times \pi \times Rc \\
 &= \frac{38.998 \times 2 \times 8.189}{180} \times 3.14 \times 55 \\
 &= 0.126 \times 3.14 \times 55 \\
 &= 13.810
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$2L_s + L_c < 2T_s = 33.810 < 33.948 \text{ “OK”}$$

- **STA 16+760**

$$RC = 17$$

$$L_s = 10$$

$$\Delta = 83.696$$

$$\begin{aligned}
 x_s &= L_s \times 1 - \frac{L_s^2}{40 \times Rc^2} \\
 &= 10 \times 1 - \frac{10^2}{40 \times 17^2} \\
 &= 10 \times 1 - 0.009
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 10 \times 0.991 \\
&= 9.913 \\
y_s &= \frac{Ls^2}{6 \times Rc} \\
&= \frac{100}{102} \\
&= 0.980 \\
\Phi_s &= \frac{90 \times Ls}{\pi \times Rc} \\
&= \frac{53.38}{900} \\
&= 16.860 \\
p &= \frac{Ls^2}{6 \times Rc} - Rc \times (1 - \cos \Phi_s) \\
&= \frac{100}{102} - 17 \times (1 - \cos 16.860) \\
&= 0.980 - 17 \times 1 - 0.957 \\
&= 0.980 - 0.731 \\
&= 0.249 \\
k &= Ls - \frac{Ls^2}{6 \times Rc} - Rc (\sin \Phi_s) \\
&= 10 - \frac{100}{102} - 17 (\sin 16.860) \\
&= 10 - 0.980 - 17 \times 0.290 \\
&= 10 - 0.980 - 4.931 \\
&= 4.089 \\
T_s &= (Rc + p) \times \tan \frac{1}{2} \Delta + k \\
&= (17 + 0.249) \times \tan \frac{1}{2} 83.696 + 4.931 \\
&= 17.249 \times 0.896 + 4.931 \\
&= 15.449 + 4.931 \\
&= 19.538 \\
E_s &= (Rc + p) \times \sec \frac{1}{2} \Delta - Rc \\
&= (17 + 0.249) \times \sec \frac{1}{2} 83.696 - 17
\end{aligned}$$

$$= 17.249 \times 1.342 - 17$$

$$= 23.156 - 17$$

$$= 6.156$$

$$L_c = \frac{\Delta \times 2 \times \phi_s}{180} \times \pi \times R_c$$

$$= \frac{83.696 \times 2 \times 16.860}{180} \times 3.14 \times 17$$

$$= 0.278 \times 3.14 \times 17$$

$$= 14.820$$

Kontrol

$$2L_s + L_c < 2TS = 34.820 < 39.076 \text{ "OK"}$$

- **STA 16+873**

$$RC = 16$$

$$L_s = 15$$

$$\Delta = 127.722$$

$$x_s = L_s \times 1 - \frac{L_s^2}{40 \times R_c^2}$$

$$= 15 \times 1 - \frac{15^2}{40 \times 16^2}$$

$$= 15 \times 1 - 0.022$$

$$= 15 \times 0.978$$

$$= 14.670$$

$$y_s = \frac{L_s^2}{6 \times R_c}$$

$$= \frac{15^2}{6 \times 16}$$

$$= \frac{225}{96}$$

$$= 2.344$$

$$\Phi_s = \frac{90 \times L_s}{\pi \times R_c}$$

$$= \frac{1350}{96.08}$$

$$\begin{aligned}
 &= 26.871 \\
 p &= \frac{Ls^2}{6 \times Rc} - Rc \times (1 - \cos \Phi_s) \\
 &= \frac{225}{96} - 16 \times (1 - \cos 26.871) \\
 &= 2.344 - 16 \times 1 - 0.892 \\
 &= 2.344 - 1.728 \\
 &= 0.616 \\
 k &= Ls - \frac{Ls^2}{6 \times Rc} - Rc (\sin \Phi_s) \\
 &= 15 - \frac{225}{96} - 16 (\sin 26.871) \\
 &= 15 - 2.344 - 16 \times 0.452 \\
 &= 15 - 2.344 - 7.232 \\
 &= 5.425 \\
 Ts &= (Rc + p) \times \tan \frac{1}{2} \Delta + k \\
 &= (16 + 0.616) \times \tan \frac{1}{2} 127.722 + 5.425 \\
 &= 16.616 \times 2.038 + 5.425 \\
 &= 33.860 + 5.425 \\
 &= 39.824 \\
 Es &= (Rc + p) \times \sec \frac{1}{2} \Delta - Rc \\
 &= (16 + 0.616) \times \sec \frac{1}{2} 127.722 - 16 \\
 &= 16.616 \times 2.270 - 16 \\
 &= 37.717 - 16 \\
 &= 21.717 \\
 Lc &= \frac{\Delta \times 2 \times \Phi_s}{180} \times \pi \times Rc \\
 &= \frac{127.722 \times 2 \times 26.871}{180} \times 3.14 \times 16 \\
 &= 0.411 \times 3.14 \times 16 \\
 &= 20.649
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$2L_s + L_c < 2TS = 50.649 < 78.568 \text{ "OK"}$$

- **STA 16+984**

$$RC = 35$$

$$L_s = 10$$

$$\Delta = 46.190$$

$$\begin{aligned} x_s &= L_s \times 1 - \frac{L_s^2}{40 \times RC^2} \\ &= 10 \times 1 - \frac{10^2}{40 \times 35^2} \\ &= 10 \times 1 - 0.002 \\ &= 10 \times 0.998 \\ &= 9.980 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_s &= \frac{L_s^2}{6 \times RC} \\ &= \frac{10^2}{6 \times 35} \\ &= \frac{100}{210} \\ &= 0.476 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi_s &= \frac{90 \times L_s}{\pi \times RC} \\ &= \frac{90 \times 10}{900} \\ &= 109.90 \\ &= 8.189 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p &= \frac{L_s^2}{6 \times RC} - RC \times (1 - \cos \Phi_s) \\ &= \frac{100}{210} - 35 \times (1 - \cos 8.189) \\ &= 0.476 - 35 \times 1 - 0.990 \\ &= 0.476 - 0.357 \\ &= 0.119 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k &= L_s - \frac{L_s^2}{6 \times RC} - RC (\sin \Phi_s) \\ &= 10 - \frac{100}{210} - 35 (\sin 8.189) \\ &= 10 - 0.476 - 35 \times 0.142 \end{aligned}$$

$$= 10 - 0.476 - 4.986$$

$$= 4.538$$

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

$$= (35 + 0.119) \times \tan \frac{1}{2} 46.190 + 4.538$$

$$= 35.119 \times 0.476 + 4.538$$

$$= 14.976 + 4.538$$

$$= 18.514$$

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

$$= (35 + 0.119) \times \sec \frac{1}{2} 46.190 - 35$$

$$= 35.119 \times 1.087 - 35$$

$$= 38.179 - 35$$

$$= 3.179$$

$$L_c = \frac{\Delta \times 2 \times \Phi_s}{180} \times \pi \times R_c$$

$$= \frac{46.190 \times 2 \times 8.189}{180} \times 3.14 \times 55$$

$$= 0.166 \times 3.14 \times 55$$

$$= 18.201$$

Kontrol

$$2L_s + L_c < 2T_s = 38.201 < 39.028 \text{ “OK”}$$

Perhitungan Spiral – Spiral

- **STA 14+070**

$$R_c = 13$$

$$L_s = 24.282$$

$$\Delta = 106.978$$

$$\Phi_s = 53.4$$

$$L_s = \frac{\Phi_s \times \pi \times R_c}{90}$$

$$= \frac{53.4 \times 3.14 \times 13}{90}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{2179.788}{90} \\
 &= 24.220 \\
 p &= \frac{Ls^2}{6 \times Rc} - Rc \times (1 - \cos \Phi_s) \\
 &= \frac{589.616}{78} - 13 \times (1 - \cos 53.4) \\
 &= 7.559 - 13 \times 1 - 0.595 \\
 &= 7.521 - 5.265 \\
 &= 2.294 \\
 k &= Ls - \frac{Ls^2}{6 \times Rc} - Rc (\sin \Phi_s) \\
 &= 24.282 - \frac{589.616}{78} - 13 (\sin 53.4) \\
 &= 24.282 - 7.559 - 13 \times 0.142 \\
 &= 24.282 - 7.559 - 0.804 \\
 &= 6.274 \\
 Ts &= (Rc + p) \times \tan^{1/2} \Delta + k \\
 &= (13 + 2.294) \times \tan^{1/2} 53.4 + 6.274 \\
 &= 15.294 \times 1.351 + 6.274 \\
 &= 20.660 + 6.274 \\
 &= 26.934 \\
 Es &= (Rc + p) \times \sec^{1/2} \Delta - Rc \\
 &= (13 + 2.294) \times \sec^{1/2} 53.4 - 13 \\
 &= 15.294 \times 1.681 - 13 \\
 &= 25.705 - 13 \\
 &= 12.705
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$2Ls < 2Ts = 48.440 < 53.869 \text{ “OK”}$$

- **STA 14+538**
- RC = 90
- Ls = 23.797
- Δ = 15.144

$$\Phi_s = 7.6$$

$$L_s = \frac{\Phi_s \times \pi \times R_c}{90}$$

$$= \frac{7.6 \times 3.14 \times 90}{90}$$

$$= \frac{2147.760}{90}$$

$$= 23.864$$

$$p = p' \times L_s$$

$$= 0.011 \times 23.864$$

$$= 0.263$$

$$k = k' \times L_s$$

$$= 0.500 \times 23.864$$

$$= 11.925$$

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

$$= (90 + 0.263) \times \tan \frac{1}{2} 15.144 + 11.925$$

$$= 90.263 \times 0.133 + 11.925$$

$$= 12.016 + 11.925$$

$$= 23.941$$

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

$$= (90 + 0.263) \times \sec \frac{1}{2} 15.144 - 90$$

$$= 90.263 \times 1.009 - 13$$

$$= 91.057 - 75$$

$$= 16.057$$

Kontrol

$$2L_s < 2T_s = 47.728 < 47.882 \text{ "OK"}$$

- **STA 14+685**

$$R_c = 50$$

$$L_s = 27.351$$

$$\Delta = 31.300$$

$$\Phi_s = 15.7$$

$$L_s = \frac{\Phi_s \times \pi \times R_c}{90}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{15.7 \times 3.14 \times 50}{90} \\
 &= \frac{2464.900}{90} \\
 &= 27.388 \\
 p &= p' \times L_s \\
 &= 0.023 \times 27.388 \\
 &= 0.632 \\
 k &= k' \times L_s \\
 &= 0.499 \times 27,388 \\
 &= 13.660 \\
 T_s &= (R_c + p) \times \tan \frac{1}{2} \Delta + k \\
 &= (50 + 0.632) \times \tan \frac{1}{2} 31.300 + 13.660 \\
 &= 50.632 \times 0.280 + 13.660 \\
 &= 14.277 + 13.660 \\
 &= 27.937 \\
 E_s &= (R_c + p) \times \sec \frac{1}{2} \Delta - R_c \\
 &= (50 + 0.632) \times \sec \frac{1}{2} 31.300 - 50 \\
 &= 50.632 \times 1.039 - 50 \\
 &= 52.585 - 50 \\
 &= 2.585
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$2L_s < 2T_s = 54.776 < 55.874 \text{ "OK"}$$

- **STA 14+777**

$$R_c = 16$$

$$L_s = 20.290$$

$$\Delta = 72.630$$

$$\Phi_s = 36.3$$

$$\begin{aligned}
 L_s &= \frac{\Phi_s \times \pi \times R_c}{90} \\
 &= \frac{36.3 \times 3.14 \times 16}{90}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1823.712}{90} \\
 &= 20.263 \\
 p &= p' \times L_s \\
 &= 0.059 \times 20.263 \\
 &= 1.189 \\
 k &= k' \times L_s \\
 &= 0.493 \times 20.263 \\
 &= 9.981 \\
 T_s &= (R_c + p) \times \tan \frac{1}{2} \Delta + k \\
 &= (16 + 1.189) \times \tan \frac{1}{2} 72.630 + 9.981 \\
 &= 17.189 \times 0.735 + 9.981 \\
 &= 13.174 + 9.981 \\
 &= 23.155 \\
 E_s &= (R_c + p) \times \sec \frac{1}{2} \Delta - R_c \\
 &= (16 + 1.189) \times \sec \frac{1}{2} 72.630 - 16 \\
 &= 17.189 \times 1.241 - 16 \\
 &= 21.333 - 16 \\
 &= 5.333
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$2L_s < 2T_s = 40.527 < 46.309 \text{ “OK”}$$

- **STA 14+945**

$$\begin{aligned}
 R_c &= 23 \\
 L_s &= 26.996 \\
 \Delta &= 67.224 \\
 \Phi_s &= 33.6 \\
 L_s &= \frac{\Phi_s \times \pi \times R_c}{90} \\
 &= \frac{33.6 \times 3.14 \times 23}{90} \\
 &= \frac{2426.592}{90} \\
 &= 26.962
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 p &= p' \times L_s \\
 &= 0.053 \times 26.962 \\
 &= 1.432
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 k &= k' \times L_s \\
 &= 0.494 \times 26,962 \\
 &= 13.314
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_s &= (R_c + p) \times \tan^{1/2} \Delta + k \\
 &= (23 + 1.432) \times \tan^{1/2} 67.224 + 13.314 \\
 &= 24.432 \times 0.665 + 13.314 \\
 &= 16.682 + 13.314 \\
 &= 29.996
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_s &= (R_c + p) \times \sec^{1/2} \Delta - R_c \\
 &= (23 + 1.432) \times \sec^{1/2} 67.224 - 23 \\
 &= 24.432 \times 1.201 - 23 \\
 &= 29.337 - 23 \\
 &= 6.337
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$2L_s < 2T_s = 53.924 < 59.992 \text{ “OK”}$$

- **STA 15+494**

$$R_c = 35$$

$$L_s = 23.937$$

$$\Delta = 39.17$$

$$\Phi_s = 19.5$$

$$\begin{aligned}
 L_s &= \frac{\Phi_s \times \pi \times R_c}{90} \\
 &= \frac{19.5 \times 3.14 \times 35}{90} \\
 &= \frac{2143.050}{90} \\
 &= 23.812
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 p &= p' \times L_s \\
 &= 0.029 \times 26.962 \\
 &= 1.432
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 k &= k' \times L_s \\
 &= 0.494 \times 26,962 \\
 &= 13.314
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_s &= (R_c + p) \times \tan \frac{1}{2} \Delta + k \\
 &= (23 + 1.432) \times \tan \frac{1}{2} 67.224 + 13.314 \\
 &= 24.432 \times 0.665 + 13.314 \\
 &= 16.682 + 13.314 \\
 &= 29.996
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_s &= (R_c + p) \times \sec \frac{1}{2} \Delta - R_c \\
 &= (23 + 1.432) \times \sec \frac{1}{2} 67.224 - 23 \\
 &= 24.432 \times 1.201 - 23 \\
 &= 29.337 - 23 \\
 &= 6.337
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$2L_s < 2T_s = 53.924 < 59.992 \text{ "OK"}$$

- **STA 15+973**

$$R_c = 40$$

$$L_s = 20.002$$

$$\Delta = 28.639$$

$$\Phi_s = 14.3$$

$$\begin{aligned}
 L_s &= \frac{\Phi_s \times \pi \times R_c}{90} \\
 &= \frac{14.3 \times 3.14 \times 40}{90} \\
 &= \frac{1796.080}{90} \\
 &= 19.956
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 p &= p' \times L_s \\
 &= 0.022 \times 19.956 \\
 &= 0.430
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 k &= k' \times L_s \\
 &= 0.499 \times 19,956 \\
 &= 9.956
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_s &= (Rc + p) \times \tan \frac{1}{2} \Delta + k \\
 &= (40 + 0.430) \times \tan \frac{1}{2} 20.002 + 9.956 \\
 &= 40.430 \times 0.255 + 9.956 \\
 &= 10.385 + 9.956 \\
 &= 20.342
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_s &= (Rc + p) \times \sec \frac{1}{2} \Delta - Rc \\
 &= (40 + 0.430) \times \sec \frac{1}{2} 20.002 - 40 \\
 &= 40.430 \times 1.032 - 40 \\
 &= 41.726 - 40 \\
 &= 1.726
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$2L_s < 2T_s = 39.913 < 40.683 \text{ “OK”}$$

- **STA 16+180**

$$RC = 75$$

$$L_s = 40.720$$

$$\Delta = 31.095$$

$$\Phi_s = 15.5$$

$$\begin{aligned}
 L_s &= \frac{\Phi_s \times \pi \times Rc}{90} \\
 &= \frac{15.5 \times 3.14 \times 75}{90} \\
 &= \frac{3650.250}{90}
 \end{aligned}$$

$$= 40.558$$

$$\begin{aligned}
 p &= p' \times L_s \\
 &= 0.023 \times 40.558 \\
 &= 0.936
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 k &= k' \times L_s \\
 &= 0.499 \times 40,558 \\
 &= 20.229
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_s &= (Rc + p) \times \tan \frac{1}{2} \Delta + k \\
 &= (75 + 0.936) \times \tan \frac{1}{2} 31.095 + 20.229
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 75.936 \times 0.278 + 20.229 \\
 &= 21.204 + 20.299 \\
 &= 41.433
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_s &= (R_c + p) \times \sec \frac{1}{2} \Delta - R_c \\
 &= (75 + 0.936) \times \sec \frac{1}{2} 31.095 - 75 \\
 &= 75.936 \times 1.038 - 75 \\
 &= 78.820 - 75 \\
 &= 3.820
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$2L_s < 2T_s = 81.117 < 82.866 \text{ “OK”}$$

