



PROYEK AKHIR - RC146599

**PERENCANAAN ULANG DENGAN MENGGUNAKAN
PERKERASAN KAKU RUAS MAROS - BONE
STA. 115+600 - STA. 120+600 KABUPATEN BONE,
PROVINSI SULAWESI SELATAN**

**ISFAN RAMADHANI YUNUS
NRP. 311 4040 608**

**Dosen Pembimbing
Ir. DUNAT INDRATMO, M.T.
NIP. 19530323 198502 1 001**

**MOH. SINGGIH PURWANTO, S.Si., M.T.
NIP. 19800916 200912 1 002**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2016**



FINAL PROJECT - RC146599

**REDESIGN USING RIGID PAVEMENT SEGMENT
ROAD MAROS - BONE STA. 115+600 - STA.
120+600 BONE REGENCY, PROVINCE OF
SOUTH SULAWESI**

**ISFAN RAMADHANI YUNUS
NRP. 311 4040 608**

**Lecturer
Ir. DUNAT INDRATMO, M.T.
NIP. 19530323 198502 1 001**

**MOH. SINGGIH PURWANTO, S.Si., M.T.
NIP. 19800916 200912 1 002**

**PROGRAM STUDY OF DIPLOMA IV CIVIL ENGINEERING
CIVIL ENGINEERING AND PLANNING FACULTY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGI
SURABAYA 2016**

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN ULANG DENGAN MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU RUAS MAROS – BONE STA. 115+600 – STA. 120+600 KABUPATEN BONE, PROVINSI SULAWESI SELATAN

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Terapan
pada

Bidang Studi Transportasi
Program Studi D-4 Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh

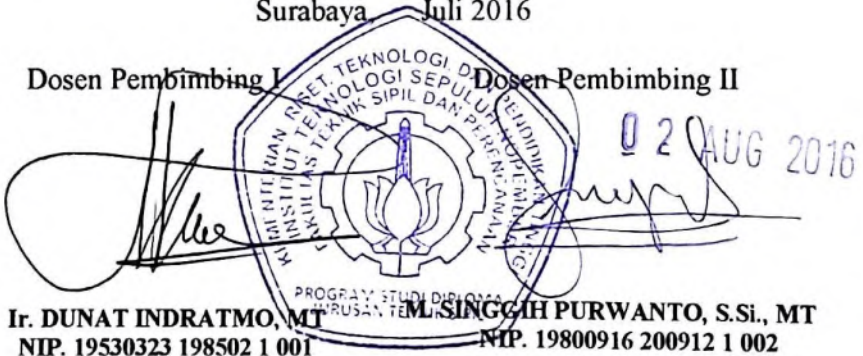

ISFAN RAMADHANI YUNUS
NRP. 3114 040 608

Menyetujui :

Surabaya, Juli 2016

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Ir. DUNAT INDRATMO, MT
NIP. 19530323 198502 1 001

M. SINGGIH PURWANTO, S.Si., MT
NIP. 19800916 200912 1 002

**LEMBAR PERNYATAAN
PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMUAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK**

Sebagai mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini saya:

Nama : ISFAN RAMADHANI Y.
Nrp : 3114040608
Jurusan / Fak. : Diploma Teknik SIPRI / FTSP
Alamat Kontak : Jl. Mulya - Sambangan 103 D
a. Email : isfanry12@gmail.com
b. Telp/HP : 082 345 28 28 20

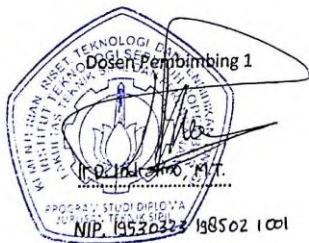
Menyatakan bahwa semua yang saya *upload* di Digital Library ITS merupakan hasil final (revisi terakhir) dari karya ilmiah saya yang sudah disahkan oleh dosen penguji. Apabila dikemudian hari ditemukan ada ketidaksesuaian dengan kenyataan, maka saya bersedia menerima sanksi.

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (Non-Exclusif Royalti Free Right)** kepada Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya atas karya ilmiah saya yang berjudul:

PERENCANAAN ULANG DENGAN MENGGUNAKAN PERKEPASAN KAKU RIAS
MAROS - BOHE STA. 115+600 - STA. 120+600 KAB. BOHE, PROVINSI SULAWESI SELATAN

Dengan Hal Bebas Royalti Non-Eksklusif ini, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data lain untuk kepentingan akademis tanpa meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya Ilmiah saya ini tanpa melibatkan pihak Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.



Dosen Pembimbing 1

Md. Singih P., S.Si., M.T.

NIP. 19520323 198502 1001

Dosen pembimbing 2

Md. Singih P., S.Si., M.T.

NIP. 19600916 200912 1

Dibuat di : Surabaya

Pada tanggal : 27 Juli 2016

Yang menyatakan,

Isfan Ramadhani Y.

Nrp 3114040608

KETERANGAN:

Tanda tangan pembimbing wajib dibubuhi stempel jurusan.

Form dicetak dan diserahkan ke bagian Pengadaan saat mengumpulkan hard copy TA/Tesis/Disertasi

“Perencanaan Ulang Menggunakan Perkerasan Kaku Ruas Maros – Bone STA 115+600 – STA 120+600 Kab. Bone Provinsi Sulawesi Selatan”

Nama Mahasiswa : Isfan Ramadhani Yunus
NRP. : 3114 040 608
Jurusan : D4 Teknik Sipil Bangunan Transportasi
FTSP – ITS

Dosen Pembimbing I : Ir. Dunat Indratmo, M.T.

Dosen Pembimbing II: Muh. Singgih Purwanto, S.Si., M.T.

ABSTRAK

Ruas Jalan Maros - Bone salah satu jalan nasional atau jalan arteri primer yang berada di Provinsi Sulawesi Selatan, yang menghubungkan antara Kota Maros dengan Kota Watampone. Kerusakan pada struktur jalan pada umumnya pendakian dan penurunan yang semula memakai perkerasan lentur sudah tidak sanggup lagi menahan volume dan beban lalu lintas kendaraan, maka untuk mengatasi hal ini perkerasan yang layak pada ruas jalan ini menggunakan perkerasan kaku. Proyek akhir ini bertujuan untuk melakukan perencanaan geometrik jalan, menghitung tebal perkerasan kaku konstruksi jalan, dimensi saluran drainase, menghitung rencana anggaran biaya.

Metode yang digunakan pada perencanaan jalan ini meliputi perhitungan tebal perkerasan jalan pada ruas jalan dengan menggunakan Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen pd T-14-2003. Analisa kapasitas jalan dengan menggunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997. Perencanaan drainase dengan menggunakan metode SNI- 03-342-1994. Untuk kontrol perencanaan geometrik jalan dengan menggunakan buku dasar-dasar perencanaan geometrik jalan (Silvia S).

Dari hasil perhitungan perencanaan pada proyek ruas jalan Maros - Bone diperoleh lebar jalan 7 m dengan bahu jalan 1,5 m dengan tipe jalan 2/2 UD. Untuk perencanaan tebal perkerasan jalan dengan umur rencana 22 tahun diperoleh tebal total 34 cm dengan perincian lapisan pondasi bawah menggunakan Campuran Beton Kurus dengan tebal 10 cm, dan lapis permukaan menggunakan perkerasan beton menerus

dengan tulangan dengan tebal 24 cm. Perencanaan dimensi saluran tepi (drainase) berbentuk trapesium dengan bahan terbuat dari batu kali dengan finishing diperoleh dimensi $b=0,70\text{m}$, $d=0,45\text{m}$, dan $w=0,40\text{m}$. Dana yang diperlukan untuk mengerjakan pembangunan proyek ini adalah Rp. 38,591,030,000 (Terbilang Tiga Puluh Delapan Milyar Lima Ratus Sembilan Puluh Satu juta Tiga Puluh Ribu Rupiah).