- **STA 16+410**

$$R_c = 75$$

$$L_s = 21.008$$

$$\Delta = 16.043$$

$$\Phi_s = 8$$

$$\begin{aligned}
 L_s &= \frac{\Phi_s \times \pi \times R_c}{90} \\
 &= \frac{8 \times 3.14 \times 75}{90} \\
 &= \frac{1884}{90} \\
 &= 20.933
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 p &= p' \times L_s \\
 &= 0.012 \times 20.933 \\
 &= 0.246
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 k &= k' \times L_s \\
 &= 0.500 \times 20.933 \\
 &= 10.460
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_s &= (R_c + p) \times \tan \frac{1}{2} \Delta + k \\
 &= (75 + 0.246) \times \tan \frac{1}{2} 16.043 + 10.460 \\
 &= 75.246 \times 0.141 + 10.460 \\
 &= 10.623 + 10.460 \\
 &= 21.083
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_s &= (Rc + p) \times \sec \frac{1}{2} \Delta - Rc \\
 &= (75 + 0.246) \times \sec \frac{1}{2} 16.043 - 75 \\
 &= 75.246 \times 1.010 - 75 \\
 &= 75.990 - 75 \\
 &= 0.990
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$2L_s < 2T_s = 41.867 < 42.166 \text{ “OK”}$$

- **STA 16+480**

$$RC = 65$$

$$L_s = 35.595$$

$$\Delta = 34.888$$

$$\Phi_s = 17.4$$

$$\begin{aligned}
 L_s &= \frac{\Phi_s \times \pi \times Rc}{90} \\
 &= \frac{17.4 \times 3.14 \times 65}{90} \\
 &= \frac{3551.340}{90}
 \end{aligned}$$

$$= 39.459$$

$$\begin{aligned}
 p &= p' \times L_s \\
 &= 0.012 \times 39.459 \\
 &= 1.033
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 k &= k' \times L_s \\
 &= 0.498 \times 39.459 \\
 &= 19.667
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_s &= (Rc + p) \times \tan \frac{1}{2} \Delta + k \\
 &= (65 + 1.033) \times \tan \frac{1}{2} 34.888 + 19.667 \\
 &= 66.033 \times 0.314 + 19.667 \\
 &= 20.848 + 19.667 \\
 &= 40.514
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_s &= (Rc + p) \times \sec \frac{1}{2} \Delta - Rc \\
 &= (65 + 1.033) \times \sec \frac{1}{2} 34.888 - 65
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 66.033 \times 1.048 - 65 \\
 &= 69.217 - 65 \\
 &= 4.217
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$2L_s < 2T_s = 78.919 < 81.029 \text{ “OK”}$$

- **STA 16+930**

$$R_c = 30$$

$$L_s = 25.600$$

$$\Delta = 48.873$$

$$\Phi_s = 24.4$$

$$\begin{aligned}
 L_s &= \frac{\Phi_s \times \pi \times R_c}{90} \\
 &= \frac{24.4 \times 3.14 \times 30}{90} \\
 &= \frac{2298.480}{90}
 \end{aligned}$$

$$= 25.539$$

$$\begin{aligned}
 p &= p' \times L_s \\
 &= 0.037 \times 25.539 \\
 &= 0.956
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 k &= k' \times L_s \\
 &= 0.499 \times 25.539 \\
 &= 12.734
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_s &= (R_c + p) \times \tan \frac{1}{2} \Delta + k \\
 &= (30 + 0.956) \times \tan \frac{1}{2} 48.873 + 12.734 \\
 &= 30.956 \times 0.454 + 12.734 \\
 &= 14.273 + 12.734 \\
 &= 27.006
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_s &= (R_c + p) \times \sec \frac{1}{2} \Delta - R_c \\
 &= (30 + 0.956) \times \sec \frac{1}{2} 48.873 - 30 \\
 &= 30.956 \times 1.098 - 30 \\
 &= 34.002 - 30
 \end{aligned}$$

$$= 4.002$$

Kontrol

$$2L_s < 2T_s = 51.077 < 54.013 \text{ “OK”}$$

5.3.2 Alinyemen Vertikal

Perhitungan alinyemen vertikal merupakan perpotongan pada bidang vertikal dengan bidang permukaan jalan melalui sumbu jalan. Alinyemen vertikal kelandaian diasumsikan bernilai positif(+) jika pendakian dan negative(-) jika penurunan. Dalam perencanaan ruas jalan Pacing-Gondang STA2+000-STA5+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

1. Alinyemen Vertikal Cembung

➤ STA 14+250

$$\begin{aligned} g_1 &= 15.158\% \\ g_2 &= 7.813.158\% \\ V_I &= 40 \text{ km/jam} \\ J_h &= 40 \text{ m} \\ h_1 &= 1.05 \text{ m} \\ h_2 &= 0.15 \text{ m} \\ J_d &= 200 \text{ m} \\ h_1 &= 1.05 \text{ m} \\ h_2 &= 1.05 \text{ m} \end{aligned}$$

➤ Perhitungan perbedaan kelandaian (A)

$$A = g_1 - g_2$$

$$= 15.158 \% - 7.813 \%$$

$$= 7.345\%$$

➤ Panjang Lengkung Vertikal (L_v)

a) Berdasarkan Jarak Pandang Henti

1) $S < L$

$$\begin{aligned} L &= \frac{AS^2}{200 + \sqrt{(h_1 + h_2)^2}} \\ &= \frac{7.345 \times 40^2}{200 + \sqrt{(1.05 + 0.15)^2}} \\ &= \frac{11752}{234.939} \\ &= 50.02 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

2) $S > L$

$$\begin{aligned} L &= 2s - \frac{200 + \sqrt{(h_1 + h_2)^2}}{A} \\ &= 80 - \frac{200 + \sqrt{(1.05 + 0.15)^2}}{7.345} \\ &= 80 - 31.986 \\ &= 48.014 \text{ (NOT OK)} \end{aligned}$$

b) Berdasarkan Jarak Pandang Mendahului

1) $S < L$

$$\begin{aligned} L &= \frac{AS^2}{200 + \sqrt{(h_1 + h_2)^2}} \\ &= \frac{7.345 \times 40^2}{200 + \sqrt{(1.05 + 1.05)^2}} \\ &= \frac{11752}{414.939} \\ &= 28.02 \text{ (NOT OK)} \end{aligned}$$

2) $S > L$

$$\begin{aligned} L &= 2s - \frac{200 + \sqrt{(h_1 + h_2)^2}}{A} \\ &= 80 - \frac{200 + \sqrt{(1.05 + 1.05)^2}}{7.345} \end{aligned}$$

$$= 80 - 56.493$$

$$= 23.507 \text{ (OK)}$$

c) Berdasarkan Kenyamanan

$$\begin{aligned} L &= \frac{A x V^2}{390} \\ &= \frac{7.345 x 40^2}{390} \\ &= 30.133 \text{ m} \end{aligned}$$

d) Berdasarkan Drainase

$$\begin{aligned} L &= 40 x A \\ &= 40 x 7.345 \\ &= 293.800 \text{ m} \end{aligned}$$

e) Berdasarkan Keluwesan

$$\begin{aligned} L &= 0.6 x V \\ &= 0.6 x 40 \\ &= 24 \text{ m} \end{aligned}$$

f) Pergeseran vertical

$$\begin{aligned} L &= \frac{A x L (\text{keluwesan})}{800} \\ &= \frac{7.345 x 24}{800} \\ &= 0.220 \text{ m} \end{aligned}$$

g) L akhir = **24 m**

➤ Elevasi dan STA PLV

$$\begin{aligned} \text{Elevasi PLV} &= \text{elevasi PPV} - \frac{1}{2} x L x g_1 \\ &= 694.138 - 12 x \left(\frac{15.16}{100}\right) \\ &= 692.319 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{STA} &= \text{STA PPV Ren.} - \frac{1}{2} L \\ &= 14+250 - 12 \\ &= 14+238 \end{aligned}$$

➤ Elevasi $\frac{1}{4} L$

$$y' = \frac{A x \frac{1}{4} L^2}{200 x L}$$

- $$= \frac{7.35}{200 \times 24} \times 36$$
- $$= 0.05508$$
- Elevasi = Elevasi PPV Ren. - $Lxg1xy'$
- $$= 694.138 - 24 \times 0.1516 \times 0.05508$$
- $$= 694.038$$
- Elevasi PPV
- Elevasi = Elevasi rencana - Ev
- $$= 694.138 - 0.100$$
- $$= 694.38$$
- Elevasi $\frac{3}{4} L$
- $$y' = \frac{A \times \frac{3}{4} L^2}{200 \times L}$$
- $$= \frac{0.0734}{200 \times 24} \times 324$$
- $$= 0.49579$$
- Elevasi = Elevasi PPV Ren. - $Lxg1xy'$
- $$= 694.138 - 24 \times 0.0734 \times 0.49579$$
- $$= 693.236$$
- Elevasi dan STA PTV
- Elevasi PPV = Elevasi Ren. PPV - $\frac{1}{2}L \times g2$
- $$= 694.138 - 12 \times 0.0781$$
- $$= 694.200$$
- STA = STA PPV + $\frac{1}{2} \times L$
- $$= 14 + 250 + 12$$
- $$= 14 + 262$$
- STA 14+450
- g1 = 12.093%
- g2 = 8.283%
- Vr = 40 km/jam
- Jh = 40 m
- h1 = 1.05 m
- h2 = 0.15 m
- Jd = 200 m
- h1 = 1.05 m

$$h_2 = 1.05 \text{ m}$$

- Perhitungan perbedaan kelandaian (A)

$$\begin{aligned} A &= g_1 - g_2 \\ &= 12.093 \% - 8.283 \% \\ &= 3.810\% \end{aligned}$$

- Panjang Lengkung Vertikal (Lv)

- a) Berdasarkan Jarak Pandang Henti

- 1) $S < L$

$$\begin{aligned} L &= \frac{AS^2}{200 + \sqrt{(h_1 + h_2)^2}} \\ &= \frac{3.810 \times 40^2}{200 + \sqrt{(1.05 + 0.15)^2}} \\ &= \frac{6096}{234.939} \\ &= 25.95 \text{ (NOT OK)} \end{aligned}$$

- 2) $S > L$

$$\begin{aligned} L &= 2s - \frac{200 + \sqrt{(h_1 + h_2)^2}}{A} \\ &= 80 - \frac{200 + \sqrt{(1.05 + 0.15)^2}}{3.810} \\ &= 80 - 61.764 \\ &= 18.336 \text{ (NOT OK)} \end{aligned}$$

- b) Berdasarkan Jarak Pandang Mendahului

- 1) $S < L$

$$\begin{aligned} L &= \frac{AS^2}{200 + \sqrt{(h_1 + h_2)^2}} \\ &= \frac{3.810 \times 40^2}{200 + \sqrt{(1.05 + 1.05)^2}} \\ &= \frac{6096}{414.939} \\ &= 14.69 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

- 2) $S > L$

$$\begin{aligned}
 L &= 2s - \frac{200 + \sqrt{(h_1 + h_2)^2}}{A} \\
 &= 80 - \frac{200 + \sqrt{(1.05 + 1.05)^2}}{3.810} \\
 &= 80 - 109 \\
 &= -28.908 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

c) Berdasarkan Kenyamanan

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{A \times V^2}{390} \\
 &= \frac{3.810 \times 40^2}{390} \\
 &= 15.631 \text{ m}
 \end{aligned}$$

d) Berdasarkan Drainase

$$\begin{aligned}
 L &= 40 \times A \\
 &= 40 \times 3.810 \\
 &= 152.400 \text{ m}
 \end{aligned}$$

e) Berdasarkan Keluwesan

$$\begin{aligned}
 L &= 0.6 \times V \\
 &= 0.6 \times 40 \\
 &= 24 \text{ m}
 \end{aligned}$$

f) Pergeseran Vertikal

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{A \times L(\text{keluwesan})}{800} \\
 &= \frac{3.810 \times 24}{800} \\
 &= 0.114
 \end{aligned}$$

g) L akhir = **24 m**

➤ Elevasi dan STA PLV

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi PLV} &= \text{elevasi PPV} - \frac{1}{2} \times L \times g_1 \\
 &= 716.580 - 12 \times \left(\frac{12.09}{100} \right) \\
 &= 715.129
 \end{aligned}$$

$$\text{STA} = \text{STA PPV Ren.} - \frac{1}{2} L$$

$$= 14+450 - 12$$

$$= 14+438$$

➤ Elevasi $\frac{1}{4}$ L

$$y' = \frac{A x \frac{1}{4} L^2}{\frac{200 x L}{3.81 x 36}}$$

$$= \frac{200 x 24}{200 x 24}$$

$$= 0.02857$$

$$\text{Elevasi} = \text{Elevasi PPV Ren.} - Lxg1xy'$$

$$= 716.580 - 24x0.1209x0.02857$$

$$= 716.539$$

➤ Elevasi PPV

$$\text{Elevasi} = \text{Elevasi rencana} - Ev$$

$$= 716.580 - 0.114$$

$$= 716.466$$

➤ Elevasi $\frac{3}{4}$ L

$$y' = \frac{A x \frac{3}{4} L^2}{\frac{200 x L}{0.1209 x x 324}}$$

$$= \frac{200 x 24}{200 x 24}$$

$$= 0.25717$$

$$\text{Elevasi} = \text{Elevasi PPV Ren.} + Lxg1xy'$$

$$= 716.580 - 24x0.1209x0.25717$$

$$= 716.207$$

➤ Elevasi dan STA PTV

$$\text{Elevasi PPV} = \text{Elevasi Ren. PPV} + \frac{1}{2}L x g2$$

$$= 716.580 + 12 x 0.0828$$

$$= 715.586$$

$$\text{STA} = \text{STA PPV} + \frac{1}{2} x L$$

$$= 14+450 + 12$$

$$= 14+462$$

2. Alinyemen Vertikal Cekung

➤ **STA 14+050**

a) Berdasarkan Jarak Penyinaran Lampu $S < L$

$$L = \frac{A x s^2}{150 + 3.5 x s}$$

$$= \frac{7.998 \times 40^2}{150 + 3.5 \times 40}$$

$$= 44.1 \text{ (OK)}$$

b) Berdasarkan Jarak Penyinaran Lampu $S > L$

$$L = 2 \times s - \frac{150 + 3.5 \times s}{A}$$

$$= 2 \times s - \frac{150 + 3.5 \times 40}{7.998}$$

$$= 43.7 \text{ (NOT OK)}$$

c) Berdasarkan Kenyamanan

$$L = \frac{A \times V^2}{390}$$

$$= \frac{7.998 \times 40^2}{390}$$

$$= 32.072 \text{ m}$$

d) Berdasarkan Drainase

$$L = 40 \times A$$

$$= 40 \times 7.998$$

$$= 319.920 \text{ m}$$

e) Berdasarkan Keluwesan

$$L = 0.6 \times V$$

$$= 0.6 \times 40$$

$$= 24 \text{ m}$$

f) Pergeseran Vertikal

$$L = \frac{A \times L(\text{keluwesan})}{800}$$

$$= \frac{7.998 \times 24}{800}$$

$$= 0.2399$$

g) L akhir = **24 m**

Untuk hasil perhitungan alinyemen vertical cekung dan cembung berikutnya dapat dilihat pada tabel 5.4 – 5.7

Tabel 5.4 Rekapitulasi Perhitungan Alinyemen Vertikal 1

Parameter	PVI - 94	PVI - 96	PVI - 98	PVI - 102	PVI - 104	PVI - 107
	14+050	14+300	14+500	14+950	15+150	15+550
Jenis Lengkung	Cekung	Cekung	Cekung	Cekung	Cekung	Cekung
V (km/jam)	40	40	40	40	40	40
J _h (tabel)	40	40	40	40	40	40
J _d (tabel)	200	200	200	200	200	200
g ₁ (%)	7.16	7.813	8.283	-7.032	9.626	3.352
g ₂ (%)	15.158	12.093	12.428	4.073	11.906	5.7
A	7.998	4.280	4.145	11.105	2.280	2.348
L (Penyinaran)	44.127	12.243	22.869	61.269	12.579	12.954
L (Jd)	380.857	203.810	197.381	528.810	108.571	111.810
L (kenyamanan)	32.812	17.559	17.005	45.559	9.354	9.633
L (drainase)	319.920	171.200	165.800	444.200	91.200	93.920
L (keluwesan)	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000
L akhir	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000
L pergeseran	0.23994	0.1284	0.12435	0.33315	0.0684	0.07044

Tabel 5.5 Rekapitulasi Perhitungan Alinyemen Vertikal 2

Parameter	PVI - 108	PVI - 109	PVI - 111	PVI - 113	PVI - 115	PVI - 118
	15+600	15+700	15+900	16+125	16+350	16+600
Jenis Lengkung	Cekung	Cekung	Cekung	Cekung	Cekung	Cekung
V (km/jam)	40	40	40	40	40	40
J _h (tabel)	40	40	40	40	40	40
J _d (tabel)	200	200	200	200	200	200
g ₁ (%)	5.7	8.324	3.45	-4.792	-6.781	-10.095
g ₂ (%)	8.324	12.783	6.782	5.664	-0.547	-4.941
A	2.624	4.459	3.332	10.456	6.234	5.154
L (Penyinaran)	-30.518	24.601	18.383	57.688	34.394	28.436
L (Jd)	124.952	212.333	158.667	497.905	296.857	245.429
L (kenyamanan)	10.765	18.293	13.670	42.896	25.575	21.145
L (drainase)	104.960	178.360	133.280	418.240	249.360	206.160
L (keluwesan)	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000
L akhir	24.000	24.000	24.000	24.000	25.575	24.000
L pergeseran	0.07872	0.13377	0.09996	0.31368	0.18702	0.15462

Tabel 5.6 Rekapitulasi Perhitungan Alinyemen Vertikal 3

Parameter	PVI - 95	PVI - 97	PVI - 99	PVI - 100	PVI - 101	PVI - 105	PVI - 106
	14+250	14+450	14+550	14+670	14+870	15+250	15+440
Jenis Lengkung	Cembung	Cembung	Cembung	Cembung	Cembung	Cembung	Cembung
V (km/jam)	40	40	40	40	40	40	40
J _h (tabel)	40	40	40	40	40	40	40
J _d (tabel)	200	200	200	200	200	200	200
g ₁ (%)	15.158	12.093	12.428	8.947	1.136	11.906	11.227
g ₂ (%)	7.813	8.283	8.947	1.136	-7.032	11.227	3.352
A	7.345	3.810	3.481	7.811	8.168	0.679	7.875
L (jarak mendahului)	23.507	14.691	13.423	30.119	31.496	2.618	30.366
L (Jarak henti)	50.021	18.336	23.707	53.195	55.626	4.624	30.366
L (J _d)	349.762	181.429	165.762	371.952	388.952	32.333	375.000
L (kenyamanan)	30.133	15.631	14.281	32.045	33.510	2.786	32.308
L (drainase)	293.800	152.400	139.240	312.440	326.720	27.160	315.000
L (keluwesan)	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000
L akhir	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000
Pergeseran Vertikal	0.22035	0.1143	0.10443	0.23433	0.24504	0.02037	0.23625

Tabel 5.7 Rekapitulasi Perhitungan Alinyemen Vertikal 4

Parameter	PVI - 110	PVI - 112	PVI - 114	PVI - 116	PVI - 117	PVI - 119
	15+850	15+960	16+230	16+400	16+500	16+975
Jenis Lengkung	Cembung	Cembung	Cembung	Cembung	Cembung	Cembung
V (km/jam)	40	40	40	40	40	40
J _h (tabel)	40	40	40	40	40	40
J _d (tabel)	200	200	200	200	200	200
g ₁ (%)	12.783	6.782	5.664	-0.547	-3.283	-4.941
g ₂ (%)	3.45	-4.792	-6.781	-3.283	-10.095	-9.042
A	9.333	11.574	12.445	2.736	6.812	4.101
L (Jarak mendahului)	35.988	44.629	47.988	10.550	26.267	15.813
L (Jarak henti)	3.460	59.701	84.754	18.633	46.392	27.929
L (J _d)	444.429	551.143	592.619	130.286	324.381	195.286
L (kenyamanan)	38.289	47.483	51.056	11.225	27.947	16.825
L (drainase)	373.320	462.960	497.800	109.440	272.480	164.040
L (keluwesan)	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000
L akhir	24.000	24.000	24.000	24.000	27.947	24.000
Pergeseran Vertikal	0.27999	0.34722	0.37335	0.08208	0.20436	0.12303

Tabel 5.8 Rekapitulasi Perhitungan Alinyemen Vertikal 5

No	STA	Kelandaian(%)	Alinyemen Vertikal	Elevasi PPV	STA PPV	Elevasi PLV	STA PLV	Elevasi PTV	STA PTV
1	14+050	7.998	Cekung	663.806	14+050	664.613	14+038	664.201	14+062
2	14+300	4.28	Cekung	697.622	14+300	698.532	14+288	698.688	14+312
3	14+500	4.145	Cekung	719.841	14+500	720.804	14+488	720.557	14+512
4	14+950	11.105	Cekung	735.543	14+950	734.769	14+938	735.332	14+962
5	15+150	2.28	Cekung	749.799	15+150	750.858	15+138	750.954	15+162
6	15+550	2.348	Cekung	787.356	15+550	787.751	15+538	787.758	15+562
7	15+600	2.624	Cekung	789.936	15+600	790.607	15+588	790.62	15+612
8	15+700	4.459	Cekung	798.168	15+700	799.134	15+688	799.167	15+712
9	15+900	3.332	Cekung	819.461	15+900	819.865	15+888	819.875	15+912
10	16+125	10.456	Cekung	821.552	16+125	821.022	16+113	820.977	16+137
11	16+350	6.234	Cekung	815.134	16+350	814.358	16+338	814.32	16+362
12	16+600	5.154	Cekung	802.253	16+600	801.089	16+588	801.042	16+612

Tabel 5.9 Rekapitulasi Perhitungan Alinyemen Vertikal 6

No	STA	Kelandaian(%)	Alinyemen	Elevasi PPV	STA PPV	Elevasi PLV	STA PLV	Elevasi PTV	STA PTV
1	14+250	7.345	Cembung	692.319	14+250	694.038	14+238	693.236	14+262
2	14+450	3.81	Cembung	715.129	14+450	716.539	14+438	716.207	14+462
3	14+550	3.481	Cembung	725.215	14+550	726.667	14+538	726.356	14+562
4	14+670	7.811	Cembung	735.598	14+670	736.609	14+658	736.106	14+682
5	14+870	8.168	Cembung	738.208	14+870	738.336	14+858	738.269	14+892
6	15+250	0.679	Cembung	761.102	15+250	762.524	15+238	762.466	15+262
7	15+440	7.875	Cembung	779.985	15+440	781.252	15+428	780.616	15+452
8	15+850	9.333	Cembung	816.046	15+850	817.473	15+838	816.614	15+862
9	15+960	11.574	Cembung	739.283	15+960	820.667	15+938	757.086	15+978
10	16+230	12.445	Cembung	751.477	16+230	813.101	16+218	762.349	16+242
11	16+400	2.736	Cembung	820.334	16+400	813.905	16+388	814.982	15+452
12	16+500	6.812	Cembung	849.876	16+500	812.493	16+488	828.595	16+512
13	16+975	4.101	Cembung	853.166	16+975	782.155	16+963	796.744	15+452

BAB VI

DRAINASE DAN GORONG-GORONG

6.1 Umum

Dalam perencanaan drainase, langkah awal yang harus diperhatikan adalah memperhatikan arah aliran air melalui survey lapangan dan dapat mengetahui muka air banjir (MAB) pada saluran pembuang sehingga pada saluran drainase berada di atas muka air banjir.

Penentuan arah aliran ditentukan sesuai dengan kelandaian jalan yang ada serta titik penentuan pada saluran pembuang.

6.2 Perhitungan Dimensi Drainase

STA 14+000-STA14+100 (SALURAN 1)

- a. Perhitungan Waktu Konsentrasi Perkerasan dan Bahu Jalan
- b. Perhitungan Drainase

6.2.1 Perhitungan waktu konsentrasi (T_c)

L_1 = permukaan jalan aspal kemiringan 2%, lebar 7 m.

L_2 = bahu jalan kemiringan 4%, lebar 1m.

L_3 = Pegunungan 6%, lebar 100 m

Hubungan kondisi permukaan dengan koefisien hambatan (nd).

nd perkerasan = 0,013

nd bahu jalan = 0,20

nd pegunungan = 0,080

a) Perkerasan dan Bahu jalan

$$T_c = t_1 + t_2 \quad \text{Pers. 2.45}$$

$$t_1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_0 \frac{nd}{\sqrt{s}} \right)^{0.167} \quad \text{Pers. 2.46}$$

$$t_1 \text{ perkerasan} = t_1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 3,5 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,02}} \right)^{0.167}$$

$$= 0,9429 \text{ menit}$$

$$t_1 \text{ bahu jalan} = t_2 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 1 \times \frac{0,2}{\sqrt{0,04}} \right)^{0.167}$$

$$= 1,1395 \text{ menit}$$

$$t_1 = 0,9429 \text{ menit} + 1,1395 \text{ menit}$$

$$= 2,0788 \text{ menit}$$

t_2 dikarenakan awal saluran dianggap 0.

$$t_2 = 0$$

$$T_c = 2,0788 \text{ menit} + 0 \text{ menit}$$

$$T_c = 2,0788 \text{ menit}$$

b) Pegunungan

$$t_1 \text{ Pegunungan} =$$

$$t_1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 100 \times \frac{0,080}{\sqrt{0,04}} \right)^{0.167}$$

$$= 2,23875 \text{ menit}$$

t_2 dikarenakan awal saluran dianggap 0.

$$t_2 = 0$$

$$T_c \text{ pegunungan} = 2,23875 \text{ menit}$$

$$T_c \text{ total} = 2,0788 + 2,23875$$

$$= 4,31829$$

a. Perhitungan Intensitas Hujan

Hasil perhitungan $T_c = 4,31829$ diplotkan pada kurva basisi didapatkan curah hujan rencana $I = 181 \text{ mm/jam}$.

6.2.2 Perhitungan Koefisien Pengaliran (C)

1. Perkerasan dan Bahu Jalan

Dari tabel 2.33 diperoleh nilai sebesar:

$$C1 = \text{perkerasan jalan} = 0,95 \text{ (jalan aspal)}$$

$$C2 = \text{bahu jalan} = 0,65 \text{ (batuan masif lunak)}$$

$$A1 = \text{perkerasan jalan} = 3,5 \text{ m} \times 900 = 3150 \text{ m}^2$$

$$A2 = \text{bahu jala} = 1 \text{ m} \times 900 = 900 \text{ m}^2$$

$$C = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2}{A_1 + A_2}, \quad \text{Pers. 2.51}$$

$$C = \frac{(0,95 \times 3150) + (0,65 \times 900)}{3150 + 900}$$

$$C = 0,883$$

2. Pegunungan

Dari tabel 2.33 diperoleh nilai sebesar:

$$C3 = \text{Pegunungan} = 0,75 \text{ (pegunungan)}$$

$$A3 = \text{Pegunungan} = 100 \text{ m} \times 900 = 90000 \text{ m}^2$$

$$C = \frac{(0,75 \times 90000)}{90000}$$

$$= 0,75$$

6.2.3 Perhitungan Debit air (Q)

$$Q = \frac{1}{3.6} CxIx A \quad \text{Pers. 2.51}$$

$$Q = \frac{1}{3.6} \times 0,883 \times 181 \times ((3150 + 900) / 1000000)$$

$$Q = 0,1889 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q = \frac{1}{3.6} CxIxA$$

$$Q = \frac{1}{3.6} x0,75x181x(90000/1000000)$$

$$Q = 3,5625 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{total}} &= Q_{\text{perkerasan+bahu}} + Q_{\text{pemukiman}} \\ &= (0,1889+3,5625) \text{ m}^3/\text{detik} \\ &= 3,7513 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

6.2.4. Analisa perhitungan dimensi saluran

1. Kemiringan Saluran Tepi

Kontrol kemiringan (i)

i_{lapangan}

$$t_1 = 737,68 \text{ m}$$

$$t_2 = 670,72 \text{ m}$$

$$i_{\text{lapangan}} = \frac{t_1 - t_2}{p}$$

$$i_{\text{lapangan}} = \frac{737,68 - 670,72}{900} = 0,075$$

2. Perhitungan Dimensi Saluran

Saluran yang direncanakan adalah dari jenis material pasangan batu dengan kondisi baik $n=0.030$. saluran tepi direncanakan segi empat.

$$Fd = bxh$$

Direncanakan: $b=h$

$$Fd = h^2$$

$$O = 3h$$

$$R = \frac{h^2}{3h} = \frac{h}{3}$$

Kecepatan rata-rata diperoleh dari rumus manning berikut:

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

Disubstitusikan:

$$Q = V \times A$$

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

$$3,7513 = \left[\frac{1}{0,016} \times \left(\frac{h^2}{3h} \right)^{2/3} \times 0,075^{1/2} \right] x h^2$$

$$3,7513 = \left[62,5 \times \left(\frac{h}{3} \right)^{2/3} \times 0,87 \right] x h^2$$

$$3,7513 = \left[\left(\frac{56,985h}{3} \right)^{2/3} \right] x h^2$$

$$3,7513 = h^{8/3} \times 18,995$$

$$\frac{3,7513}{18,995} = \sqrt[3]{h^8}$$

$$H = \sqrt[8]{0,1975^3}$$

$$H = 0,55 \text{ m}$$

Dengan demikian dimensi saluran adalah:

$$b = h$$

$$b = 0,55$$

$$Fd = 0,55 \text{ m} \times 0,55$$

$$= 0,3025 \text{ m}^2$$

Tinggi jagaan dari persamaan 2.63

$$W = (0,5 \times h)^{1/2}$$

$$= (0,5 \times 0,55)^{1/2}$$

$$= 0,5244 \text{ m}$$

Cek kecepatan aliran rencana dengan kecepatan yang diijinkan dimana:

Vgerus = 1.8m/dt(kecepatan aliran yang diijinkan sesuai dengan material yang digunakan)

$$V_{\text{endap}} = 0.6 \text{ m/dt}$$

$$V_{\text{endap}} = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i^{1/2}$$

Dimana:

$$R = \frac{Fd}{O}$$

$$\begin{aligned} O &= 3h \\ &= 3 \times 0.55 \\ &= 1,65 \text{ m} \end{aligned}$$

$$R = \frac{0.3025}{1.65} = 0.183 \text{ m}$$

$$V = \frac{1}{0,03} \times 0,183^{2/3} \times 0.075^{1/2} = 2,922 \text{ m/det}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{ijin}_{\min}} \leq V_{\text{endapan}} \leq V_{\text{ijin}_{\max}} \\ 0,60 \text{ m/detik} \leq 2,922 \text{ m/detik} \leq 3 \text{ m/detik (OK)} \end{aligned}$$

6.3. Perhitungan Dimensi Gorong-Gorong

Gorong-gorong adalah sistem drainase yang berfungsi untuk mengalirkan air dari sisi jalan ke sisi lainnya. Untuk itu desainnya harus juga mempertimbangkan faktor hidrolis dan struktur, agar gorong-gorong dapat berfungsi mengalirkan air dan mempunyai daya dukung terhadap beban lalu lintas dan timbunan tanah.

Gorong-gorong disarankan dibuat dengan tipe konstruksi yang permanen (pipa/kotak beton, pasangan batu, armco). Berikut adalah perhitungannya:

6.3.1. Gorong – Gorong STA 14+950

- a) Perhitungan kecepatan aliran air (V)

Aliran air yang akan melewati selokan berdasarkan jenis bahan gorong-gorong. Bahannya adalah beton precast.

$$Q = 3,5625 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$K = 76$$

$$L = 9 \text{ m}$$

$$v_1 = 2,8963 \text{ m}/\text{det} \rightarrow (v \text{ dimensi saluran})$$

$$v_a = 1,80 \text{ m}/\text{det} \rightarrow (v \text{ direncanakan})$$

$$b_{\text{saluran}} = 0,55 \text{ m}$$

$$h_{\text{saluran}} = 1,074 \text{ m}$$

$$Q = A \times v$$

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{3,5736}{1,80} = 1,9854 \text{ m}^2$$

b) Perhitungan Tipe Penampang Gorong-Gorong
Direncanakan penampang gorong-gorong
berbentuk persegi.

$$A = S \times S$$

$$1,9854 = S \times S$$

$$S = \sqrt{1,9854}$$

$$S = 1,409 \text{ m} \rightarrow \text{direncanakan } S = 1,5 \text{ m}$$

c) Perhitungan luas penampang

Luas penampang berdasarkan dimensi yang

direncanakan (A). Sehingga di dapat Luas baru :

$$A = S \times S$$

$$A = 1,5 \times 1,5$$

$$A = 2,25 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} V_{\text{baru}} &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{3,57619}{2,25} = 1,588 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{baru}} &= V_{\text{baru}} \times A_{\text{baru}} \\
 &= 1,588 \times 1,25 \\
 &= 3,5736
 \end{aligned}$$

Keliling Persegi

$$P = 2p \times l$$

$$P = 3 \times 1,5$$

$$P = 4,5 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{2,25}{4,5} = 0,5 \text{ m}$$

$$C = K \times R^{1/6}$$

$$C = 76 \times 0,8909^{1/6}$$

$$C = 67,708$$

d) Pengecekan debit

Q desain > Q banjir → dimensi memenuhi

$$\Delta H_{\text{masuk}} = \varepsilon_{\text{masuk}} \frac{(v_a - v_1)^2}{2 \times g}$$

$$\Delta H_{\text{masuk}} = 0,5 \times \frac{(1,588 - 2,992)^2}{2 \times 9,8}$$

$$\Delta H_{\text{masuk}} = 0,045 \text{ m}$$

$$\Delta H_f = \frac{v_a^2 \times L}{C^2 \times R}$$

$$\Delta H_f = \frac{1,588^2 \times 9}{4584,414^2 \times 0,33}$$

$$\Delta H_f = \frac{22,7036}{2292,207}$$

$$\Delta H_f = 0,00523 \text{ m}$$

$$\Delta H_{\text{keluar}} = \varepsilon_{\text{keluar}} \frac{(v_a - v_1)^2}{2 \times g}$$

$$\Delta H_{\text{keluar}} = 1,00 \times \frac{(1,588 - 2,992)^2}{2 \times 9,8}$$

$$\Delta H_{\text{keluar}} = 0,090756$$

$$\begin{aligned}\Delta H_{\text{Total}} &= \Delta H_{\text{masuk}} + \Delta H_f + \Delta H_{\text{keluar}} \\ \Delta H_{\text{Total}} &= 0,0453 + 0,0099 + 0,0907 \\ \Delta H_{\text{Total}} &= 0,1460 \text{ m}\end{aligned}$$