Kata Kunci : Geometrik, Tebal perkerasan, Drainase

**“Redesign Using Rigid Pavement Segment Road Maros
– Bone Sta. 115+600 – Sta. 120+600 Bone Regency,
Province of South Sulawesi”**

Name : Isfan Ramadhani Yunus
NRP. : 3114 040 608
Major : D4 Civil Engineering
FTSP – ITS

Lecturer I : Ir. Dunat Indratmo, M.T.
Lecturer II : Muh. Singgih Purwanto, S.Si., M.T.

ABSTRAK

Roads Maros - Bone one national roads or roads that are a primary artery in the province of South Sulawesi, which connects the town with the City Maros Watampone. Damage to the structure of the road in general ascent and decline which was originally put on the flexible pavement could no longer withstand the load of traffic volume and vehicle, then to overcome this decent pavement on the road segment using rigid pavement. The final project is aimed at making geometric road design, calculate rigid pavement thickness of road construction, drainage channel dimensions, calculate the budget plan.

The method used in the planning of this road includes the calculation of thick pavement on roads by using Planning Guidelines Cement Concrete Pavement pd. T-14-2003. Analysis of road capacity by using the Indonesian Highway Capacity Manual (MKJI) 1997. Planning drainage using SNI 03-342-1994. To control using the road geometric design basics book road geometric design (Silvia S).

From the calculation of planning on road projects Maros - Bone acquired road width of 7 meter with 1,5 meter shoulders with the type of road 2/2 UD. For the planning of thick pavement with a design life of 22 years obtained a total of 34 cm thick with details subbase layer using Mixed Concrete Thin with 10 cm thick, and the surface layer using a continuous concrete pavement with

reinforcement with 24 cm thick. Planning dimensional edge channel (drainage) with a trapezoid-shaped material made of stone with a finish obtained dimension $b = 0,70\text{m}$, $d = 0,45\text{m}$, and $w = 0,40\text{m}$. Funds required for the construction work on this project is Rp. 38,591,030,000 (Thirty-Eight Billion Five Hundred Ninety One million of Thirty Thousand Rupiah).

Keywords: Geometric, pavement thickness, Drainage

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga terselesaikannya Tugas Akhir ini, dengan judul

“ Perencanaan Ulang Menggunakan Perkerasan Kaku Ruas Maros – Bone STA 115+600 – STA 120+600 Kab. Bone Provinsi Sulawesi Selatan”

Pada kesempatan ini, saya mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penyusunan Tugas akhir ini hingga selesai, terutama untuk kedua orang tua kami dan juga kepada bapak Ir. Dunat Indratmo., MT. dan bapak Moh. Singgih Purwanto., S.Si., MT. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir kami, yang telah memberikan informasi penting serta masukan untuk pekerjaan Tugas akhir ini sehingga dapat terselesaikan tepat pada waktunya.

Kami menyadari bahwa terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan Tugas akhir Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun tetap kami nantikan demi kesempurnaan Tugas akhir ini, sehingga Tugas akhir ini dapat lebih bermanfaat bagi kita semua.

Surabaya, Juli 2016

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
LAMPIRAN	
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Peta Lokasi Proyek	4
1.7 Uraian Kondisi Jalan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Analisa Kapasitas Jalan	7
2.1.1 Analisa Data Lalu lintas	8
2.1.2 Analisa Kapasitas Jalan	8
2.1.3 Teori Kapasitas Jalan pada Kondisi Eksisting	9
2.1.4 Analisa Kapasitas Dasar.....	9
2.1.5 Faktor Penyesuaian Akibat Lebar Jalur Lalu lintas (FCw).....	10

2.1.6	Faktor Penyesuaian Akibat Hambatan Samping (FCsf).....	10
2.1.7	Penentuan Nilai Kapasitas (C)	12
2.1.8	Derajat Kejenuhan (DS)	12
2.2	Perencanaan Perkerasan Kaku.....	14
2.2.1	Struktur dan Jenis Perkerasan	14
2.2.2	Tanah Dasar	15
2.2.3	Pondasi Bawah.....	15
2.2.4	Beton Semen	17
2.2.5	Lalu Lintas	17
2.2.6	Penentuan Besaran Rencana	18
2.2.7	Perencanaan Tebal Pelat	20
2.2.8	Perencanaan Tulangan	27
2.3	Kontrol Geometrik.....	35
2.3.1	Alinyemen Horisontal.....	35
2.3.2	Alinyemen Vertikal.....	42
2.4	Perencanaan Saluran Tepi (Drainase).....	50
2.4.1	Pembuatan System Drainase.....	50
2.4.2	Analisa Hidrologi.....	50
2.4.3	Analisa Debit Drainase	50
2.4.4	Dimensi Saluran Tepi	51
2.5	Metode Pelaksanaan Pekerjaan	52
2.5.1	Metode Selisih Absis Sama Panjang	52
2.5.2	Metode Polar.....	53
2.5.3	Metode Polygon.....	54
2.6	Rencana Anggaran Biaya (RAB)	55
BAB III	METODOLOGI	56
3.1	Pekerjaan Persiapan.....	56
3.2	Pengumpulan Data.....	56
3.3	Pengolahan Data.....	56
3.3.1	Pengolahan Data Lalu Lintas	56

3.3.2	Pengolahan Data CBR Tanah Dasar	57
3.3.3	Pengolahan Data Curah Hujan	57
3.3.4	Pengolahan Kapasitas Jalan	57
3.4	Perencanaan Struktur Perkerasan kaku.....	58
3.5	Perencanaan Drainase.....	58
3.6	Gambar Rencana	58
3.7	Metode Pelaksanaan Pekerjaan	58
3.8	Perencanaan Rencana Anggaran Biaya (RAB)	58
3.9	Kesimpulan dan Saran	59
BAB IV	ANALISA PERHITUNGAN	61
4.1	Pengelolaan data Lalu Lintas.....	61
4.2	Analisa Kapasitas Jalan	84
4.3	Analisa Kapasitas kebutuhan Pelebaran.....	94
4.4	Perencanaan Struktur Perkerasan Kaku.....	99
4.4.1	Pengelolaan Data CBR	99
4.4.2	Perhitungan Data Muatan Maksimum Kendaraan	108
4.4.3	Perhitungan Kendaraan Siaga	111
4.4.4	Pertumbuhan Lalu Lintas	112
4.4.5	Koefisien Distribusi	113
4.4.6	Faktor Keamanan Beban.....	113
4.4.7	Data Teknis	115
4.4.8	Analisa Data Lalu Lintas.....	116
4.4.9	Perhitungan Tulangan	127
4.5	Geometrik Jalan.....	130
4.5.1	Alinyemen Horisontal	130
4.5.2	Alinyemen Vertikal.....	131
4.6	Perencanaan Drainase.....	132
4.6.1	Analisa Hidrologi.....	136
BAB V	METODE PELAKSANAAN	150
5.1	Metode Busur Lingkaran/Lapangan	150