6.3.2. Gorong – Gorong STA 16+125

1. Perhitungan kecepatan aliran air (V)

$$Q = 0,4137 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$K = 76$$

$$L = 100 \text{ m}$$

$$v_1 = 1,082607 \text{ m}/\text{det} \rightarrow (\text{v dimensi saluran})$$

$$v_a = 1,80 \text{ m}/\text{det} \rightarrow (\text{v direncanakan})$$

$$b_{\text{saluran}} = 0,7 \text{ m}$$

$$h_{\text{saluran}} = 0,241612 \text{ m}$$

$$Q = A \times v$$

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{0,4137}{1,80} = 0,2298 \text{ m}^2$$

2. Perhitungan Tipe Penampang Gorong-Gorong
Direncanakan penampang gorong-gorong berbentuk persegi.

$$A = S \times S$$

$$0,602 = S \times S$$

$$S = \sqrt{0,4157}$$

$$S = 0,479 \text{ m} \rightarrow \text{direncanakan } S = 0,5 \text{ m}$$

Sehingga di dapat Luas baru :

$$A = S \times S$$

$$A = 0,5 \times 0,5$$

$$A = 0,25 \text{ m}^2$$

3. Perhitungan luas penampang
Luas penampang berdasarkan dimensi yang direncanakan (A). Sehingga di dapat Luas baru :

$$\begin{aligned}\text{Qbaru} &= V \times A \\ &= 1,8 \times 0,5\end{aligned}$$

$$= 0,45$$

Keliling Persegi

$$P = 2p + l$$

$$P = 0,5 \times 0,25$$

$$P = 0,75 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0,25}{0,75} = 0,333 \text{ m}$$

$$C = K \times R^{1/6}$$

$$C = 76 \times 0,833^{1/6}$$

$$C = 63,284$$

4. Pengecekan debit

Q desain > Q banjir → dimensi memenuhi

$$\Delta H_{\text{masuk}} = \varepsilon_{\text{masuk}} \frac{(v_a - v_1)^2}{2 \times g}$$

$$\Delta H_{\text{masuk}} = 0,5 \times \frac{(1,8 - 0,4137)^2}{2 \times 9,8}$$

$$\Delta H_{\text{masuk}} = 0,049 \text{ m}$$

$$\Delta H_f = \frac{v_a^2 \times L}{C^2 \times R}$$

$$\Delta H_f = \frac{1,8^2 \times 9}{63,284^2 \times 0,16}$$

$$\Delta H_f = \frac{29,16}{1334,952}$$

$$\Delta H_f = 0,021843 \text{ m}$$

$$\Delta H_{\text{keluar}} = \varepsilon_{\text{keluar}} \frac{(v_a - v_1)^2}{2 \times g}$$

$$\Delta H_{\text{keluar}} = 1,00 \times \frac{(1,80 - 1,921)^2}{2 \times 9,8}$$

$$\Delta H_{\text{keluar}} = 0,09804 \text{ m}$$

$$\Delta H_{\text{Total}} = \Delta H_{\text{masuk}} + \Delta H_f + \Delta H_{\text{keluar}}$$

$$\Delta H_{\text{Total}} = 0,04902 + 0,021843 + 0,098$$

$$\Delta H_{\text{Total}} = 0,1689 \text{ m}$$

Jadi dimensi gorong-gorong diambil pada dimensi terbesar yaitu 1,5m x 1,5m

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB VII

RENCANA ANGGARAN BIAYA

7.1 Perhitungan Volume Pekerjaan

Rencana anggaran biaya diperlukan untuk mengetahui besar biaya yang dalam perencanaan proyek peningkatan jalan ruas Trenggalek - Pacitan STA 14+000 – STA 17+000. Untuk merencanakan RAB terlebih dahulu menghitung volume pekerjaan, antara lain :

- a. Pekerjaan tanah meliputi :
 1. Pekerjaan Galian
 2. Pekerjaan Timbunan
 3. Pekerjaan Timbunan Bahu Jalan
 4. Pekerjaan Galian Pelebaran Jalan
 5. Pekerjaan Galian Gorong-Gorong
 6. Pekerjaan Galian Drainase
 7. Pemasangan Untuk Bahu Jalan
- b. Pekerjaan lapis pondasi meliputi :
 1. Lapis Pondasi Beton B0
- c. Pekerjaan lapis permukaan meliputi :
 1. Penghamparan AC Laston MS 744
 2. Penghamparan Lapis Overlay
 3. Lapis Resap Ikat / *Prime Coat*
 4. Lapis Perekat / *Tack Coat*
- d. Pekerjaan saluran meliputi :
 1. Pemasangan Saluran Drainase
 2. Pemasangan Saluran Gorong-Gorong

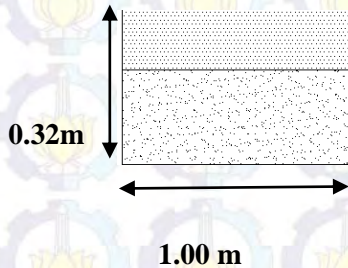
Setelah perhitungan volume pekerjaan diketahui, maka dapat digunakan untuk menghitung Rencana Anggaran Biaya

7.1.1 Perhitungan volume pekerjaan

- a. Pekerjaan tanah
Pekerjaan Galian Eksisting
 $V = 56289 \text{ m}^3$
Pekerjaan Timbunan Eksisting

$$V = 22053 \text{ m}^3$$

Pekerjaan galian tanah untuk pelebaran jalan sebelah kanan dan kiri jalan pada Km 14+000 – 17+000 sebagai berikut:



Panjang = 3000 m

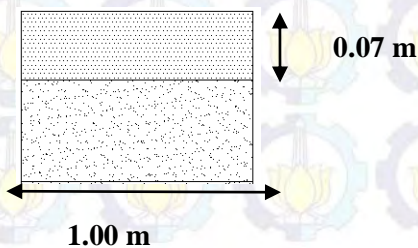
Lebar = 1.00 m

Tebal = 0.32 m

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 2 \times (3000 \times 1.00 \times 0.32) \\ &= 1920 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

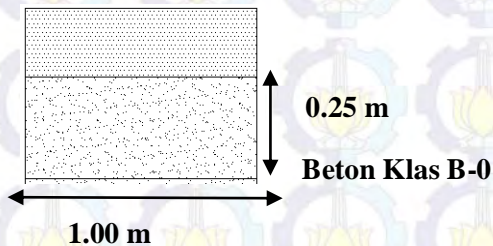
b. Pekerjaan lapis pondasi dan lapis permukaan

1. Pekerjaan lapis material tambahan untuk tanah dasar. Volume pondasi bawah pada Km 14+000 – 17+000



$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= 3000 \text{ m} \\
 \text{Lebar} &= 1.00 \text{ m} \\
 \text{Tebal} &= 0.07 \text{ m} \\
 \text{Volume} &= 2 (3000 \times 1.00 \times 0.07) \\
 &= 420 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

2. Pekerjaan lapis pondasi atas dengan beton kls B-0. Volume pondasi atas pada Km 14+000 – 17+000



$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= 3000 \text{ m} \\
 \text{Lebar} &= 1.00 \text{ m} \\
 \text{Tebal} &= 0.25 \text{ m} \\
 \text{Volume} &= 2 (3000 \times 1.00 \times 0.25) \\
 &= 1500 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

3. Pekerjaan lapis Resap pengikat (*prime coat*) ,perhitungan volume lapis Resap pada Km 14+000 – 17+000.

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= 3000 \text{ m} \\
 \text{Lebar} &= 1.00 \text{ m} \\
 \text{Volume} &= 2 (3000 \times 1.00) \\
 &= 6000 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Ketentuan spesifikasi untuk prime Coat (0,4-3 ltr/m²). Terdiri dari campuran 80 ltr kerosin : 100 ltr Aspal curah. Asumsi perhitungan menggunakan 0.4 ltr/m².

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= 6000 \text{ m}^2 \times 0,4 \text{ ltr/m}^2 \\
 &= 2400 \text{ ltr}
 \end{aligned}$$

4. Pekerjaan Pematatan Bahu dan Timbunan Bahu Jalan

Panjang = 3000m

Lebar = 1.0m

Kedalaman = 0.20m

Volume = $2(3000 \times 1.0 \times 0.20) = 1200 \text{ m}^3$

c. Pekerjaan lapis tambahan atau *Overlay*.

1. Pekerjaan lapis permukaan dengan Laston MS 744. Volume pondasi bawah pada Km 14+000 – 17+000

Panjang = 3000 m

Lebar = 7.00 m

Tebal = 0.07 m

Volume = $(3000 \times 7.00 \times 0.07)$
= 1470 m^3

2. Pekerjaan lapis pengikat (tack coat) antara perkerasan lama dengan perkerasan overlay.

Panjang = 3000 m

Lebar = 7,00 m

Volume = $(3000 \times 7,00)$
= 21.000 m^2

Ketentuan spesifikasi untuk Tack Coat (0,2-1 ltr/m²). Terdiri dari campuran 30 ltr kerosin : 100 ltr Aspal curah. Asumsi perhitungan menggunakan 0,4 ltr/m².

Volume = $21000 \text{ m}^2 \times 0,4 \text{ ltr/m}^2$
= 8400 ltr

7.1.2 Pekerjaan Drainase dan Gorong-Gorong

➤ Pekerjaan galian tanah untuk drainase(kanan-kiri)

Pekerjaan galian tanah untuk saluran tepi dengan beton precast

Dimensi saluran

b=0.55m dan h=1.0m

Dimensi galian :

Panjang =900

Lebar $= (0.1+0.55+0.1)m=0.75m$

Kedalaman $= (0.1+1,0)m=1,1 m$

Volume $= 2 \times (900 \times 0.75 \times 1,1)m = 4950 m^3$

➤ Pekerjaan Pemasangan Saluran

Pekerjaan Precast Drainase 1

Luas galian $= 0.75m \times 1.1m = 0.825 m^2$

Luas saluran $= 1.0m \times 0.55m = 0.55m^2$

Luas beton $= 0.825m^2 - 0,55m^2 = 0.275 m^2$

Panjang =900m

Volume $= 2 \times (0.45735 \times 9000) = 495 m^3$

➤ Pekerjaan galian tanah untuk drainase(kanan-kiri)

Pekerjaan galian tanah untuk saluran tepi dengan beton precast

Dimensi saluran

$b=0.7m$ dan $h=0.25m$

Dimensi galian :

Panjang =100

Lebar $= (0.1+0.7+0.1)m=0.9m$

Kedalaman $= (0.1+0.25)m=0.35 m$

Volume $= 2 \times (100 \times 0.9 \times 0.35)m = 63 m^3$

➤ Pekerjaan Pemasangan Saluran

Pekerjaan Precast Drainase 1

Luas galian $= 0.9m \times 0.35m = 0.315 m^2$

Luas saluran $= 0.9m \times 0.35m = 0.175m^2$

Luas beton $= 0.315m^2 - 0.175m^2 = 0.14 m^2$

Panjang =100m

Volume $= 2 \times (0.14 \times 100) = 28 m^3$

- Pekerjaan galian tanah untuk drainase(kanan-kiri)

Pekerjaan galian tanah untuk saluran tepi dengan beton precast

Dimensi saluran

$$b=0.7\text{m dan }h=0.8\text{m}$$

Dimensi galian :

$$\text{Panjang} = 1000$$

$$\text{Lebar} = (0.1+0.7+0.1)\text{m}=0.9\text{m}$$

$$\text{Kedalaman} = (0.1+0.8)\text{m}=0.9\text{ m}$$

$$\text{Volume} = 2 \times (1000 \times 0.9 \times 0.9)\text{m} = 1620\text{ m}^3$$

- Pekerjaan Pemasangan Saluran

Pekerjaan Precast Drainase 1

$$\text{Luas galian} = 0.9\text{m} \times 0.9\text{m} = 0.81\text{ m}^2$$

$$\text{Luas saluran} = 0.7\text{m} \times 0.8\text{m} = 0.56\text{m}^2$$

$$\text{Luas beton} = 0.81\text{m}^2 - 0.56\text{m}^2 = 0.25\text{ m}^2$$

$$\text{Panjang} = 1000\text{m}$$

$$\text{Volume} = 2 \times (0.25 \times 1000) = 500\text{ m}^3$$

- Pekerjaan galian tanah untuk drainase(kanan-kiri)

Pekerjaan galian tanah untuk saluran tepi dengan beton precast

Dimensi saluran

$$b=0.7\text{m dan }h=0.5\text{m}$$

Dimensi galian :

$$\text{Panjang} = 200$$

$$\text{Lebar} = (0.1+0.7+0.1)\text{m}=0.9\text{ m}$$

$$\text{Kedalaman} = (0.1+0.5)\text{m}=0.6\text{ m}$$

$$\text{Volume} = 2 \times (200 \times 0.9 \times 0.6)\text{m} = 216\text{ m}^3$$

- Pekerjaan Pemasangan Saluran

Pekerjaan Precast Drainase 1

$$\begin{aligned} \text{Luas galian} &= 0.9\text{m} \times 0.6\text{m} = 0.54 \text{ m}^2 \\ \text{Luas saluran} &= 0.7\text{m} \times 0.5\text{m} = 0.35 \text{ m}^2 \\ \text{Luas beton} &= 0.54\text{m}^2 - 0.35\text{m}^2 = 0.19 \text{ m}^2 \\ \text{Panjang} &= 200\text{m} \\ \text{Volume} &= 2 \times (0.19 \times 200) = 76 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Pekerjaan galian tanah untuk drainase (kanan-kiri)

Pekerjaan galian tanah untuk saluran tepi dengan beton precast

Dimensi saluran

$$b = 0.7\text{m} \text{ dan } h = 0.4\text{m}$$

Dimensi galian :

$$\text{Panjang} = 800$$

$$\text{Lebar} = (0.1 + 0.7 + 0.1)\text{m} = 0.9 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman} = (0.1 + 0.4)\text{m} = 0.5 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = 2 \times (800 \times 0.9 \times 0.5)\text{m} = 750 \text{ m}^3$$

- Pekerjaan Pemasangan Saluran

Pekerjaan Precast Drainase 1

$$\text{Luas galian} = 0.9\text{m} \times 0.5\text{m} = 0.45 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas saluran} = 0.7\text{m} \times 0.4\text{m} = 0.28 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas beton} = 0.45\text{m}^2 - 0.28\text{m}^2 = 0.17 \text{ m}^2$$

$$\text{Panjang} = 800\text{m}$$

$$\text{Volume} = 2 \times (0.17 \times 800) = 272 \text{ m}^3$$

Jadi Volume untuk drainase 1371 m³

- Pekerjaan Galian Gorong-Gorong

$$V = 2 \times 1.5 \times 2 \times 9 = 54 \text{ m}^3$$

$$\text{❖ Jadi Volume Total Galian Saluran} = 4104 \text{ m}^3$$

$$\text{❖ Jadi Volume Total Galian Gorong-Gorong} = 54 \text{ m}^3$$

$$\text{❖ Volume Drainase} = 2.94 \text{ m}^3$$

❖ Volume Gorong – Gorong = 2.72 m³

Tabel 7.1 Volume Pekerjaan

NO	JENIS PEKERJAAN	SATUAN	VOLUME
I	Pekerjaan Tanah		
1	Pekerjaan Galian	m ³	56289
2	Pekerjaan Timbunan	m ³	22053
3	Pekerjaan Timbunan Bahu Jalan	m ³	1200
4	Pekerjaan Galian Pelebaran Jalan	m ³	1920
5	Pekerjaan Galian Gorong - Gorong	m ³	54
6	Pekerjaan Galian Drainase	m ³	4104
7	Pemadatan untuk Bahu jalan	m ³	1200
II	Pekerjaan Lapis Pondasi		
1	Lapis Pondasi Beton Klas B-0	m ³	1500
III	Pekerjaan Lapis Permukaan		
1	Penghamparan AC Laston	m ²	420
2	Penghamparan Lapis overlay tb. 7 cm	m ²	1470
3	Lapis Resap Ikat/Prime Coat	liter	2400
4	Lapis Perekat/Tack Coat	liter	8400
IV	Perkerjaan Saluran		
1	Pemasangan Saluran Drainase	m ³	2.94
2	Pemasangan Gorong - Gorong	m ³	2.72

Tabel 7.2Daftar Harga Satuan Pekerjaan

NO	URAIAN	SATUAN	HARGA SATUAN	
			(Rp)	
A.	UPAH KERJA			
1	Mandor	OH	Rp	65,248.00
2	Tukang	OH	Rp	67,072.00
3	Pekerja	OH	Rp	79,280.00
4	Operator	OH	Rp	67,072.00
5	Mekanik	OH	Rp	67,072.00