5.1.1 Metode Selisih Absis Sama Panjang.	150
5.1.2 Metode Kordinat Polar.....	152
5.2 Metode Statemen.....	154
5.2.1 Pelaksanaan Pekerjaan Lantai Kerja	154
5.2.2 Pelaksanaan Pekerjaan Perkerasan Beton	157
BAB VI RENCANA ANGGARAN BIAYA.....	160
6.1 Volume Pekerjaan	160
6.2 Harga Satuan Pokok Kegiatan.....	163
6.3 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya	172
BAB VII PENUTUP.....	173
7.1 Kesimpulan.....	173
7.2 Saran.....	174
DAFTAR PUSTAKA	175
LAMPIRAN.....	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tipe alinyemen berdasarkan lengkung vertikal	9
Tabel 2.2	Tipe alinyemen berdasarkan kapasitas dasar	10
Tabel 2.3	Faktor Penyesuaian Akibat Lebar Jalur Lalu Lintas (FCw)	10
Tabel 2.4	Kelas Hambatan Samping	11
Tabel 2.5	Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping (FCsf).....	11
Tabel 2.6	Ekivalen Mobil Penumpang Untuk Jalan 2/2 UD.....	13
Tabel 2.7	Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koefisien Distribusi (C) Kendaraan Niaga pada Jalur Rencana	18
Tabel 2.8	Faktor Keamanan Beban	20
Tabel 2.9	Langkah-Langkah Perencanaan Tebal Perkerasan Beton Semen.....	22
Tabel 2.10	Tegangan Ekivalen dan Faktor erosi untuk Perkerasan Tanpa Bahu Beton	23
Tabel 2.11	Koefisien Gesekan Antara Pelat Beton dengan Lapis Pondasi Bawah (μ).....	28
Tabel 2.12	Hubungan Kuat Tekan Beton dan Angka Ekivalen Baja dan Beton (n)	29
Tabel 2.13	Ukuran dan Jarak Ruji	33
Tabel 2.14	Landai Maksimum	42
Tabel 2.15	Panjang Kritis pada Kelandaian	43
Tabel 2.16	Radius Minimum Lengkung Vertikal	45
Tabel 2.17	Standar Panjang Minimum Lengkung Vertikal	46
Tabel 4.1	Data Lalu Lintas Ruas Maros-Bone PT.Yodya Karya.....	61
Tabel 4.2	Pertumbuhan Kendaraan Rata-Rata per Tahun (I) Ruas Maros-Bone.....	62

Tabel 4.3	Data Lalu Lintas Ruas Maros-Bone	63
Tabel 4.4	Perhitungan Untuk Mencari I Rata-Rata Motor-Veh 1 Ruas Maros-Bone	65
Tabel 4.5	Perhitungan Untuk Mencari I Rata-Rata Car-Veh 2 Ruas Maros-Bone	67
Tabel 4.6	Perhitungan Untuk Mencari I Rata-Rata Util 1-Veh 3 Ruas Maros-Bone	69
Tabel 4.7	Perhitungan Untuk Mencari I Rata-Rata Util 2-Veh 4 Ruas Maros-Bone	71
Tabel 4.8	Perhitungan Untuk Mencari I Rata-Rata Bis Kecil-Veh 5a Ruas Maros-Bone.....	73
Tabel 4.9	Perhitungan Untuk Mencari I Rata-Rata Bis Besar-Veh 5b Ruas Maros-Bone.....	75
Tabel 4.10	Perhitungan Untuk Mencari I Rata-Rata Truk $\frac{3}{4}$ 4 roda-6a Ruas Maros-Bone	77
Tabel 4.11	Perhitungan Untuk Mencari I Rata-Rata Truk Kecil 2 Sumbu-6b Ruas Maros-Bone..	79
Tabel 4.12	Perhitungan Untuk Mencari I Rata-Rata Truk 3 Sumbu-7a Ruas Maros-Bone.....	81
Tabel 4.13	Pertumbuhan Lalu Lintas Ruas maros - Bone	83
Tabel 4.14	Tipe Alinyemen Berdasarkan Kapasitas Dasar	88
Tabel 4.15	Faktor Penyesuaian Akibat Lebar Jalur Lalu Lintas (FCw)	89
Tabel 4.16	Faktor Penyesuaian Akibat Hambatan Sampung (FCsf)	90
Tabel 4.17	Perhitungan Untuk Mencari DS pada Awal Umur Rencana (Tahun 2018).....	91
Tabel 4.18	Perhitungan Untuk Mencari DS pada Akhir Umur Rencana (Tahun 2039).....	92
Tabel 4.19	Rekapitulasi DS 2/2 UD dengan Lebar Efektif Jalan Eksisting 5 m.....	93
Tabel 4.20	Perhitungan Untuk Mencari DS pada Awal Umur Rencana (Tahun 2018).....	96

Tabel 4.21	Perhitungan Untuk Mencari DS pada Akhir Umur Rencana (Tahun 2039).....	97
Tabel 4.22	Rekapitulasi DS 2/2 UD dengan Lebar Efektif Jalan yang Sudah Dilebarkan Menjadi 7 m	98
Tabel 4.23	Pengelolaan Data CBR.....	99
Tabel 4.24	Perhitungan CBR Rata-Rata	100
Tabel 4.25	Data Muatan Maksimum Pengelompokan Kendaraan Niaga.....	106
Tabel 4.26	Pembagian Beban Sumbu/As	107
Tabel 4.27	Jumlah Kendaraan Pada Awal Umur Rencana	111
Tabel 4.28	Jumlah Kendaraan Niaga Harian.....	112
Tabel 4.29	Koefisien Distribusi Kendaraan	113
Tabel 4.30	Faktor Keamanan Beban (Fkb)	114
Tabel 4.31	Analisa Lalu Lintas Ruas Jalan Maros-Bone	118
Tabel 4.32	Repetisi Sumbu yang Terjadi pada Ruas Jalan Maros-Bone.....	119
Tabel 4.33	Perhitungan Tebal Pelat 23,5 cm	120
Tabel 4.34	Perhitungan Tebal Pelat 24 cm	121
Tabel 4.35	Diameter Ruji.....	128
Tabel 4.36	Data Curah Hujan.....	132
Tabel 4.37	Perhitungan Curah Hujan Stasiun	133
Tabel 4.38	Perhitungan Waktu Konsentrasi (Tc).....	138
Tabel 4.39	Perhitungan Debit Aliran (Q).....	142
Tabel 4.40	Daftar Kebutuhan Dimensi Saluran Drainase	148
Tabel 6.1	Daftar Kebutuhan Dimensi Saluran Drainase	163
Tabel 6.2	Harga Satuan Pekerjaan Pembersihan dan Pembongkaran.....	164
Tabel 6.3	Harga Satuan Pekerjaan Galian Tanah.....	165
Tabel 6.4	Harga Satuan Pekerjaan Campuran Beton Kurus.....	166

Tabel 6.5	Harga Satuan Pekerjaan Timbunan Tanah Bahu Jalan	167
Tabel 6.6	Harga Satuan Pekerjaan Beton	168
Tabel 6.7	Harga Satuan Pekerjaan Tulangan Polos dan Ulir	169
Tabel 6.8	Harga Satuan Pekerjaan Pasangan Batu Kali	170
Tabel 6.9	Harga Satuan Pekerjaan Galian Tanah	171
Tabel 6.10	Harga Satuan Pekerjaan Marka Jalan	172
Tabel 6.11	Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya	173

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Republik Indonesia dan Provinsi Sulawesi Selatan.....	4
Gambar 1.2	Kab. Maros dan Kab. Bone	5
Gambar 1.3	Peta Lokasi	5
Gambar 1.4	Lokasi Proyek (STA 0+000)	6
Gambar 1.5	Lokasi Proyek (STA 4+325)	6
Gambar 2.1	Perkerasan Beton Semen	15
Gambar 2.2	Tebal Lapis Pondasi Bawah Minimum untuk Perkerasan Beton Semen	16
Gambar 2.3	CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah	16
Gambar 2.4	Sistem Perencanaan Perkerasan Beton Semen	21
Gambar 2.5	Analisis Fatik dan Beban Repetisi Ijin Berdasarkan Rasio Tegangan, dengan/tanpa Bahu Beton.....	24
Gambar 2.6	Analisis Erosi dan Jumlah Repetisi Ijin Berdasarkan Faktor Erosi, tanpa Bahu Beton	25
Gambar 2.7	Contoh Grafik Perencanaan $F_{cf} = 4,25$ MPa, Lalu Lintas Luar Kota, dengan Ruji, $F_{kb} = 1,2$	26
Gambar 2.8	Hubungan antara CBR dan Modulus elastisitas Reaksi Tanah Dasar	27
Gambar 2.9	Sketsa Tikungan FC	35
Gambar 2.10	Sketsa Tikungan S-C-S.....	37
Gambar 2.11	Sketsa Tikungan S-S.....	39
Gambar 2.12	Diagram Superelevasi Pada Tikungan FC	41
Gambar 2.13	Diagram Superelevasi Pada Tikungan S-C-S	41
Gambar 2.14	Diagram Superelevasi Pada Tikungan S-S	41
Gambar 2.15	Sketsa Lengkung Vertikal Cekung	46

Gambar 2.16	Sketsa Lengkung Vertikal Cekung	47
Gambar 2.17	Sketsa Lengkung Vertikal Cembung ..	47
Gambar 2.18	Alinyemen Vertikal	49
Gambar 2.19	Kurva Basis.....	51
Gambar 2.20	Selisih Absis Sama Panjang.....	52
Gambar 2.21	Polar.....	53
Gambar 2.22	Poligon.....	54
Gambar 3.1	Bagan metodologi.....	60
Gambar 4.1	Grafik Regresi Linear Kendaraan Motor-Veh 1 Untuk Ruas Maros - Bone.....	64
Gambar 4.2	Grafik Regresi Linear Kendaraan Car-Veh 2 Untuk Ruas Maros -Bone.....	66
Gambar 4.3	Grafik Regresi Linear Kendaraan Util 1-Veh 3 Untuk Ruas Maros-Bone	68
Gambar 4.4	Grafik Regresi Linear Kendaraan Util 2-Veh 4 Untuk Ruas Maros-Bone	70
Gambar 4.5	Grafik Regresi Linear Kendaraan Bis Kecil-Veh 5a Untuk Ruas Maros - Bone.....	72
Gambar 4.6	Grafik Regresi Linear Kendaraan Bis Besar-Veh 5b Untuk Ruas Maros - Bone.....	74
Gambar 4.7	Grafik Regresi Linear Kendaraan Truk $\frac{3}{4}$ 4 roda – 6a Untuk Ruas Maros-Bone	76
Gambar 4.8	Grafik Regresi Linear Kendaraan Truk Kecil 2 Sumbu – 6b Untuk Ruas Maros-Bone	78
Gambar 4.9	Grafik Regresi Linear Kendaraan Truk 3 Sumbu – 7a Untuk Ruas Maros-Bone	80
Gambar 4.10	Grafik CBR.....	102
Gambar 4.11	Tebal Pondasi Bawah Minimum Perkerasan Beton Semen	103

Gambar 4.12	CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah	104
Gambar 4.13	Hubungan Antara CBR dan Modulus Elastisitas Reaksi Tanah Dasar	105
Gambar 4.14	Grafik Taksiran Pelat Ruas Jalan Maros-Bone	116
Gambar 4.15	Analisa Fatik dan Beban Repetisi ijin pelat 23,5 cm Berdasarkan Rasio Tegangan Tanpa bahu Beton dan juga Berdasarkan Factor Erosi tanpa Bahu Beton	122
Gambar 4.16	Analisa Fatik dan Beban Repetisi ijin pelat 24 cm Berdasarkan Rasio Tegangan Tanpa bahu Beton dan juga Berdasarkan Factor Erosi tanpa Bahu Beton	123
Gambar 4.17	Lapisan Perkerasan	126
Gambar 4.18	Kurva Basis	135
Gambar 4.19	Dimensi Saluran Sta. 0+150 – 0+925 .	145
Gambar 5.1	Absis Sama Panjang	150
Gambar 5.2	Kordinat Polar	153
Gambar 5.3	Pembersihan dan Pelebaran Jalan	156
Gambar 5.4	Pekerjaan Pengukuran	156
Gambar 5.5	Pemasangan Bekisting	157
Gambar 5.6	Pengecoran Beton Kurus	157
Gambar 5.7	Proses Curing	157
Gambar 5.8	Proses Pemasangan Plastik dan Besi Tulangan	158
Gambar 5.9	Pemasangan Bekisting Pelat Beton	158
Gambar 5.10	Proses Pengecoran Beton	158
Gambar 5.11	Proses Finishing Permukaan Beton	159
Gambar 5.12	Proses Grooving	159
Gambar 5.13	Perawatan Beton dengan Kain Basah	160

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan populasi di Dunia dari tahun ke tahun semakin bertambah, terkhususnya pada negara Indonesia. Semakin bertambahnya pertumbuhan populasi yang tidak menentu di Indonesia, maka semakin besar pula kebutuhan yang diinginkan oleh masyarakat Indonesia.

Masyarakat Indonesia adalah masyarakat yang berjiwa konsumtif dan praktis. Misalnya saja pada kebutuhan transportasi. Rata-rata masyarakat Indonesia lebih memilih menggunakan transportasi pribadi dibandingkan transportasi umum, tanpa memikirkan dampak yang akan terjadi kedepannya. Karena banyaknya masyarakat yang menggunakan transportasi pribadi dan tidak didukung oleh pertumbuhan jalan yang ada, maka kebanyakan sekarang khususnya pada kota-kota besar di Indonesia mengalami kemacetan.

Pembangunan Jalan ruas Maros - Bone dimaksudkan sebagai jalan penghubung alternatif yang menghubungkan Kab. Maros dan Kab. Bone yang sedang berkembang disekitarnya seiring dengan meningkatnya sektor industri dan perdagangan didaerah tersebut.

Keberadaan Jalan ini sangat penting dalam perkembangan ekonomi, sosial, dan budaya. Masyarakat kabupaten Maros dan Bone akan semakin terhubung dengan infrastruktur yang cukup memadai.

Dari problema inilah yang mendasari dilakukannya perencanaan geometrik jalan sehingga pada proyek akhir ini penulis berkesimpulan mengambil judul “Perencanaan Ulang Dengan Menggunakan Perkerasan Kaku Ruas Jalan Maros – Bone STA. 115+600 – STA. 120+600 Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan”.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana kapasitas jalan tersebut yang ditentukan oleh Derajat Kejenuhan (DS) dari olahan data LHR eksisting?
2. Berapa tebal perkerasan yang diperlukan untuk umur rencana 22 tahun mendatang mulai dari tahun 2018 - 2039 ?
3. Berapa dimensi saluran tepi jalan?
4. Berapa perhitungan rencana anggaran biaya perkerasan kaku dan saluran tepi jalan (drainase) yang direncanakan?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penulisan Proyek akhir ini adalah untuk :

1. Menghitung kapasitas jalan tersebut yang ditentukan oleh Derajat Kejenuhan (DS) dari olahan data LHR eksisting
2. Merencanakan tebal perkerasan yang diperlukan untuk umur rencana 22 tahun mulai dari tahun 2018 - 2039
3. Menghitung perencanaan dimensi saluran tepi jalan (drainase)
4. Menghitung rencana anggaran biaya perkerasan kaku dan saluran tepi jalan (drainase)

1.4 Manfaat

Adapun manfaat yang diperoleh dari penyelesaian Proyek akhir ini yaitu:

1. Dapat menghitung kapasitas jalan tersebut yang ditentukan oleh Derajat Kejenuhan (DS) dari olahan data LHR eksisting
2. Dapat merencanakan tebal perkerasan yang diperlukan untuk umur rencana 22 tahun mendatang mulai dari tahun 2018 - 2039
3. Dapat menghitung perencanaan dimensi saluran tepi jalan (drainase)
4. Dapat menghitung rencana anggaran biaya perkerasan kaku dan saluran tepi jalan (drainase)

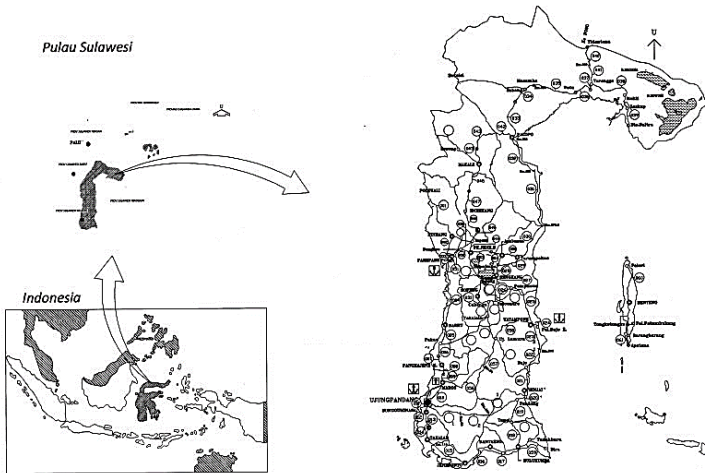
1.5 Batasan Masalah

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis membuat batasan masalah diantaranya:

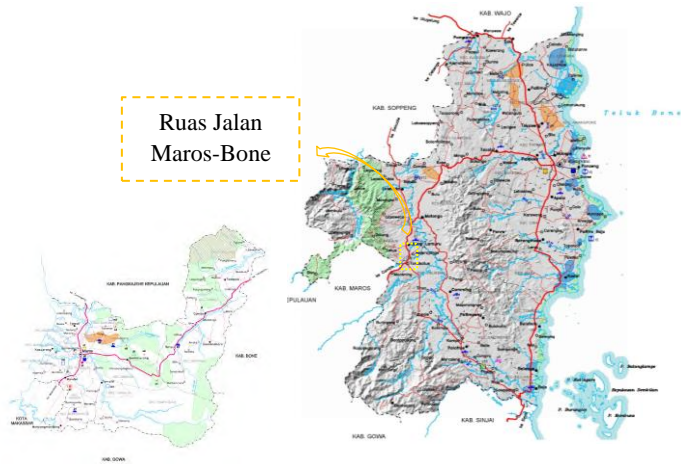
1. Analisa studi hanya dilakukan disepanjang ruas jalan Maros - Bone
2. Analisa perencanaan berdasarkan tinjauan pustaka yang ada
3. Analisa perencanaan geometric hanya mengontrol alinyemen horisontal dan alinyemen vertikal
4. Analisa perencanaan drainase jalan yang ditinjau hanya perencanaan dimensi saluran tepi jalan dan tidak menghitung dimensi gorong-gorong, dinding penahan tanah dan bangunan pendukung lainnya
5. Analisa rencana anggaran biaya menggunakan HSPK wilayah setempat

1.6 Peta Lokasi Proyek

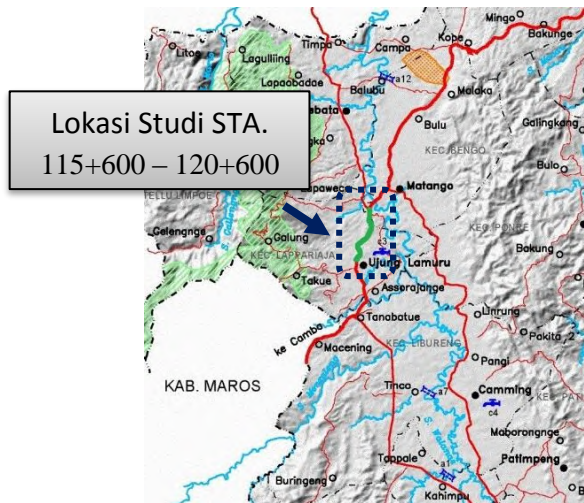
Lokasi proyek terletak pada ruas Maros - Bone STA 115+600 – 120+600 dari Makassar. Dapat dilihat dari peta lokasi seperti gambar 1.2 dan gambar 1.3.



Gambar 1.1 Republik Indonesia dan Provinsi Sulawesi Selatan



Gambar 1.2 Kab. Maros dan Kab. Bone



Gambar 1.3 Peta Lokasi

1.7 Uraian Kondisi Jalan

Uraian kondisi jalan yang ada menggambarkan tentang keadaan jalan setempat yang telah dibangun menggunakan perkerasan lentur. Kondisi jalan eksisting yang terletak pada STA 0+000/115+600 dan STA 4+325/119+925 Kabupaten Bone.



Gambar 1.4 Lokasi proyek (STA 0+000 / 115+600)



Gambar 1.5 Lokasi proyek (STA 4+325 / 119+925)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka merupakan peninjauan kembali pustaka-pustaka yang terkait (*review of related literature*). Sesuai dengan arti tersebut, suatu tinjauan pustaka berfungsi sebagai peninjauan kembali tentang masalah-masalah yang berkaitan. Bab ini akan menjelaskan tentang dasar teori yang akan digunakan dalam perencanaan jalan proyek akhir ini meliputi :

2.1 Analisa Kapasitas Jalan

Analisa kapasitas jalan bertujuan untuk mengetahui kapasitas jalan pada arah tertentu yang diperlukan untuk mempertahankan perilaku lalu lintas yang dikehendaki sekarang dan yang akan datang. Sesuai dengan MKJI tahun 1997 analisa kapasitas jalan terbagi dilakukan pada masing-masing jalur jalan yang direncanakan dan tiap jalur diasumsikan sebagai jalan yang berbeda. Pada dasarnya konstruksi jalan raya dibagi dalam tiga kelompok berdasarkan fungsi jalan yaitu:

1. Jalan Arteri

Jalan Arteri merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanannya jarak jauh, dengan kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan masuk ke jalan ini sangat dibatasi secara efisien.

2. Jalan Kolektor

Jalan Kolektor merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

3. Jalan Lokal

Jalan Lokal merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak pendek, kecepatan rata-rata rendah, dan jalan masuk tidak dibatasi. Menurut manual kapasitas jalan Indonesia (MKJI) 1997, pada segmen jalan luar kota terbagi atas empat tipe yaitu:

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

dimana:

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

D (*Divided*) = segmen jalan terbagi

2.1.1 Analisa data lalu lintas

Analisa data lalu lintas digunakan untuk menentukan nilai proyeksi pertumbuhan lalu lintas. Untuk menghitung pertumbuhan lalu lintas digunakan rumus regresi. Asumsi awal persamaan regresinya adalah regresi linear sebagai berikut:

$$y = a + bx \quad (\text{pers. 2.1})$$

dimana :

y = variable bebas

x = variable tak bebas

a dan b = koefisien variable

sumber : Hamang, Abdul, 2005 "Metode Statistika" Graha Ilmu Yogyakarta)

2.1.2 Analisa kapasitas Jalan

Analisa kapasitas jalan bertujuan untuk menentukan kapasitas jalan pada kondisi eksisting dan penentuan nilai Drajat Kejenuhan (DS) berdasarkan kondisi eksisting. Hal ini digunakan sebagai langkah awal untuk menentukan kebutuhan pelebaran jalan guna mengakomodasi pertumbuhan volume lalu lintas hingga akhir tahun umur rencana.

2.1.3 Teori kapasitas jalan pada kondisi eksisting

Dalam analisa kapasitas jalan diperlukan hasil perhitungan kapasitas dasar (C_0), faktor penyesuaian kapasitas akibat lebar jalur lalu lintas (FC_w), faktor penyesuaian akibat pemisah arah (FC_{sp}) dan faktor penyesuaian akibat hambatan samping.

Apabila nilai kapasitas jalan (C) sudah diperoleh, maka nilai derajat kejenuhan (DS) dapat diketahai, untuk menentukan apakah diperlukan pelebaran jalan atau tidak.

2.1.4 Analisa kapasitas dasar

Nilai kapasitas dasar dapat ditentukan oleh tipe medan dan pada segmen jalan yang akan direncanakan menggunakan tipe alinyemen.

- Menentukan tipe alinyemen

Tipe alinyemen adalah gambaran kemiringan daerah yang dilalui jalan dan yang ditentukan oleh jumlah naik turun (m/km) dan jumlah lengkung horizontal (rad/km) sepanjang segmen jalan. Untuk menentukan lengkung vertikal yang dipakai rumus dari persamaan 2.2 sebagai berikut:

$$\text{Alinyemen vertikal} = \frac{\Delta H}{\Sigma \text{panjang jalan}} = m/km \text{ (pers. 2.2)}$$

Dalam MKJI 1997 tipe alinyemen imum dapat dilihat pada tabel 2.1, dengan menyesuaikan dari hasil nilai lengkung vertikal yang sudah ada.