NO	URAIAN	SATUAN	HARGA SATUAN	
			(Rp)	
B.	HARGA BAHAN			
1	Agregat Kasar(untuk AC)	M3	Rp	200,000.00
2	Agregat Halus	M3	Rp	178,750.00
3	Filler	Kg	Rp	1,550.00
4	Batu Kali	M3	Rp	135,833.00
5	Material Tanah Timbunan	M3	Rp	81,458.00
6	Material pilihan	M3	Rp	96,563.00
7	Aspal Cement(curah)	Kg	Rp	10,600.00
8	Aspal Cement(drum)	Kg	Rp	11,293.00
9	Aspal Emulsi (Mc)	Kg	Rp	9,350.00
10	Semen	Kg	Rp	1,550.00
11	Semen Pozzoland	Kg	-	
12	Paku	Kg	Rp	13,002.00
13	Besi Beton Polos	Kg	Rp	10,500.00
14	Kawat Beton	Kg	Rp	15,552.00
15	Kayu Perancah	M3	Rp	4,522,321.00
16	Bensin	Liter	Rp	7,600.00
17	Solar(non industri)	Liter	Rp	7,250.00
18	Solar(industri)	Liter	Rp	10,800.00
19	Minyak Pelumas	Liter	Rp	45.00
20	Agregat Base klas A	M3	Rp	175,500.00
21	Agregat Base Klas B	M3	Rp	170,000.00
22	Agregat Base Klas C	M3	-	
23	Sirtu	M3	Rp	109,167.00
24	Pasir Pasang	M3	Rp	158,333.00

25	Thinner	Liter	Rp 22,125.00
26	Btu Pecah1/2 - 1	M3	Rp 195,833.00
27	Btu Pecah 1 - 2	M3	Rp 205,833.00
NO	URAIAN	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp)
C	SEWA PERALATAN		
1	ASPHALT MIXING PLAN	Jam	Rp 5,859,484.00
2	ASPHALT FINISHER	Jam	Rp 298,440.00
3	ASPHALT SPRAYER	Jam	Rp 77,950.00
4	BULDOZER	Jam	Rp 492,951.00
5	COMPRESOR4000-6500 LM	Jam	Rp 154,039.00
6	CONCRETE MIXER 0.3-0.6M3	Jam	Rp 57,847.00
7	CRANE 10-15 TON	Jam	Rp 385,150.00
8	DUMP TRUCK 3-4M3	Jam	Rp 259,441.00
9	EXCAVATOR	Jam	Rp 454,607.00
10	GENERATOR SET	Jam	Rp 556,882.00
11	MOTOR GRADER	Jam	Rp 527,267.00
12	WHEEL LOADER	Jam	Rp 431,693.00
13	THREE WHEEL ROLLER	Jam	Rp 186,193.00
14	VIBRATORY ROLLER	jam	Rp 297,703.00
15	CONCRATE VIBRATOR	Jam	Rp 36,788.00
16	STONE CRUSHER	Jam	Rp 719,907.00
17	WATER PUMP 70-100mm	Jam	Rp 48,488.00
18	WATER	Jam	Rp 226,039.00

	TANGKER3000-4500L		
19	PEDESTRIAN ROLLER	Jam	Rp 72,221.00
20	TAMPER	Jam	Rp 38,417.00
21	JACK HAMMER	Jam	Rp 25,163.00
22	VULVI MIXER	Jam	Rp 176,017.00
23	CONCRETE PUMP	Jam	Rp 245,454.00
24	TRAILER 20 ton	Jam	Rp 453,726.00
25	PILE DRIVER	Jam	Rp 257,293.00
26	CRANE ON TRUCK	Jam	Rp 445,220.00
27	MESIN LAS	Jam	Rp 55,862.00
28	BOR PILE MACHINE	Jam	Rp 294,246.00
29	PICK UP	Jam	Rp 47,288.00
30	BATCHING PLAN	Jam	Rp 384,424.00
31	COLD MILLING MACHINE	Jam	Rp 1,394,302.00

Sumber: Dinas Bina Marga Propinsi Jawa Timur

Tabel 7.3 Analisa Harga Satuan Pekerjaan

NO	Uraian Kegiatan	koef	SAT	HARGA SATUAN	TOTAL
1	Pekerjaan Galian				
	<u>Upah:</u>				
	Mandor	0.0136	O.H	Rp 65,248.00	Rp 887.37
	Pekerja	0.0068	O.H	Rp 79,280.00	Rp 539.10
				Jumlah:	IDR 1,426.48
	<u>Sewa Peralatan:</u>				
	Excavator	0.0068	jam	Rp 454,607.00	Rp 3,091.33
	Dump Truck	0.2560	jam	Rp 259,441.00	Rp 66,416.90
	Alat Bantu	1	Ls	Rp 1,000.00	Rp 1,000.00
				Jumlah:	Rp 70,508.22
				Nilai HSPK	Rp 71,934.70
2	Pekerjaan Timbunan				
	<u>Upah:</u>				
	Mandor	0.0136	O.H	Rp 135,833.00	Rp 1,847.33
	Pekerja	0.0068	O.H	Rp 96,563.00	Rp 656.63
				Jumlah:	IDR 2,503.96
	<u>Sewa Peralatan:</u>				
	Excavator	0.0109	jam	Rp 454,607.00	Rp 4,955.22
	Dump	0.5143	jam	Rp	Rp

	Truck			259,441.00	133,430.51
	Motor Grader	0.0037	jam	Rp 527,267.00	Rp 1,950.89
	Vibro Roller	0.0042	jam	Rp 297,703.00	Rp 1,250.35
	Water Tanker	0.007	jam	Rp 226,039.00	Rp 1,582.27
	Alat Bantu	1	Ls	0	Rp -
				Jumlah:	Rp 143,169.24
				Nilai HSPK	Rp 145,673.19
3	Pekerjaan Timbunan Bahu Jalan				
	<u>Upah:</u>				
	Mandor	0.0136	O.H	Rp 65,248.00	Rp 887.37
	Pekerja	0.0068	O.H	Rp 79,280.00	Rp 539.10
				Jumlah:	IDR 1,426.48
	<u>Bahan:</u>	-			
	Sirtu	1.2	m3	Rp 109,167.00	Rp 131,000.40
				Jumlah:	Rp 131,000.40
	<u>Sewa Peralatan:</u>				
	Excavator	0.0068	jam	Rp 454,607.00	Rp 3,091.33
	Dump Truck	0.2560	jam	Rp 205,833.00	Rp 52,693.25
	Alat Bantu	1	Ls	Rp 1,000.00	Rp 1,000.00
				Jumlah:	Rp 56,784.58
				Nilai	Rp

				HSPK	189,211.45
4	Pekerjaan Galian Pelebaran Jalan				
	<u>Upah:</u>				
	Mandor	0.0136	O.H	Rp 65,248.00	Rp 887.37
	Pekerja	0.0068	O.H	Rp 79,280.00	Rp 539.10
				Jumlah:	IDR 1,426.48
	<u>Sewa Peralatan:</u>				
	Excavator	0.0068	jam	Rp 454,607.00	Rp 3,091.33
	Dump Truck	0.2560	jam	Rp 259,441.00	Rp 66,416.90
	Alat Bantu	1	Ls	Rp 1,000.00	Rp 1,000.00
				Jumlah:	Rp 70,508.22
				Nilai HSPK	Rp 71,934.70
5	Pekerjaan Galian Gorong - Gorong				
	<u>Upah:</u>				
	Mandor	0.0136	O.H	Rp 65,248.00	Rp 887.37
	Pekerja	0.0068	O.H	Rp 79,280.00	Rp 539.10
				Jumlah:	Rp 1,426.48
	<u>Sewa Peralatan:</u>				
	Excavator	0.0068	jam	Rp 454,607.00	Rp 3,091.33
	Dump Truck	0.256	jam	Rp 259,441.00	Rp 66,416.90
	Alat Bantu	1	Ls	Rp 1,000.00	Rp 1,000.00

				Jumlah:	Rp 70,508.22
				Nilai HSPK	Rp 71,934.70
6	Pekerjaan Galian Drainase				
	<u>Upah:</u>				
	Mandor	0.0136	O.H	Rp 65,248.00	Rp 887.37
	Pekerja	0.0068	O.H	Rp 79,280.00	Rp 539.10
				Jumlah:	Rp 1,426.48
	<u>Sewa Peralatan:</u>				
	Excavator	0.0068	jam	Rp 454,607.00	Rp 3,091.33
	Dump Truck	0.2560	jam	Rp 259,441.00	Rp 66,416.90
	Alat Bantu	1	Ls	Rp 1,000.00	Rp 1,000.00
				Jumlah:	Rp 70,508.22
				Nilai HSPK	Rp 71,934.70
7	Pemadatan untuk Bahu jalan				
	<u>Upah:</u>				
	Mandor	0.0136	O.H	Rp 65,248.00	Rp 887.37
	Pekerja	0.0068	O.H	Rp 79,280.00	Rp 539.10
				Jumlah:	Rp 1,426.48
	<u>Bahan:</u>				
	Sirtu	1.2	m3	Rp 109,167.00	Rp 131,000.40
				Jumlah:	Rp 131,000.40

	<u>Sewa Peralatan:</u>				
	Wheel Loader	0.83	jam	Rp 431,693.00	Rp 358,305.19
	Dump Truck	0.256	jam	Rp 259,441.00	Rp 66,416.90
	Alat Bantu	1	Ls	Rp 1,000.00	Rp 1,000.00
	Motor Grader	0.0037	jam	Rp 527,267.00	Rp 1,950.89
	Vibrator Roller	0.0042	jam	Rp 297,703.00	Rp 1,250.35
	Water Tanker	0.007	jam	Rp 226,039.00	Rp 1,582.27
				Jumlah:	Rp 430,505.60
				Nilai HSPK	Rp 562,932.48
8	Pekerjaan Lapis Pondasi				
	<u>Upah:</u>				
	Mandor	0.2343	O.H	Rp 65,248.00	Rp 15,287.61
	Pekerja	1.8742	O.H	Rp 79,280.00	Rp 148,586.58
	Tukang	1.004	O.H	Rp 67,072.00	Rp 67,340.29
				Jumlah:	Rp 231,214.47
	<u>Bahan/Material:</u>				
	Semen	0.1267	m3	Rp 158,333.00	Rp 20,060.79
	Pasir Cor	0.4067	m3	Rp 205,833.00	Rp 83,712.28
	Agregat Kasar	0.48	m3	Rp 185,000.00	Rp 88,800.00
	Bahan Tambah	0.2933	Liter	Rp 195,833.00	Rp 57,437.82

	Kayu Perancah	0.15	m3	Rp 4,522,321.00	Rp 678,348.15
	Paku	1.2	kg	Rp 13,002.00	Rp 15,602.40
	Air	0.2478	m3		
				Jumlah:	Rp 250,010.89
	<u>Sewa Peralatan:</u>				
	Concrete Mixer	0.0335	Jam	Rp 57,847.00	Rp 1,937.87
	Water tangki	0.0042	jam	Rp 226,039.00	Rp 949.36
	Concrete Vibrator	0.0083	jam	Rp 36,788.00	Rp 305.34
	Alat Bantu	1	Ls	Rp 1,000.00	Rp 1,000.00
	Vibrator Roller	0.0042	Jam	Rp 297,703.00	Rp 1,250.35
				Jumlah:	Rp 5,442.93
			Nilai HSPK :		Rp 486,668.29
9	Penghamparan AC Laston				
	<u>Upah:</u>				
	Mandor	0.0201	O.H	Rp 65,248.00	Rp 1,311.48
	Pekerja	0.2008	O.H	Rp 79,280.00	Rp 15,919.42
				Jumlah:	Rp 17,230.91
	<u>Bahan:</u>				
	Aspal Curah	1.03	Kg	Rp 10,600.00	Rp 10,918.00
	Agregat Kasar	0.495	m3	Rp 200,000.00	Rp 99,000.00

	Agregat Halus	0.2279	m3	Rp 178,750.00	Rp 40,737.13
	Filler	22	Kg	Rp 1,550.00	Rp 34,100.00
				Jumlah:	Rp 184,755.13
	<u>Sewa Peralatan:</u>				
	Asphalt Mixing Plant	0.0137	Jam	Rp 5,859,484.00	Rp 80,274.93
	Generator Set	0.0201	Jam	Rp 556,882.00	Rp 11,193.33
	Wheel Loader	0.0119	Jam	Rp 431,693.00	Rp 5,137.15
	Dump Truck	0.3698	Jam	Rp 259,441.00	Rp 95,941.28
	Asphalt Finisher	0.0137	Jam	Rp 77,950.00	Rp 1,067.92
	Tandem Roller	0.0135	Jam	Rp 233,457.00	Rp 3,151.67
	Pneumatic Tire Roller	0.0058	Jam	Rp 295,981.00	Rp 1,716.69
	Alat Bantu	1	Ls	Rp 1,000.00	Rp 1,000.00
				Jumlah:	Rp 199,482.96
			Nilai HSPK :		Rp 62,227.69
10	Penghamparan Lapis overlay tb. 7 cm				
	<u>Upah:</u>				
	Mandor	0.0011	O.H	Rp 65,248.00	Rp 71.77
	Operator	0.0055	O.H	Rp 67,072.00	Rp 368.90
	Tukang	0.3795	O.H	Rp 67,072.00	Rp 25,453.82

	Pekerja	0.011	O.H	Rp 79,280.00	Rp 872.08
				Jumlah:	Rp 26,766.57
	<u>Bahan/Material:</u>				
	Aspal Curah	1.03	Ton	Rp 10,600.00	Rp 10,918.00
	Minyak Tanah	0.099	Liter	Rp 45.00	Rp 4.46
	Produksi Lapis tipis aspal beton AC (lataston) menggunakan alat	0.11	Ton	Rp 1,059,468.00	Rp 116,541.48
				Jumlah:	Rp 19,756.91
	<u>Sewa Peralatan:</u>				
	Aspal Sprayer	0.0033	Jam	Rp 492,951.00	Rp 1,626.74
	Ashpalt Finisher	0.0055	Jam	Rp 298,440.00	Rp 1,641.42
	Compresor	0.0044	Jam	Rp 154,039.00	Rp 677.77
	Phenumatic Tire Roller	0.0055	Jam	Rp 295,981.00	Rp 1,627.90
	Tandem Roller	0.0055	Jam	Rp 233,457.00	Rp 1,284.01
				Jumlah:	Rp 5,522.00
			Nilai HSPK :		Rp 52,045.48
11	Lapis Resap Ikat/Prime Coat				
	<u>Upah:</u>				

	Mandor	0.003	O.H	Rp 65,248.00	Rp 195.74
	Pekerja	0.0211	O.H	Rp 79,280.00	Rp 1,672.81
				Jumlah:	Rp 1,868.55
	<u>Bahan:</u>				
	Aspal Curah	0.6417	Kg	Rp 10,600.00	Rp 6,802.02
	Minyak Tanah	0.4889	Liter	Rp 45.00	Rp 22.00
				Jumlah:	Rp 6,824.02
	<u>Sewa Peralatan:</u>				
	Aspal Sprayer	0.0032	Jam	Rp 77,950.00	Rp 249.44
	Compresso r	0.0032	Jam	Rp 154,039.00	Rp 492.92
	Dump Truck	0.0032	Jam	Rp 259,441.00	Rp 830.21
				Jumlah:	Rp 1,592.00
			Nilai HSPK :		Rp 10,284.57
12	Lapis Perekat/Tack Coat				
	<u>Upah:</u>				
	Mandor	0.003	O.H	Rp 65,248.00	Rp 195.74
	Pekerja	0.0211	O.H	Rp 79,280.00	Rp 1,672.81
				Jumlah:	Rp 1,868.55
	<u>Bahan:</u>				
	Aspal Curah	0.888	Kg	Rp 10,600.00	Rp 9,412.80

	Minyak Tanah	0.254	Liter	Rp 45.00	Rp 11.43
				Jumlah:	Rp 9,424.23
	<u>Sewa Peralatan:</u>				
	Aspal Sprayer	0.003	Jam	Rp 77,950.00	Rp 233.85
	Compressor	0.0063	Jam	Rp 154,039.00	Rp 970.45
	Dump Truck	0.003	Jam	Rp 259,441.00	Rp 778.32
				Jumlah:	Rp 1,982.62
			Nilai HSPK :		Rp 13,275.40
13	Pemasangan Saluran Drainase				
	<u>Upah:</u>				
	Mandor	0.075	O.H	Rp 65,248.00	Rp 4,893.60
	Tukang	0.6	O.H	Rp 67,072.00	Rp 40,243.20
				Jumlah:	Rp 45,136.80
	<u>Bahan:</u>				
	U-Ditch	5	bh	Rp 2,289,000.00	Rp 11,445,000.00
				Jumlah:	Rp 11,445,000.00
			Nilai HSPK :		Rp 11,490,136.80
14	Pemasangan Gorong - Gorong				
	<u>Upah:</u>				
	Mandor	0.003	O.H	Rp	Rp

				65,248.00	195.74
				Jumlah:	Rp 195.74
	<u>Bahan:</u>				
	U-Ditch (1500x1500)	4	Kg	Rp 4,500,000.00	Rp 18,000,000.00
				Jumlah:	Rp 18,000,000.00
	<u>Sewa Peralatan:</u>				
	Excavator	1	Jam	Rp 454,607.00	Rp 454,607.00
				Jumlah:	Rp 454,607.00
			Nilai HSPK :		Rp 18,454,802.74