Tabel 2.1. Tipe alinyemen berdasarkan lengkung vertikal

Tipe alinyemen	Keterangan	Lengkung vertika naik + turun (m/km)
R	Datar	<10
P	Bukit	10-30
H	Gunung	>30

Sumber : MKJI 1997 hal. 6-40 untuk jalan luar kota

Menentukan kapasitas dasar (C_0) dapat dilihat pada tabel 2.2 dengan menyesuaikan pada tipe alinyemen.

Tabel 2.2. Tipe alinyemen berdasarkan kapasitas dasar

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

Sumber : MKJI 1997 hal. 6-65

2.1.5 Faktor penyesuaian akibat lebar jalur lalu lintas (FCw)

Menentukan faktor penyesuaian akibat lebar jalur lalu lintas berdasarkan pada lebar efektif jalur lalu lintas (W_c) dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3. Faktor penyesuaian akibat lebar jalur lalu lintas (FCw)

Tipe jalan	Lebar efektif jalur lalu lintas (W_c) (m)	FCw
Empat lajur terbagi	Per lajur	
	3	0,91
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,03

Sumber : MKJI 1997 hal. 6-66 untuk jalan luar kota

2.1.6 Faktor penyesuaian kapasitas akibat hambatan samping (FCsf)

Faktor penyesuaian kapasitas akibat hambatan samping (FCsf) merupakan faktor penyesuaian untuk kapasitas dasar akibat hambatan samping sebagai fungsi dari lebar bahu. Hambatan samping adalah dampak terhadap kinerja lalu lintas yang berasal dari aktivitas samping segmen jalan. Hambatan samping yang umumnya sangat mempengaruhi

kapasitas jalan adalah pejalan kaki, angkutan umum, dan kendaraan lain berhenti, kendaraan tak bermotor, kendaraan masuk dan keluar dari fungsi tata guna lahan di samping jalan. Kelas hambatan samping dapat dilihat pada tabel 2.4 dan nilai faktor penyesuaian kapasitas akibat hambatan samping ini dapat dilihat pada tabel 2.4

Tabel 2.4. Kelas hambatan samping

Kelas hambatan samping	Kode	Kondisi kelas
Sangat rendah	VL (very low)	Pedesaan : pertanian atau belum berkembang
Rendah	L (low)	Pedesaan : beberapa bangunan dan kegiatan samping jalan
Sedang	M (medium)	Kampung : kegiatan pemukiman
Tinggi	H (high)	Kampung : beberapa kegiatan pasar
Sangat tinggi	VH (very hard)	Hampir perkotaan : banyak pasar atau kegiatan niaga

Sumber : MKJI 1997 hal. 6-10

Tabel 2.5. Faktor penyesuaian kapasitas akibat hambatan samping (FCsf)

Tipe jalan	Kelas hambatan samping	Faktor penyesuaian akibat hambatan samping dan lebar bahu (FCsf)			
		Lebar bahu efektif W_s (m)			
		$\leq 0,5$	1,0	1,5	$\geq 2,0$
2/2 UD	VL	0,97	0,99	1,00	1,02
	L	0,93	0,95	0,99	1,00
4/2 UD	M	0,98	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 hal. 6-68 untuk jalan luar kota

2.1.7 Penentuan nilai kapasitas (C)

Kapasitas didefinisikan sebagai arus maksimum melalui suatu titik di jalan yang dapat dipertahankan per satuan jam pada kondisi tertentu. Penentuan nilai kpsitas (C) pada segmen jalan dapat diperoleh dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.3

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{SP} \times FC_{SF} \quad (\text{pers. 2.3})$$

dengan :

C = Kapasitas (smp/jam)

C_o = Kapasitas dasar (smp/jam)

FC_w = Faktor penyesuaian lebar jalan

FC_{SP} = Faktor penyesuaian pemisah arah (hanya untuk jalan tak terbagi)

FC_{SF} = Faktor penyesuaian hambatan samping dan bahu jalan

2.1.8 Derajat kejenuhan (DS)

Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai rasio arus jalan terhadap kapasitas, yang digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan. Nilai DS menunjukkan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak. Persamaan dasar untuk menentukan derajat kejenuhan adalah sebagai berikut:

$$DS = \frac{Q}{C} \quad (\text{pers. 2.4})$$

$$Q = LHR \times k \times emp \quad (\text{pers. 2.5})$$

dengan :

DS = Derajat kejenuhan

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

C = Kapasitas (smp/jam)

K = Faktor volume lalu lintas jam sibuk nilai normal 0,11

- Menentukan faktor k
Faktor k adalah faktor pengubah dari LHR ke lalu lintas jam puncak nilai normal k sebesar 0,11
- LHR
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 terhadap kendaraan ringan sebgung dengan pengaruh kepada kecepatan kendaraan ringan antara arus campuran.

Tabel 2.6. Ekivalen mobil penumpang untuk jalan 2/2 UD

Tipe alinyemen	Arus total (kend/jam)		emp			
	Jalan terbagi per arah (kend/jam)	Jalan tak terbagi total (kend/jam)	MHV	LB	LT	MC
Datar	0	0	1,2	1,2	1,6	0,5
	1000	1700	1,4	1,4	2,0	0,6
	1800	3250	1,6	1,7	2,5	0,8
	≥ 2150	≥ 3950	1,3	1,5	2,0	0,5
Bukit	0	0	1,8	1,6	4,8	0,4
	750	1350	2,0	2,0	4,6	0,5
	1400	2500	2,2	2,3	4,3	0,7
	≥ 1750	≥ 3150	1,8	1,9	3,5	0,4
Gunung	0	0	3,2	2,2	5,5	0,3
	550	1000	2,9	2,6	5,1	0,4
	1100	2000	2,6	2,9	4,8	0,6
	≥ 1500	≥ 2700	2,0	2,4	3,8	0,3

Sumber : MKJI 1997 hal. 6-44 untuk jalan luar kota

2.2 Perencanaan Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan jalan merupakan suatu konstruksi yang dibangun diatas tanah dasar dengan maksud untuk menahan beban lalu lintas atau kendaraan serta tahan terhadap perubahan cuaca yang terjadi. Konstruksi ini terdiri dari lapisan-lapisan yang mempunyai fungsi menerima dan menyebarkan beban lalu lintas ke lapisan dibawahnya hingga sampai tanah dasar.

2.2.1. Struktur dan jenis perkerasan

Dalam perkerasan kaku terdapat dua jenis perkerasan yaitu :

- a. Perkerasan beton semen, merupakan perkerasan kaku dengan beton semen sebagai lapisan aus. Dibagi menjadi 4 jenis, diantaranya :
 - Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan (BBTT)
Jenis perkerasan beton semen yang dibuat tanpa tulangan dengan ukuran peat mendekati bujur sangkar, dimana panjang dari pelatnya dibatasi oleh adanya sambungan-sambungan melintang. Panjang pelat dari jenis perkerasan ini berkisar antara 4-5 meter.
 - Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan (BMDT)
Jenis perkerasan beton yang dibuat dengan tulangan dan dengan panjang pelat yang menerus dan hanya dibatasi oleh adanya sambungan-sambungan muai melintang. Panjang pelat dari jenis perkerasan ini lebih besar dari 75 meter.
 - Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan (BBDT)
Jenis perkerasan beton yang dibuat dengan tulangan, yang ukuran pelatnya berbentuk empat persegi panjang, dimana panjang dari pelatnya dibatasi oleh adanya sambungan-sambungan melintang. Panjang

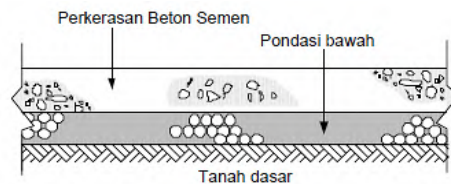
pelat dari jenis perkerasan ini berkisar antara 8-15 meter.

- Perkerasan beton semen pra tekan
Jenis perkerasan beton menerus, tanpa tulangan yang menggunakan kabel-kabel pratekan guna mengurangi pengaruh susut, muai dan lenting akibat perubahan temperatur dan kelembaban.

- b. Perkerasan komposit, merupakan perkerasan kaku dengan pelat beton semen sebagai lapis pondasi dan aspal beton sebagai lapis permukaan.

Susunan lapisan pada perkerasan kaku, yaitu :

- Pelat beton
- Lapis pondasi bawah
- Lapisan tanah dasar



Gambar 2.1 Perkerasan beton semen

2.2.2. Tanah Dasar

Daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian CBR dilapangan maupun dilaboratorium. Nilai CBR minimum untuk perencanaan perkerasan kaku adalah 2%. Apabila tanah dasar mempunyai nilai CBR lebih kecil dari 2%, maka harus dipasang pondasi bawah yang terbuat dari beton kuru (*Lean-Mix Concrete*) setebal 15 cm yang dianggap mempunyai nilai CBR tanah dasar efektif 5%.

2.2.3. Pondasi Bawah

Bahan pondasi bawah dapat berupa :

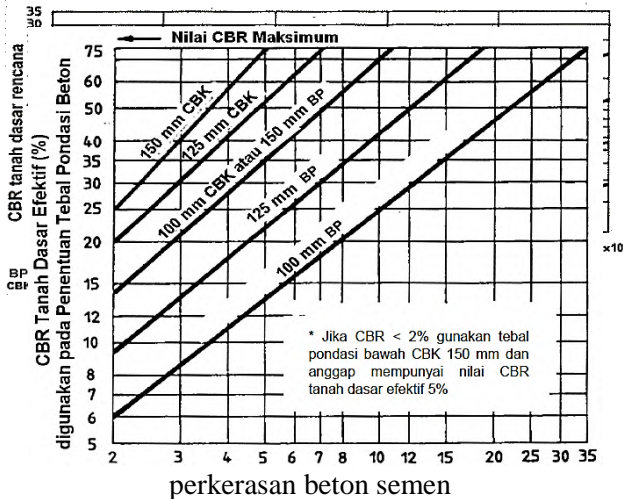
- Bahan berbutir.

- Stabilisasi atau dengan beton kurus giling padat (*Lean Rolled Concrete*)
- Campuran beton kurus (*Lean-Mix Concrete*).

Tebal lapis pondasi bawah minimum yang disarankan dapat dilihat pada Gambar 2 dan CBR tanah dasar efektif didapat dari Gambar 3.

Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T-14-2003, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.

Gambar 2.2 Tebal lapis pondasi bawah minimum untuk



Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T-14-2003, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.

Gambar 2.3 CBR tanah dasar efektif dan tebal pondasi bawah

a. Pondasi bawah material berbutir

Material berbutir tanpa pengikat harus memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI-03-6388-2000. Persyaratan dan gradasi pondasi bawah harus sesuai dengan kelas B. Sebelum pekerjaan dimulai, bahan pondasi bawah harus

diuji gradasinya dan harus memenuhi spesifikasi bahan untuk pondasi bawah, dengan penyimpangan ijin 3% - 5%. Ketebalan minimum lapis pondasi bawah untuk tanah dasar dengan CBR minimum 5% adalah 15 cm. Derajat kepadatan lapis pondasi bawah minimum 100 %, sesuai dengan SNI 03-1743-1989.

- b. Pondasi bawah dengan campuran beton kurus
Campuran Beton Kurus (CBK) harus mempunyai kuat tekan beton karakteristik pada umur 28 hari minimum 5 MPa (50 kg/cm²) tanpa menggunakan abu terbang, atau 7 MPa (70 kg/cm²) bila menggunakan abu terbang, dengan tebal minimum 10 cm.

2.2.4 Beton Semen

Kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat Tarik lentur (*flexural strength*) umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan pembebanan tiga titik (ASTM C-78) yang besarnya secara tipikal sekitar 3-5 MPa (30-50 kg/cm²).

Kuat tarik lentur beton yang dapat diperkuat dengan bahan serat penguat seperti serat baja, aramit atau serat karbon, harus mencapai kuat tarik lentur 5-5,5 MPa (50-55 kg/cm²). Kekuatan rencana harus dinyatakan dengan kuat tarik lentur karakteristik yang dibulatkan hingga 0,25 MPa (25 kg/cm²) terdekat.

Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik lentur beton dapat didekati dengan persamaan berikut:

$$F_{cf} = K (f_c')^{0,50} \text{ dalam MPa atau} \quad (\text{pers. 2.6})$$

$$F_{cf} = 3,13 K (f_c')^{0,50} \text{ dalam kg/cm}^2 \quad (\text{pers. 2.7})$$

Dengan pengertian :

F_c' : kuat tekan beton karakteristik 28 hari (kg/cm²)

F_{cf} : kuat Tarik lentur beton 28 hari (kg/cm²)

K : konstanta, 0,7 untuk agregat tidak dipecah dan 0,75 untuk agregat pecah.

2.2.5 Lalu Lintas

a. Lajur rencana dan koefisien distribusi

Kendaraan yang ditinjau untuk perencanaan perkerasan beton semen adalah yang mempunyai berat total minimum 5 ton. Konfigurasi sumbu untuk perencanaan terdiri dari 4 jenis kelompok sebagai berikut:

- Sumbu tunggal roda tunggal (STRT)
- Sumbu tunggal roda ganda (STRG)
- Sumbu tandem roda ganda (STdRG)
- Sumbu tridem roda ganda (STrRG)

b. Jumlah lajur dan koefisien distribusi kendaraan (C)

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya yang menampung lalu lintas kendaraan niaga terbesar.

Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah lajur dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan sesuai tabel 2.7

Tabel 2.7. Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga pada lajur rencana

Lebar perkerasan (L_p)	Jumlah lajur (n_l)	Koefisien distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$L_p < 5,50$ m	1 lajur	1	1
$5,50 \text{ m} \leq L_p < 8,25$ m	2 lajur	0,70	0,50
$8,25 \text{ m} \leq L_p < 11,25$ m	3 lajur	0,50	0,475
$11,23 \text{ m} \leq L_p < 15,00$ m	4 lajur	-	0,45
$15,00 \text{ m} \leq L_p < 18,75$ m	5 lajur	-	0,425
$18,75 \text{ m} \leq L_p < 22,00$ m	6 lajur	-	0,40

Sumber : *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T-14-2003, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.*

2.2.6. Penentuan Besaran Rencana

a. Umur Rencana

Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalu lintas serta nilai ekonomi jalan yang bersangkutan yang dapat ditentukan antara lain dengan metode *benefit Cost Ratio*, *Internal Rate of*

Return, kombinasi dari metode tersebut atau cara lain yang tidak terlepas dari pola pengembangan wilayah.

Umumnya perkerasan beton semen dapat direncanakan dengan umur rencana (UR) 20 tahun sampai 40 tahun. Pada proyek Akhir ini umur rencana yang digunakan adalah 22 tahun.

b. Pertumbuhan Lalu-lintas

Volume lalu-lintas akan bertambah sesuai dengan umur rencana atau sampai tahap dimana kapasitas jalan dicapai dengan faktor pertumbuhan lalu-lintas yang dapat ditentukan berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$R = \frac{(I - i)^{UR} - I}{i} \quad (\text{pers. 2.8})$$

Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T-14-2003, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.

Dengan pengertian :

R :Faktor pertumbuhan lalu-lintas

I : Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun dalam %

UR : Umur Rencana (tahun)

c. Lalu-lintas rencana

Lalu-lintas rencana adalah jumlah kumulatif sumbu kendaraan niaga pada lajur rencana selama umur rencana, meliputi proporsi sumbu serta distribusi beban pada setiap jenis sumbu kendaraan.

Beban pada suatu jenis sumbu secara tipikal dikelompokkan dalam interval 10 KN (1 ton) bila diambil dari survei beban.

Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan rumus berikut:

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C \quad (\text{pers. 2.9})$$

Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T-14-2003, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.