Tabel 7.4 REKAPITULASI ANGGARAN BIAYA

NO	JENIS PEKERJAAN	SATUAN	VOLUME	HARGA SATUAN	TOTAL BIAYA
I	Pekerjaan Tanah				
1	Pekerjaan Galian	m ³	56289	Rp 71,934.70	Rp 4,049,132,350.82
2	Pekerjaan Timbunan	m ³	22053	Rp 145,673.19	Rp 3,212,530,931.84
3	Pekerjaan Timbunan Bahu Jalan	m ³	1200	Rp 189,211.45	Rp 227,053,742.88
4	Pekerjaan Galian Pelebaran Jalan	m ³	1920	Rp 71,934.70	Rp 138,114,624.77
5	Pekerjaan Galian Gorong - Gorong	m ³	54	Rp 71,934.70	Rp 3,884,473.82
6	Pekerjaan Galian Drainase	m ³	4104	Rp 71,934.70	Rp 295,220,010.44
7	Pemadatan untuk Bahu jalan	m ³	1200	Rp 71,934.70	Rp 86,321,640.48
II	Pekerjaan Lapis Pondasi				
1	Lapis Pondasi Beton Klas B-0	m ³	1500	Rp 486,668.29	Rp 730,002,439.20
III	Pekerjaan Lapis Permukaan				
1	Penghamparan AC Laston	m ²	420	Rp 62,227.69	Rp 26,135,631.61
2	Penghamparan Lapis overlay tb. 7 cm	m ²	1470	Rp 52,045.48	Rp 76,506,859.61
3	Lapis Resap Ikatan/Prime Coat	liter	2400	Rp 10,284.57	Rp 24,682,974.00
4	Lapis Perekat/Tack Coat	liter	8400	Rp 13,275.40	Rp 111,513,365.88
IV	Perkerjaan Saluran				
1	Pemasangan Saluran Drainase	m ³	2.94	Rp 11,490,136.80	Rp 33,781,002.19
2	Pemasangan Gorong - Gorong	m ³	2.72	Rp 18,454,802.74	Rp 50,197,063.46
JUMLAH					Rp 9,065,077,111.01
PPn 10%					Rp 906,507,711.10
Total					Rp 9,971,584,822.11
Pembulatan					Rp 9,971,584,823.00



Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB VIII

KESIMPULAN DAN SARAN

8.1 Kesimpulan

Dari hasil perencanaan peningkatan pada ruas jalan Trenggalek – Pacitan STA 14+000 – STA 17+000 dengan panjang 3000 m, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan analisa kapasitas jalan diperoleh :
 - a. Arah ruas jalan Trenggalek - Pacitan didapat nilai lengkung vertikal $34.29 \text{ m/km} > 30\text{m/km}$, maka alinyemen vertikal 34.29 m/km tersebut **Gunung** dengan dua lajur dua arah terbagi (2/2 UD).
 - b. Nilai DS pada ruas jalan Trenggalek – Pacitan di awal umur rencana sebesar 0.26 dan Nilai DS di akhir umur rencana sebesar 0.62.
 - c. Nilai DS pada ruas jalan Trenggalek – Pacitan setelah dilebarkan 7 meter di awal umur rencana sebesar 0.20 dan Nilai DS untuk akhir umur rencana sebesar 0.47.

Sehingga untuk kondisi jalan ruas Trenggalek – Pacitan STA 14+000 – STA 17+000, sebenarnya tidak perlu dilakukan pelebaran jalan dikarenakan nilai derajat kejenuhan (DS) $< 0,75$ atau segmen jalan masih mencukupi untuk kapasitas kendaraan hingga akhir umur rencana, tetapi kami melebarkan berdasarkan kelas jalan dan **Peraturan Pemerintah no.34 tahun 2006, Paragraf 2 Persyaratan Teknis Jalan Pasal 14 ayat 1** yang berbunyi :

”Jalan kolektor primer didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 40 (empat puluh) kilometer per jam dengan lebar badan jalan paling sedikit 9 (sembilan) meter ”.

- Maka jalan dilebarkan, sehingga direncanakan pelebaran perkerasan 7 meter dengan 2 lajur 2 arah (2/2 UD)
2. Tebal lapis tambahan digunakan AC Laston MS 774 dengan ketebalan sebesar 7cm.
 3. Untuk tikungan PI 136 – STA 14+160, PI 148 – STA 14+740, PI 151 – STA 14+900, PI 162 – STA 15+901, dan PI 164 – STA 16+069, dipasang rambu penurunan kecepatan, dari 40 km/jam menjadi 30 km/jam
 4. Untuk perencanaan drainase (saluran tepi) berbentuk Persegi dengan bahan dari beton pracetak. Diperoleh dimensi dengan ukuran segmen 1(STA 14+100-14+900) $b=0.55$ m dan $h=1$ m, segmen 2(STA 14+900-15+000) $b=0.7$ m dan $h=0.25$ m, segmen 3(STA 15+000-16+000) $b=0.7$ m dan $h=0.8$ m, segmen 4(STA 16+000-16+200) $b=0.7$ m dan $h=0.5$ m, segmen 5(STA 16+200-17+000) $b=0.7$ m dan $h=0.4$ m untuk 3000m dan saluran drainase pada STA 14+950 dan STA 16+125 dengan dimensi 1.5m x 1.5m
 5. Rencana Anggaran Biaya untuk perencanaan peningkatan ruas jalan Trenggalek – Pacitan STA 14+000 – STA 17+000 adalah sebesar Rp 9,971,584,823 (sembilan milyar sembilan ratus tujuh puluh satu juta lima ratus lima ratus delapan puluh empat ribu delapan ratus dua puluh tiga rupiah)

8.2 Saran

Perencanaan peningkatan jalan ruas Trenggalek - Pacitan STA 14+000 - 17+000 Kabupaten Trenggalek ini direncanakan dengan umur rencana selama 10 tahun dimulai dari tahun 2015. Oleh karena itu perencanaan peningkatan ini hanya mampu digunakan dan bertahan hingga tahun 2025, maka setelah tahun 2025 Ruas jalan Trenggalek - Pacitan STA 14+000 – STA 17+000

Kabupaten Trenggalek perlu dievaluasi ulang mengenai kondisi jalan di tahun-tahun berikutnya.

Pada perencanaan drainase, kami hanya membuat saluran samping untuk keperluan penampungan/pengaliran air dari badan jalan (masing-masing sisi) dan daerah di sekitar/samping drainase. Kami juga tidak memperhitungkan dinding penahan. Sehingga disarankan sesudah akhir umur rencana berakhir, perlu diperhatikan ulang mengenai keadaan saluran sampingnya (drainase), apakah perlu diadakan perubahan terhadap lebar maupun kedalaman saluran drainase serta kondisi tebing di sekitar lokasi yang mungkin akan memerlukan adanya dinding penahan tanah.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

1. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Bina Marga, "Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997".
2. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Bina Marga, "Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen Bina Marga 1987"
3. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Bina Marga, "Tata Cara Tebal Lapis Tambahan (Overlay) menggunakan Analisa Komponen SNI 1732-1989B"
4. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Bina Marga, "Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota"
5. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Bina Marga, "Perencanaan Sistem Drainase Jalan Pd. T-02-2006-B"
6. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Bina Marga, "Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum"



STA : 17+500
 Lokasi : Kanan
 Sample : Titik 175

DATA LAPANGAN			PERHITUNGAN		
Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR
(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)
0	0	0			
1	1.2	12	12	2.08	17.91
2	2	20	20	2.50	22.29
3	2.5	25	25	3.00	27.50
4	3	30	30	3.33	30.94
5	4	40	40	3.13	28.85
6	4.5	45	45	3.33	30.94
7	5.3	53	53	3.30	30.63
8	5.8	58	58	3.45	32.19
9	6.5	65	65	3.46	32.29
10	7.1	71	71	3.52	32.92
11	8.2	82	82	3.35	31.15
12	9.5	95	95	3.16	29.17
13	11	110	110	2.95	26.98
14	12	120	120	2.92	26.27
15	13.5	135	135	2.78	25.21
16	15.4	154	154	2.60	23.33
17	17	170	170	2.50	22.29
18	18.4	184	184	2.45	21.77
19	20	200	200	2.38	21.04
20	22.2	222	222	2.25	19.69
				Rata-rata	26.69

STA : 17+400
 Lokasi : Kanan
 Sample : Titik 176

DATA LAPANGAN			PERHITUNGAN		
Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR
(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)
0	0	0			
1	3	30	30	0.83	6.13
2	5.1	51	51	0.98	7.39
3	6.2	62	62	1.21	9.55
4	8	80	80	1.25	9.93
5	9.2	92	92	1.36	10.98
6	10.4	104	104	1.44	11.74
7	11.5	115	115	1.52	12.51
8	12.6	126	126	1.59	13.17
9	14	140	140	1.61	13.36
10	15	150	150	1.67	13.94
11	16.1	161	161	1.71	14.32
12	17	170	170	1.76	14.79
13	17.5	175	175	1.86	15.75
14	18	180	180	1.94	16.51
15	19	190	190	1.97	16.79
16	20	200	200	2.00	17.08
17	21.2	212	212	2.00	17.08
18	22.3	223	223	2.02	17.29
19	23.4	234	234	2.03	17.39
20	24.5	245	245	2.04	17.5
				Rata-rata	13.66

STA : 17+300
 Lokasi : Kanan
 Sample : Titik 177

DATA LAPANGAN			PERHITUNGAN		
Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR
(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)
0	0	0			
1	1	10	10	2.50	22.29
2	1.5	15	15	3.33	30.94
3	2.8	28	28	2.68	24.17
4	3	30	30	3.33	30.94
5	3.8	38	38	3.29	30.52
6	5	50	50	3.00	27.50
7	5.7	57	57	3.07	28.23
8	6.5	65	65	3.08	28.33
9	7.8	78	78	2.88	26.25
10	8.9	89	89	2.81	25.52
11	10	100	100	2.75	24.90
12	10.9	109	109	2.75	24.90
13	12.3	123	123	2.64	23.75
14	13.5	135	135	2.59	23.23
15	14.7	147	147	2.55	22.81
16	16.3	163	163	2.45	21.77
17	17.5	175	175	2.43	21.56
18	19	190	190	2.37	20.94
19	20.3	203	203	2.34	20.62
20	21.7	217	217	2.30	20.21
				Rata-rata	24.97

STA : 17+200
 Lokasi : Kanan
 Sample : Titik 178

DATA LAPANGAN			PERHITUNGAN		
Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR
(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)
0	0	0			
1	0.9	9	9	2.78	25.21
2	1.5	15	15	3.33	30.94
3	2.3	23	23	3.26	30.21
4	2.9	29	29	3.45	32.19
5	3.6	36	36	3.47	32.40
6	4	40	40	3.75	35.32
7	5	50	50	3.50	32.71
8	6	60	60	3.33	30.94
9	7.1	71	71	3.17	29.27
10	8.1	81	81	3.09	28.44
11	9.3	93	93	2.96	27.08
12	11.1	111	111	2.70	24.37
13	13	130	130	2.50	22.29
14	16	160	160	2.19	19.06
15	18	180	180	2.08	17.91
16	21.2	212	212	1.89	16.03
17	23.4	234	234	1.82	15.36
18	26.1	261	261	1.72	14.41
19	29	290	290	1.64	13.65
20	31	310	310	1.61	13.36
				Rata-rata	24.56

STA : 17+100
 Lokasi : Kanan
 Sample : Titik 179

DATA LAPANGAN			PERHITUNGAN		
Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR
(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)
0	0	0			
1	1	10	10	2.50	22.29
2	3.6	36	36	1.39	11.27
3	5.7	57	57	1.32	10.60
4	7.5	75	75	1.33	10.69
5	9.2	92	92	1.36	10.98
6	10.6	106	106	1.42	11.55
7	12	120	120	1.46	11.93
8	13	130	130	1.54	12.70
9	14.2	142	142	1.58	13.08
10	15.3	153	153	1.63	13.55
11	17	170	170	1.62	13.46
12	18	180	180	1.67	13.94
13	19.4	194	194	1.68	14.03
14	21	210	210	1.67	13.94
15	23	230	230	1.63	13.55
16	24.5	245	245	1.63	13.55
17	26	260	260	1.63	13.55
18	28	280	280	1.61	13.36
19	29.5	295	295	1.61	13.36
20	31	310	310	1.61	13.36
				Rata-rata	13.24

STA : 17+000
 Lokasi : Kanan
 Sample : Titik 180

DATA LAPANGAN			PERHITUNGAN		
Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR
(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)
0	0	0			
1	2.5	25	25	1.00	7.55
2	4.2	42	42	1.19	9.36
3	6	60	60	1.25	9.93
4	7.3	73	73	1.37	11.08
5	8.4	84	84	1.49	12.22
6	9.9	99	99	1.52	12.51
7	11.3	113	113	1.55	12.79
8	13.4	134	134	1.49	12.22
9	15.6	156	156	1.44	11.74
10	18.7	187	187	1.34	10.79
11	21	210	210	1.31	10.50
12	24	240	240	1.25	9.93
13	27.6	276	276	1.18	9.27
14	31.4	314	314	1.11	8.6
15	38	380	380	0.99	7.47
16	41	410	410	0.98	7.39
17	42.4	424	424	1.00	7.55
18	43	430	430	1.05	8.03
19	45.5	455	455	1.04	7.93
20	47	470	470	1.06	8.12
				Rata-rata	9.75

STA : 16+900
 Lokasi : Kanan
 Sample : Titik 181

DATA LAPANGAN			PERHITUNGAN		
Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR
(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)
0	0	0			
1	1.6	16	16	1.56	12.89
2	3.2	32	32	1.56	12.89
3	4.5	45	45	1.67	13.94
4	5.8	58	58	1.72	14.41
5	7.1	71	71	1.76	14.79
6	8.6	86	86	1.74	14.60
7	10.4	104	104	1.68	14.03
8	11.4	114	114	1.75	14.70
9	13	130	130	1.73	14.51
10	15	150	150	1.67	13.94
11	17.2	172	172	1.60	13.27
12	20	200	200	1.50	12.32
13	22.9	229	229	1.42	11.55
14	25	250	250	1.40	11.36
15	27	270	270	1.39	11.27
16	29.9	299	299	1.34	10.79
17	32.8	328	328	1.30	10.41
18	36.1	361	361	1.25	9.93
19	37.1	371	371	1.28	10.22
20	44	440	440	1.14	8.88
Rata-rata					12.54

STA : 16+800
 Lokasi : Kanan
 Sample : Titik 182

DATA LAPANGAN			PERHITUNGAN		
Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR
(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)
0	0	0			
1	2.1	21	21	1.19	9.36
2	4.2	42	42	1.19	9.36
3	6	60	60	1.25	9.93
4	7.4	74	74	1.35	10.89
5	9.4	94	94	1.33	10.69
6	11.3	113	113	1.33	10.69
7	13.5	135	135	1.30	10.41
8	15.6	156	156	1.28	10.22
9	17.3	173	173	1.30	10.41
10	20.1	201	201	1.24	9.84
11	23	230	230	1.20	9.46
12	26	260	260	1.15	8.98
13	28.8	288	288	1.13	8.79
14	31	310	310	1.13	8.79
15	33.2	332	332	1.13	8.79
16	36.2	362	362	1.10	8.5
17	39.4	394	394	1.08	8.31
18	40	400	400	1.13	8.79
19	43.3	433	433	1.10	8.5
20	48	480	480	1.04	7.93
Rata-rata					9.43

STA : 16+700
 Lokasi : Kanan
 Sample : Titik 183

DATA LAPANGAN			PERHITUNGAN		
Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR
(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)
0	0	0			
1	1.2	12	12	2.08	17.91
2	2	20	20	2.50	22.29
3	3	30	30	2.50	22.29
4	4.5	45	45	2.22	19.37
5	6.7	67	67	1.87	15.84
6	8.1	81	81	1.85	15.65
7	10.1	101	101	1.73	14.51
8	12	120	120	1.67	13.94
9	13	130	130	1.73	14.51
10	14	140	140	1.79	15.08
11	15.1	151	151	1.82	15.36
12	16	160	160	1.88	15.94
13	17	170	170	1.91	16.22
14	18	180	180	1.94	16.51
15	19	190	190	1.97	16.79
16	20.1	201	201	1.99	16.98
17	21.4	214	214	1.99	16.98
18	23	230	230	1.96	16.7
19	24.5	245	245	1.94	16.51
20	26	260	260	1.92	16.32
Rata-rata					16.79

STA : 16+600
 Lokasi : Kanan
 Sample : Titik 184

DATA LAPANGAN			PERHITUNGAN		
Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR
(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)
0	0	0			
1	0.9	9	9	2.78	25.21
2	1.3	13	13	3.85	36.36
3	2	20	20	3.75	35.32
4	2.9	29	29	3.45	32.19
5	3.4	34	34	3.68	34.59
6	4.5	45	45	3.33	30.94
7	5.7	57	57	3.07	28.23
8	7	70	70	2.86	26.04
9	8.4	84	84	2.68	24.17
10	10.5	105	105	2.38	21.04
11	13.5	135	135	2.04	17.50
12	16.3	163	163	1.84	15.56
13	18.5	185	185	1.76	14.79
14	21	210	210	1.67	13.94
15	23.5	235	235	1.60	13.27
16	26.7	267	267	1.50	12.32
17	29.5	295	295	1.44	11.74
18	32	320	320	1.41	11.46
19	35.4	354	354	1.34	10.79
20	38.4	384	384	1.30	10.41
Rata-rata					21.29

STA : 16+500
 Lokasi : Kanan
 Sample : Titik 185

DATA LAPANGAN			PERHITUNGAN		
Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR
(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)
0	0	0			
1	2.5	25	25	1.00	7.55
2	4.6	46	46	1.09	8.41
3	6.2	62	62	1.21	9.55
4	7.4	74	74	1.35	10.89
5	8.5	85	85	1.47	12.03
6	11	110	110	1.36	10.98
7	11.5	115	115	1.52	12.51
8	12	120	120	1.67	13.94
9	13	130	130	1.73	14.51
10	13.6	136	136	1.84	15.56
11	14.1	141	141	1.95	16.60
12	14.6	146	146	2.05	17.60
13	15	150	150	2.17	18.85
14	15.3	153	153	2.29	20.1
15	15.6	156	156	2.40	21.25
16	16	160	160	2.50	22.29
17	16.6	166	166	2.56	22.92
18	17	170	170	2.65	23.85
19	17.5	175	175	2.71	24.48
20	18	180	180	2.78	25.21
Rata-rata					16.45

STA : 16+400
 Lokasi : Kanan
 Sample : Titik 186

DATA LAPANGAN			PERHITUNGAN		
Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR
(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)
0	0	0			
1	4.5	45	45	0.56	3.90
2	6.5	65	65	0.77	5.63
3	7.3	73	73	1.03	7.84
4	8.1	81	81	1.23	9.74
5	9	90	90	1.39	11.27
6	10	100	100	1.50	12.32
7	10.3	103	103	1.70	14.22
8	10.9	109	109	1.83	15.46
9	11.1	111	111	2.03	17.39
10	11.6	116	116	2.16	18.75
11	12.1	121	121	2.27	19.89
12	13.5	135	135	2.22	19.37
13	13.9	139	139	2.34	20.62
14	14	140	140	2.50	22.29
15	14.5	145	145	2.59	23.23
16	15.1	151	151	2.65	23.85
17	15.6	156	156	2.72	24.58
18	16	160	160	2.81	25.52
19	16.5	165	165	2.88	26.25
20	16.9	169	169	2.96	27.08
Rata-rata					17.46

STA : 16+300
 Lokasi : Kanan
 Sample : Titik 187

DATA LAPANGAN						PERHITUNGAN					
Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR	Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR
(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)	(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)
0	0	0				0	0	0			
1	1.9	19	19	1.32	10.60	1	3	30	30	0.83	6.13
2	3.5	35	35	1.43	11.65	2	4.9	49	49	1.02	7.74
3	4.2	42	42	1.79	15.08	3	6.1	61	61	1.23	9.74
4	5.2	52	52	1.92	16.32	4	8.1	81	81	1.23	9.74
5	6	60	60	2.08	17.91	5	10	100	100	1.25	9.93
6	8	80	80	1.88	15.94	6	11.2	112	112	1.34	10.79
7	9.1	91	91	1.92	16.32	7	13	130	130	1.35	10.89
8	10.2	102	102	1.96	16.70	8	14.5	145	145	1.38	11.17
9	12	120	120	1.88	15.94	9	15.6	156	156	1.44	11.74
10	13	130	130	1.92	16.32	10	17	170	170	1.47	12.03
11	14	140	140	1.96	16.70	11	18.1	181	181	1.52	12.51
12	16	160	160	1.88	15.94	12	19.2	192	192	1.56	12.89
13	17.8	178	178	1.83	15.46	13	20.3	203	203	1.60	13.27
14	19.5	195	195	1.79	15.08	14	21.5	215	215	1.63	13.55
15	21.2	212	212	1.77	14.89	15	22.4	224	224	1.67	13.94
16	24	240	240	1.67	13.94	16	24.2	242	242	1.65	13.74
17	27	270	270	1.57	12.98	17	25.9	259	259	1.64	13.65
18	29.9	299	299	1.51	12.41	18	27	270	270	1.67	13.94
19	32.5	325	325	1.46	11.93	19	28.4	284	284	1.67	13.94
20	35.3	353	353	1.42	11.55	20	30.5	305	305	1.64	13.85
				Rata-rata	14.68					Rata-rata	11.75

STA : 16+200
 Lokasi : Kanan
 Sample : Titik 188

DATA LAPANGAN						PERHITUNGAN					
Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR	Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR
(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)	(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)
0	0	0				0	0	0			
1	3	30	30	0.83	6.13	1	3	30	30	0.83	6.13
2	4.9	49	49	1.02	7.74	2	4.9	49	49	1.02	7.74
3	6.1	61	61	1.23	9.74	3	6.1	61	61	1.23	9.74
4	8.1	81	81	1.23	9.74	4	8.1	81	81	1.23	9.74
5	10	100	100	1.25	9.93	5	10	100	100	1.25	9.93
6	11.2	112	112	1.34	10.79	6	11.2	112	112	1.34	10.79
7	13	130	130	1.35	10.89	7	13	130	130	1.35	10.89
8	14.5	145	145	1.38	11.17	8	14.5	145	145	1.38	11.17
9	15.6	156	156	1.44	11.74	9	15.6	156	156	1.44	11.74
10	17	170	170	1.47	12.03	10	17	170	170	1.47	12.03
11	18.1	181	181	1.52	12.51	11	18.1	181	181	1.52	12.51
12	19.2	192	192	1.56	12.89	12	19.2	192	192	1.56	12.89
13	20.3	203	203	1.60	13.27	13	20.3	203	203	1.60	13.27
14	21.5	215	215	1.63	13.55	14	21.5	215	215	1.63	13.55
15	22.4	224	224	1.67	13.94	15	22.4	224	224	1.67	13.94
16	24.2	242	242	1.65	13.74	16	24.2	242	242	1.65	13.74
17	25.9	259	259	1.64	13.65	17	25.9	259	259	1.64	13.65
18	27	270	270	1.67	13.94	18	27	270	270	1.67	13.94
19	28.4	284	284	1.67	13.94	19	28.4	284	284	1.67	13.94
20	30.5	305	305	1.64	13.85	20	30.5	305	305	1.64	13.85
				Rata-rata	11.75					Rata-rata	11.75

STA : 16+100
 Lokasi : Kanan
 Sample : Titik 189

DATA LAPANGAN						PERHITUNGAN					
Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR	Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR
(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)	(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)
0	0	0				0	0	0			
1	3.4	34	34	0.74	5.39	1	3.4	34	34	0.74	5.39
2	5.9	59	59	0.85	6.31	2	5.9	59	59	0.85	6.31
3	7.5	75	75	1.00	7.55	3	7.5	75	75	1.00	7.55
4	8.6	86	86	1.16	9.07	4	8.6	86	86	1.16	9.07
5	10	100	100	1.25	9.93	5	10	100	100	1.25	9.93
6	11.2	112	112	1.34	10.79	6	11.2	112	112	1.34	10.79
7	12.1	121	121	1.45	11.84	7	12.1	121	121	1.45	11.84
8	13.5	135	135	1.48	12.12	8	13.5	135	135	1.48	12.12
9	14.6	146	146	1.54	12.70	9	14.6	146	146	1.54	12.70
10	15.3	153	153	1.63	13.55	10	15.3	153	153	1.63	13.55
11	16.7	167	167	1.65	13.74	11	16.7	167	167	1.65	13.74
12	17.6	176	176	1.70	14.22	12	17.6	176	176	1.70	14.22
13	19	190	190	1.71	14.32	13	19	190	190	1.71	14.32
14	20	200	200	1.75	14.7	14	20	200	200	1.75	14.7
15	21	210	210	1.79	15.08	15	21	210	210	1.79	15.08
16	22.1	221	221	1.81	15.27	16	22.1	221	221	1.81	15.27
17	23.4	234	234	1.82	15.36	17	23.4	234	234	1.82	15.36
18	24.6	246	246	1.83	15.46	18	24.6	246	246	1.83	15.46
19	26	260	260	1.83	15.46	19	26	260	260	1.83	15.46
20	27	270	270	1.85	15.65	20	27	270	270	1.85	15.65
				Rata-rata	12.43					Rata-rata	12.43

STA : 16+000
 Lokasi : Kanan
 Sample : Titik 190

DATA LAPANGAN						PERHITUNGAN					
Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR	Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR
(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)	(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)
0	0	0				0	0	0			
1	1.2	12	12	2.08	17.91	1	1.4	14	14	1.79	15.08
2	2.4	24	24	2.08	17.91	2	2.6	26	26	1.92	16.32
3	4	40	40	1.88	15.94	3	4	40	40	1.88	15.94
4	5.3	53	53	1.89	16.03	4	5.1	51	51	1.96	16.70
5	6.7	67	67	1.87	15.84	5	6.2	62	62	2.02	17.29
6	8.2	82	82	1.83	15.46	6	7.1	71	71	2.11	18.23
7	10	100	100	1.75	14.70	7	8.3	83	83	2.11	18.23
8	12	120	120	1.67	13.94	8	9	90	90	2.22	19.37
9	15	150	150	1.50	12.32	9	10.1	101	101	2.23	19.48
10	17.2	172	172	1.45	11.84	10	11.3	113	113	2.21	19.27
11	20	200	200	1.38	11.17	11	13	130	130	2.12	18.33
12	24	240	240	1.25	9.93	12	14	140	140	2.14	18.54
13	29	290	290	1.12	8.69	13	15.1	151	151	2.15	18.64
14	32	320	320	1.09	8.41	14	15.9	159	159	2.20	19.16
15	35	350	350	1.07	8.22	15	17	170	170	2.21	19.27
16	37.1	371	371	1.08	8.31	16	18.1	181	181	2.21	19.27
17	39	390	390	1.09	8.41	17	19	190	190	2.24	19.58
18	40.6	406	406	1.11	8.6	18	20.1	201	201	2.24	19.58
19	42.2	422	422	1.13	8.79	19	21.1	211	211	2.25	19.69
20	43.4	434	434	1.15	8.98	20	22.1	221	221	2.26	19.79
				Rata-rata	12.07					Rata-rata	18.39

STA : 15+900
 Lokasi : Kanan
 Sample : Titik 191

DATA LAPANGAN						PERHITUNGAN					
Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR	Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR
(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)	(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)
0	0	0				0	0	0			
1	1.4	14	14	1.79	15.08	1	1.4	14	14	1.79	15.08
2	2.6	26	26	1.92	16.32	2	2.6	26	26	1.92	16.32
3	4	40	40	1.88	15.94	3	4	40	40	1.88	15.94
4	5.1	51	51	1.96	16.70	4	5.1	51	51	1.96	16.70
5	6.2	62	62	2.02	17.29	5	6.2	62	62	2.02	17.29
6	7.1	71	71	2.11	18.23	6	7.1	71	71	2.11	18.23
7	8.3	83	83	2.11	18.23	7	8.3	83	83	2.11	18.23
8	9	90	90	2.22	19.37	8	9	90	90	2.22	19.37
9	10.1	101	101	2.23	19.48	9	10.1	101	101	2.23	19.48
10	11.3	113	113	2.21	19.27	10	11.3	113	113	2.21	19.27
11	13	130	130	2.12	18.33	11	13	130	130	2.12	18.33
12	14	140	140	2.14	18.54	12	14	140	140	2.14	18.54
13	15.1	151	151	2.15	18.64	13	15.1	151	151	2.15	18.64
14	15.9	159	159	2.20	19.16	14	15.9	159	159	2.20	19.16
15	17	170	170	2.21	19.27	15	17	170	170	2.21	19.27
16	18.1	181	181	2.21	19.27	16	18.1	181	181	2.21	19.27
17	19	190	190	2.24	19.58	17					

STA : 15+700
 Lokasi : Kanan
 Sample : Titik 193

DATA LAPANGAN						PERHITUNGAN					
Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR	Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR
(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)	(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)
0	0	0				0	0	0			
1	2.2	22	22	1.14	8.88	1	2	20	20	1.25	9.93
2	3	30	30	1.67	13.94	2	4	40	40	1.25	9.93
3	4.2	42	42	1.79	15.08	3	6	60	60	1.25	9.93
4	5.6	56	56	1.79	15.08	4	8	80	80	1.25	9.93
5	7	70	70	1.79	15.08	5	10.1	101	101	1.24	9.84
6	8.3	83	83	1.81	15.27	6	13	130	130	1.15	8.98
7	9.4	94	94	1.86	15.75	7	15	150	150	1.17	9.17
8	10.2	102	102	1.96	16.70	8	17	170	170	1.18	9.27
9	11	110	110	2.05	17.60	9	18.6	186	186	1.21	9.55
10	12	120	120	2.08	17.91	10	20.1	201	201	1.24	9.84
11	13	130	130	2.12	18.33	11	22.5	225	225	1.22	9.65
12	14	140	140	2.14	18.54	12	24	240	240	1.25	9.93
13	15.2	152	152	2.14	18.54	13	27	270	270	1.20	9.46
14	16.4	164	164	2.13	18.43	14	30.1	301	301	1.16	9.07
15	17.9	179	179	2.09	18.02	15	33.8	338	338	1.11	8.6
16	20.2	202	202	1.98	16.89	16	37.5	375	375	1.07	8.22
17	22.1	221	221	1.92	16.32	17	40	400	400	1.06	8.12
18	24.6	246	246	1.83	15.46	18	42.3	423	423	1.06	8.12
19	26.7	267	267	1.78	14.98	19	44.6	446	446	1.07	8.22
20	28.6	286	286	1.75	14.7	20	47.5	475	475	1.05	8.03
				Rata-rata	16.08					Rata-rata	9.19

STA : 15+600
 Lokasi : Kanan
 Sample : Titik 194

DATA LAPANGAN						PERHITUNGAN					
Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR	Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR
(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)	(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)
0	0	0				0	0	0			
1	2	20	20	1.25	9.93	1	2	20	20	1.25	9.93
2	4	40	40	1.25	9.93	2	4	40	40	1.25	9.93
3	6	60	60	1.25	9.93	3	6	60	60	1.25	9.93
4	8	80	80	1.25	9.93	4	8	80	80	1.25	9.93
5	10.1	101	101	1.24	9.84	5	10.1	101	101	1.24	9.84
6	13	130	130	1.15	8.98	6	13	130	130	1.15	8.98
7	15	150	150	1.17	9.17	7	15	150	150	1.17	9.17
8	17	170	170	1.18	9.27	8	17	170	170	1.18	9.27
9	18.6	186	186	1.21	9.55	9	18.6	186	186	1.21	9.55
10	20.1	201	201	1.24	9.84	10	20.1	201	201	1.24	9.84
11	22.5	225	225	1.22	9.65	11	22.5	225	225	1.22	9.65
12	24	240	240	1.25	9.93	12	24	240	240	1.25	9.93
13	27	270	270	1.20	9.46	13	27	270	270	1.20	9.46
14	30.1	301	301	1.16	9.07	14	30.1	301	301	1.16	9.07
15	33.8	338	338	1.11	8.6	15	33.8	338	338	1.11	8.6
16	37.5	375	375	1.07	8.22	16	37.5	375	375	1.07	8.22
17	40	400	400	1.06	8.12	17	40	400	400	1.06	8.12
18	42.3	423	423	1.06	8.12	18	42.3	423	423	1.06	8.12
19	44.6	446	446	1.07	8.22	19	44.6	446	446	1.07	8.22
20	47.5	475	475	1.05	8.03	20	47.5	475	475	1.05	8.03
				Rata-rata	9.19					Rata-rata	9.19

STA : 15+500
 Lokasi : Kanan
 Sample : Titik 195

DATA LAPANGAN						PERHITUNGAN					
Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR	Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR
(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)	(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)
0	0	0				0	0	0			
1	2.5	25	25	1.00	7.55	1	2.5	25	25	1.00	7.55
2	4.6	46	46	1.09	8.41	2	4.6	46	46	1.09	8.41
3	6.5	65	65	1.15	8.98	3	6.5	65	65	1.15	8.98
4	9	90	90	1.11	8.60	4	9	90	90	1.11	8.60
5	11.2	112	112	1.12	8.69	5	11.2	112	112	1.12	8.69
6	13	130	130	1.15	8.98	6	13	130	130	1.15	8.98
7	14.6	146	146	1.20	9.46	7	14.6	146	146	1.20	9.46
8	16.2	162	162	1.23	9.74	8	16.2	162	162	1.23	9.74
9	18.6	186	186	1.21	9.55	9	18.6	186	186	1.21	9.55
10	20.2	202	202	1.24	9.84	10	20.2	202	202	1.24	9.84
11	22.4	224	224	1.23	9.74	11	22.4	224	224	1.23	9.74
12	25	250	250	1.20	9.46	12	25	250	250	1.20	9.46
13	27.4	274	274	1.19	9.36	13	27.4	274	274	1.19	9.36
14	30	300	300	1.17	9.17	14	30	300	300	1.17	9.17
15	31.9	319	319	1.18	9.27	15	31.9	319	319	1.18	9.27
16	36.5	365	365	1.10	8.5	16	36.5	365	365	1.10	8.5
17	40	400	400	1.06	8.12	17	40	400	400	1.06	8.12
18	43	430	430	1.05	8.03	18	43	430	430	1.05	8.03
19	45.6	456	456	1.04	7.93	19	45.6	456	456	1.04	7.93
20	49	490	490	1.02	7.74	20	49	490	490	1.02	7.74
				Rata-rata	8.86					Rata-rata	8.86

STA : 15+400
 Lokasi : Kanan
 Sample : Titik 196

DATA LAPANGAN						PERHITUNGAN					
Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR	Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR
(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)	(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)
0	0	0				0	0	0			
1	4	40	40	0.63	4.48	1	4	40	40	0.63	4.48
2	7	70	70	0.71	5.15	2	7	70	70	0.71	5.15
3	10.6	106	106	0.71	5.15	3	10.6	106	106	0.71	5.15
4	13	130	130	0.77	5.63	4	13	130	130	0.77	5.63
5	14.6	146	146	0.86	6.40	5	14.6	146	146	0.86	6.40
6	16.9	169	169	0.89	6.66	6	16.9	169	169	0.89	6.66
7	19.2	192	192	0.91	6.83	7	19.2	192	192	0.91	6.83
8	22	220	220	0.91	6.83	8	22	220	220	0.91	6.83
9	25.6	256	256	0.88	6.57	9	25.6	256	256	0.88	6.57
10	29.4	294	294	0.85	6.31	10	29.4	294	294	0.85	6.31
11	33	330	330	0.83	6.13	11	33	330	330	0.83	6.13
12	37	370	370	0.81	5.96	12	37	370	370	0.81	5.96
13	41	410	410	0.79	5.79	13	41	410	410	0.79	5.79
14	44.2	442	442	0.79	5.79	14	44.2	442	442	0.79	5.79
15	48	480	480	0.78	5.71	15	48	480	480	0.78	5.71
16	52	520	520	0.77	5.63	16	52	520	520	0.77	5.63
17	55.2	552	552	0.77	5.63	17	55.2	552	552	0.77	5.63
18	58.9	589	589	0.76	5.55	18	58.9	589	589	0.76	5.55
19	62	620	620	0.77	5.63	19	62	620	620	0.77	5.63
20	65.5	655	655	0.76	5.55	20	65.5	655	655	0.76	5.55
				Rata-rata	5.87					Rata-rata	5.87

STA : 15+300
 Lokasi : Kanan
 Sample : Titik 197

DATA LAPANGAN						PERHITUNGAN					
Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR	Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR
(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)	(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)
0	0	0				0	0	0			
1	2.5	25	25	1.00	7.55	1	2.5	25	25	1.00	7.55
2	4	40	40	1.25	9.93	2	4	40	40	1.25	9.93
3	6	60	60	1.25	9.93	3	6	60	60	1.25	9.93
4	8	80	80	1.25	9.93	4	8	80	80	1.25	9.93
5	9.7	97	97	1.29	10.31	5	9.7	97	97	1.29	10.31
6	11.2	112	112	1.34	10.79	6	11.2	112	112	1.34	10.79
7	13	130	130	1.35	10.89	7	13	130	130	1.35	10.89
8	14.6	146	146	1.37	11.08	8	14.6	146	146	1.37	11.08
9	16.5	165	165	1.36	10.98	9	16.5	165	165	1.36	10.98
10	18.6	186	186	1.34	10.79	10	18.6	186	186	1.34	10.79
11	20.2	202	202	1.36	10.98	11	20.2	202	202	1.36	10.98
12	22	220	220	1.36	10.98	12	22	220	220	1.36	10.98
13	24.6	246	246	1.32	10.6	13	24.6	246	246	1.32	10.6
14	26	260	260	1.35	10.89	14	26	260	260	1.35	10.89
15	28	280	280	1.34	10.79	15	28	280	280	1.34	10.79
16	30	300	300	1.33	10.69	16	30	300	300	1.33	10.69
17	32.2	322	322	1.32	10.6	17	32.2	322	322	1.32	10.6
18	34.1	341	341	1.32	10.6	18	34.1	341	341		

STA : 15+100
 Lokasi : Kanan
 Sample : Titik 199

DATA LAPANGAN			PERHITUNGAN		
Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR
(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)
0	0	0			
1	0.9	9	9	2.78	25.21
2	2.5	25	25	2.00	17.08
3	3.6	36	36	2.08	17.91
4	4.5	45	45	2.22	19.37
5	5.4	54	54	2.31	20.31
6	6.3	63	63	2.38	21.04
7	7.3	73	73	2.40	21.25
8	8.6	86	86	2.33	20.52
9	9.6	96	96	2.34	20.62
10	11.1	111	111	2.25	19.69
11	12.2	122	122	2.25	19.69
12	14	140	140	2.14	18.54
13	15.3	153	153	2.12	18.33
14	17	170	170	2.06	17.71
15	18.3	183	183	2.05	17.6
16	19.2	192	192	2.08	17.91
17	21.1	211	211	2.01	17.18
18	22.4	224	224	2.01	17.18
19	24.3	243	243	1.95	16.6
20	25.5	255	255	1.96	16.7
				Rata-rata	19.02

STA : 15+000
 Lokasi : Kanan
 Sample : Titik 200

DATA LAPANGAN			PERHITUNGAN		
Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR
(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)
0	0	0			
1	6	60	60	0.42	2.82
2	9.2	92	92	0.54	3.74
3	11.2	112	112	0.67	4.82
4	13	130	130	0.77	5.63
5	14	140	140	0.89	6.66
6	15.2	152	152	0.99	7.47
7	16	160	160	1.09	8.41
8	17.1	171	171	1.17	9.17
9	18	180	180	1.25	9.93
10	18.9	189	189	1.32	10.60
11	19.5	195	195	1.41	11.46
12	20.4	204	204	1.47	12.03
13	21.4	214	214	1.52	12.51
14	22.1	221	221	1.58	13.08
15	23.3	233	233	1.61	13.36
16	24.1	241	241	1.66	13.84
17	25.2	252	252	1.69	14.13
18	26.1	261	261	1.72	14.41
19	27.4	274	274	1.73	14.51
20	28.3	283	283	1.77	14.89
				Rata-rata	10.17

STA : 14+900
 Lokasi : Kanan
 Sample : Titik 201

DATA LAPANGAN			PERHITUNGAN		
Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR
(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)
0	0	0			
1	1	10	10	2.50	22.29
2	2.5	25	25	2.00	17.08
3	3.4	34	34	2.21	19.27
4	5	50	50	2.00	17.08
5	6.1	61	61	2.05	17.60
6	7.2	72	72	2.08	17.91
7	8.6	86	86	2.03	17.39
8	10	100	100	2.00	17.08
9	14	140	140	1.61	13.36
10	20	200	200	1.25	9.93
11	22.3	223	223	1.23	9.74
12	24.5	245	245	1.22	9.65
13	26.2	262	262	1.24	9.84
14	27.6	276	276	1.27	10.12
15	28.9	289	289	1.30	10.41
16	29.5	295	295	1.36	10.98
17	31.4	314	314	1.35	10.89
18	33	330	330	1.36	10.98
19	34	340	340	1.40	11.36
20	35.5	355	355	1.41	11.46
				Rata-rata	13.72

STA : 14+800
 Lokasi : Kanan
 Sample : Titik 202

DATA LAPANGAN			PERHITUNGAN		
Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR
(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)
0	0	0			
1	2	20	20	1.25	9.93
2	3.4	34	34	1.47	12.03
3	5.3	53	53	1.42	11.55
4	7.1	71	71	1.41	11.46
5	9	90	90	1.39	11.27
6	10.2	102	102	1.47	12.03
7	11.6	116	116	1.51	12.41
8	13	130	130	1.54	12.70
9	14	140	140	1.61	13.36
10	15	150	150	1.67	13.94
11	16	160	160	1.72	14.41
12	16.9	169	169	1.78	14.98
13	17.6	176	176	1.85	15.65
14	18	180	180	1.94	16.51
15	18.6	186	186	2.02	17.29
16	19.7	197	197	2.03	17.39
17	20.2	202	202	2.10	18.12
18	21.3	213	213	2.11	18.23
19	22.1	221	221	2.15	18.64
20	23	230	230	2.17	18.85
				Rata-rata	14.54

STA : 14+700
 Lokasi : Kanan
 Sample : Titik 203

DATA LAPANGAN			PERHITUNGAN		
Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR
(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)
0	0	0			
1	2.1	21	21	1.19	9.36
2	4.1	41	41	1.22	9.65
3	7.6	76	76	0.99	7.47
4	10.1	101	101	0.99	7.47
5	12.5	125	125	1.00	7.55
6	16.5	165	165	0.91	6.83
7	19	190	190	0.92	6.91
8	20.6	206	206	0.97	7.31
9	22.5	225	225	1.00	7.55
10	24	240	240	1.04	7.93
11	25.6	256	256	1.07	8.22
12	27	270	270	1.11	8.60
13	28.5	285	285	1.14	8.88
14	30	300	300	1.17	9.17
15	31.2	312	312	1.20	9.46
16	33.2	332	332	1.20	9.46
17	35	350	350	1.21	9.55
18	37	370	370	1.22	9.65
19	39.1	391	391	1.21	9.55
20	41.5	415	415	1.20	9.46
				Rata-rata	8.50

STA : 14+600
 Lokasi : Kanan
 Sample : Titik 204

DATA LAPANGAN			PERHITUNGAN		
Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi	Tumbukan	Nilai CBR
(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)	(MM)	per (25 MM)	(%)
0	0	0			
1	0.8	8	8	3.13	28.85
2	1.9	19	19	2.63	23.64
3	3.1	31	31	2.42	21.46
4	4.4	44	44	2.27	19.89
5	5.6	56	56	2.23	19.48
6	6.7	67	67	2.24	19.58
7	8.2	82	82	2.13	18.43
8	10	100	100	2.00	17.08
9	12	120	120	1.88	15.94
10	14	140	140	1.79	15.08
11	16	160	160	1.72	14.41
12	18	180	180	1.67	13.94
13	19	190	190	1.71	14.32
14	21	210	210	1.67	13.94
15	22.2	222	222	1.69	14.13
16	23.4	234	234	1.71	14.32
17	24.1	241	241	1.76	14.79
18	26.2	262	262	1.72	14.41
19	27.1	271	271	1.75	14.7
20	28.7	287	287	1.74	14.6
				Rata-rata	17.15

STA : 14+500
 Lokasi : Kanan
 Sample : Titik 205

STA : 14+400
 Lokasi : Kanan
 Sample : Titik 206

STA : 14+300
 Lokasi : Kanan
 Sample : Titik 207

DATA LAPANGAN			PERHITUNGAN		
Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi (MM)	Tumbukan	Nilai CBR
(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)		per (25 MM)	(%)
0	0	0			
1	2	20	20	1.25	9.93
2	4	40	40	1.25	9.93
3	5.6	56	56	1.34	10.79
4	7.9	79	79	1.27	10.12
5	9.9	99	99	1.26	10.03
6	11.5	115	115	1.30	10.41
7	13.4	134	134	1.31	10.50
8	15	150	150	1.33	10.69
9	16.7	167	167	1.35	10.89
10	18	180	180	1.39	11.27
11	20.6	206	206	1.33	10.69
12	22.4	224	224	1.34	10.79
13	24	240	240	1.35	10.89
14	26	260	260	1.35	10.89
15	27.4	274	274	1.37	11.08
16	29.4	294	294	1.36	10.98
17	31.2	312	312	1.36	10.98
18	33.4	334	334	1.35	10.89
19	35.6	356	356	1.33	10.69
20	37.2	372	372	1.34	10.79
				Rata-rata	10.66

DATA LAPANGAN			PERHITUNGAN		
Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi (MM)	Tumbukan	Nilai CBR
(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)		per (25 MM)	(%)
0	0	0			
1	1.3	13	13	1.92	16.32
2	2.3	23	23	2.17	18.85
3	4.3	43	43	1.74	14.60
4	5.9	59	59	1.69	14.13
5	7.8	78	78	1.60	13.27
6	9.8	98	98	1.53	12.60
7	11.3	113	113	1.55	12.79
8	13	130	130	1.54	12.70
9	14.6	146	146	1.54	12.70
10	15.6	156	156	1.60	13.27
11	17	170	170	1.62	13.46
12	18	180	180	1.67	13.94
13	19.2	192	192	1.69	14.13
14	20.1	201	201	1.74	14.60
15	21.5	215	215	1.74	14.60
16	22.3	223	223	1.79	15.08
17	23.4	234	234	1.82	15.36
18	24.6	246	246	1.83	15.46
19	25.7	257	257	1.85	15.65
20	26.6	266	266	1.88	15.94
				Rata-rata	14.47

DATA LAPANGAN			PERHITUNGAN		
Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi (MM)	Tumbukan	Nilai CBR
(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)		per (25 MM)	(%)
0	0	0			
1	1	10	10	2.50	22.29
2	3.2	32	32	1.56	12.89
3	5	50	50	1.50	12.32
4	7.2	72	72	1.39	11.27
5	9.2	92	92	1.36	10.98
6	11.5	115	115	1.30	10.41
7	14.3	143	143	1.22	9.65
8	16.7	167	167	1.20	9.46
9	18.9	189	189	1.19	9.36
10	20.3	203	203	1.23	9.74
11	22.4	224	224	1.23	9.74
12	23.5	235	235	1.28	10.22
13	24.6	246	246	1.32	10.6
14	25.7	257	257	1.36	10.98
15	27	270	270	1.39	11.27
16	29.3	293	293	1.37	11.08
17	31.2	312	312	1.36	10.98
18	32.4	324	324	1.39	11.27
19	33.3	333	333	1.43	11.65
20	35.1	351	351	1.42	11.55
				Rata-rata	11.39

STA : 14+200
 Lokasi : Kanan
 Sample : Titik 208

STA : 14+100
 Lokasi : Kanan
 Sample : Titik 209

STA : 14+000
 Lokasi : Kanan
 Sample : Titik 210

DATA LAPANGAN			PERHITUNGAN		
Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi (MM)	Tumbukan	Nilai CBR
(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)		per (25 MM)	(%)
0	0	0			
1	3	30	30	0.83	6.13
2	6.1	61	61	0.82	6.04
3	8	80	80	0.94	7.07
4	9.2	92	92	1.09	8.41
5	11	110	110	1.14	8.88
6	12	120	120	1.25	9.93
7	13.2	132	132	1.33	10.69
8	15.5	155	155	1.29	10.31
9	17.8	178	178	1.26	10.03
10	19.8	198	198	1.26	10.03
11	22	220	220	1.25	9.93
12	23	230	230	1.30	10.41
13	25	250	250	1.30	10.41
14	27	270	270	1.30	10.41
15	29	290	290	1.29	10.31
16	31	310	310	1.29	10.31
17	33.1	331	331	1.28	10.22
18	36	360	360	1.25	9.93
19	39	390	390	1.22	9.65
20	42.6	426	426	1.17	9.17
				Rata-rata	9.41

DATA LAPANGAN			PERHITUNGAN		
Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi (MM)	Tumbukan	Nilai CBR
(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)		per (25 MM)	(%)
0	0	0			
1	3	30	30	0.83	6.13
2	7.1	71	71	0.70	5.07
3	10.1	101	101	0.74	5.39
4	14.6	146	146	0.68	4.90
5	15.9	159	159	0.79	5.79
6	18	180	180	0.83	6.13
7	20.3	203	203	0.86	6.40
8	21.3	213	213	0.94	7.07
9	22.4	224	224	1.00	7.55
10	24	240	240	1.04	7.93
11	26	260	260	1.06	8.12
12	28	280	280	1.07	8.22
13	29.1	291	291	1.12	8.69
14	30.1	301	301	1.16	9.07
15	32	320	320	1.17	9.17
16	33.1	331	331	1.21	9.55
17	35.6	356	356	1.19	9.36
18	36.4	364	364	1.24	9.84
19	37.4	374	374	1.27	10.12
20	39	390	390	1.28	10.22
				Rata-rata	7.74

DATA LAPANGAN			PERHITUNGAN		
Tumbukan	Pembacaan	Pembacaan	Penetrasi (MM)	Tumbukan	Nilai CBR
(N)	Mistar (CM)	Mistar (MM)		per (25 MM)	(%)
0	0	0			
1	2	20	20	1.25	9.93
2	3.3	33	33	1.52	12.51
3	4.1	41	41	1.83	15.46
4	6.5	65	65	1.54	12.70
5	8.3	83	83	1.51	12.41
6	10	100	100	1.50	12.32
7	11.3	113	113	1.55	12.79
8	12.4	124	124	1.61	13.36
9	14	140	140	1.61	13.36
10	15.3	153	153	1.63	13.55
11	16.7	167	167	1.65	13.74
12	17.8	178	178	1.69	14.13
13	19	190	190	1.71	14.32
14	20	200	200	1.75	14.7
15	20.5	205	205	1.83	15.46
16	21.4	214	214	1.87	15.84
17	22	220	220	1.93	16.41
18	23	230	230	1.96	16.7
19	24	240	240	1.98	16.89
20	25.1	251	251	1.99	16.98
				Rata-rata	14.18

BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Alifandi Dewantoko, dilahirkan di Mojokerto tanggal 24 Oktober 1993, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Dharma Wanita Bangun Mojokerto, SDN Bangun 1 Mojokerto, SMPN 1 Prambon Sidoarjo, dan SMA Al – Islam Krian Sidoarjo. Setelah lulus tahun 2012, penulis melanjutkan pendidikan di Diploma III Teknik Sipil ITS pada tahun 2012 dan terdaftar dengan NRP 31120300043. Penulis mengambil konsentrasi studi di Bangunan Transportasi. Penulis sempat mengikuti kegiatan magang kerja di PT. Wijaya Karya (Persero), Tbk, pada proyek Pembangunan Jalan Tol Surabaya Mojokerto Seksi 4.

BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Maulida Amalia Rizki, dilahirkan di Jombang tanggal 18 Desember 1993, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Dharma Wanita Jombang, SDN Kayen 1 Jombang, SMPN 1 Perak, dan SMAN Bandarkedungmulyo Jombang. Setelah lulus tahun 2012, penulis melanjutkan pendidikan di Diploma III Teknik Sipil ITS pada tahun 2012 dan terdaftar dengan NRP 3112030131. Penulis mengambil konsentrasi studi di Bangunan Transportasi. Penulis sempat mengikuti kegiatan magang kerja di PT. PP-Waskita KSO, dalam proyek Pembangunan Sungai Brantas dan Jalan Pendekat Solo - Kertosono