Dimana :

- JSKN : Jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur rencana
 JSKNH : Jumlah total sumbu kendaraan niaga per hari pada saat jalan dibuka
 R : faktor pertumbuhan kumulatif yang besarnya tergantung dari pertumbuhan lalu lintas tahunan dan umur rencana
 C : koefisien distribusi kendaraan

d. Faktor keamanan beban

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (Fkb). Faktor keamanan beban ini digunakan berkaitan adanya berbagai tingkat reabilitas perencanaan seperti terlihat pada tabel 2.8 dibawah ini :

Tabel 2.8. Faktor keamanan beban

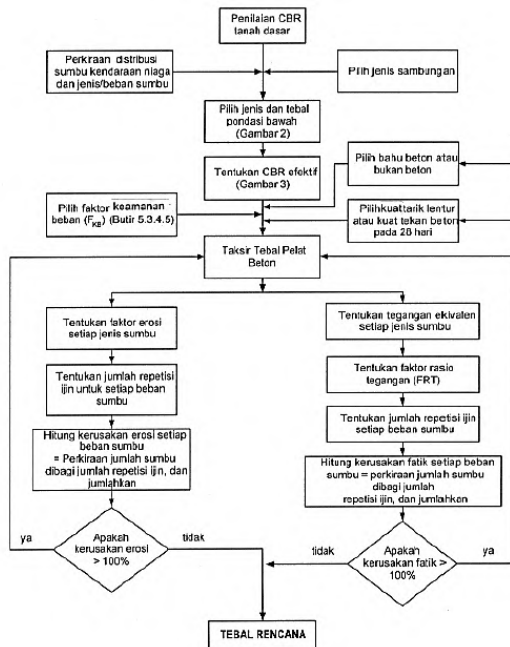
No.	Penggunaan	Nilai F _{KB}
1	Jalan bebas hambatan utama (<i>major freeway</i>) dan jalan berlajur banyak, yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi. Bila menggunakan data lalu-lintas dari hasil survai beban (<i>weight-in-motion</i>) dan adanya kemungkinan route alternatif, maka nilai faktor keamanan beban dapat dikurangi menjadi 1,15.	1,2
2	Jalan bebas hambatan (<i>freeway</i>) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah.	1,1
3	Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah.	1,0

Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T-14-2003, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.

2.2.7. Perencanaan Tebal Pelat

Tebal pelat taksiran dipilih dan total fatik serta kerusakan erosi dihitung berdasarkan komposisi lalu lintas selama umur rencana. Jika kerusakan fatik atau erosi lebih daro 100%, tebal taksiran dinaikkan dan proses perencanaan diulangi.

Tebal rencana adalah tebal taksiran yang paling kecil yang mempunyai total fatik dan tau kerusakan erosi lebih kecil atau sama dengan 100%.



Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T-14-2003, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.

Gambar 2.4 Sistem perencanaan perkerasan beton semen

Tabel 2.9. Langkah-langkah perencanaan tebal perkerasan beton semen

Langkah	Uraian Kegiatan
1	Pilih jenis perkerasan beton semen, bersambung tanpa ruji, bersambung dengan ruji, atau menerus dengan tulangan.
2	Tentukan apakah menggunakan bahu beton atau bukan.
3	Tentukan jenis dan tebal pondasi bawah berdasarkan nilai CBR rencana dan perkiraan jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana sesuai dengan Gambar 2
4	Tentukan CBR efektif berdasarkan nilai CBR rencana dan pondasi bawah yang dipilih sesuai dengan Gambar 3.
5	Pilih kuat tarik lentur atau kuat tekan beton pada umur 28 hari (f_{cr})
6	Pilih faktor keamanan beban lalu lintas (F_{KB})
7	Taksir tebal pelat beton (taksiran awal dengan tebal tertentu berdasarkan pengalaman atau menggunakan contoh yang tersedia atau dapat menggunakan Gambar 24 sampai dengan Gambar 31
8	Tentukan tegangan ekuivalen (TE) dan faktor erosi (FE) untuk STRT dari Tabel 8 atau Tabel 9
9	Tentukan faktor rasio tegangan (FRT) dengan membagi tegangan ekuivalen (TE) oleh kuat tarik-lentur (f_{cr}).
10	Untuk setiap rentang beban kelompok sumbu tersebut, tentukan beban per roda dan kalikan dengan faktor keamanan beban (F_{KB}) untuk menentukan beban rencana per roda. Jika beban rencana per roda ≥ 65 kN (6,5 ton), anggap dan gunakan nilai tersebut sebagai batas tertinggi pada Gambar 19 sampai Gambar 21
11	Dengan faktor rasio tegangan (FRT) dan beban rencana, tentukan jumlah repetisi ijin untuk fatik dari Gambar 19, yang dimulai dari beban roda tertinggi dari jenis sumbu STRT tersebut.
12	Hitung persentase dari repetisi fatik yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
13	Dengan menggunakan faktor erosi (FE), tentukan jumlah repetisi ijin untuk erosi, dari Gambar 20 atau 21.
14	Hitung persentase dari repetisi erosi yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
15	Ulangi langkah 11 sampai dengan 14 untuk setiap beban per roda pada sumbu tersebut sampai jumlah repetisi beban ijin yang terbaca pada Gambar 19 dan Gambar 20 atau Gambar 21 yang masing-masing menapai 10 juta dan 100 juta repetisi.
16	Hitung jumlah total fatik dengan menjumlahkan persentase fatik dari setiap beban roda pada STRT tersebut. Dengan cara yang sama hitung jumlah total erosi dari setiap beban roda pada STRT tersebut.
17	Ulangi langkah 8 sampai dengan langkah 16 untuk setiap jenis kelompok sumbu lainnya.
18	Hitung jumlah total kerusakan akibat fatik dan jumlah total kerusakan akibat erosi untuk seluruh jenis kelompok sumbu.
19	Ulangi langkah 7 sampai dengan langkah 18 hingga diperoleh ketebalan tertipis yang menghasilkan total kerusakan akibat fatik dan atau erosi $\leq 100\%$. Tebal tersebut sebagai tebal perkerasan beton semen yang direncanakan.

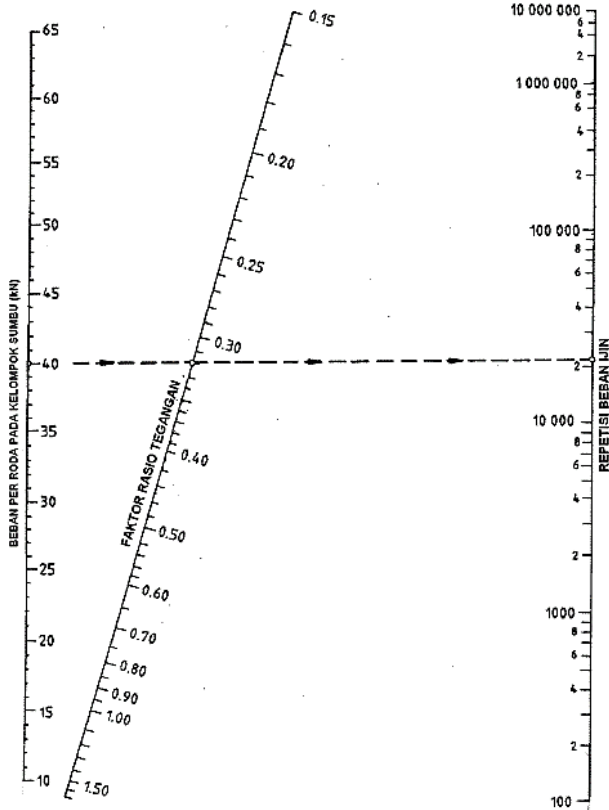
Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T-14-2003, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.

Tabel 2.10. Tegangan ekuivalen dan faktor erosi untuk perkerasan tanpa bahu beton

Tebal Slab (mm)	CER ET Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
		STRT	STRG	STDRG	STFRG	Tanpa Ruli				Dengan Ruli/Beton Berulang			
						STRT	STRG	STDRG	STFRG	STRT	STRG	STDRG	STFRG
220	5	0,94	1,58	1,42	1,05	2,33	2,93	3,14	3,19	2,11	2,71	2,87	3,02
220	10	0,9	1,49	1,3	0,95	2,31	2,91	3,09	3,13	2,1	2,7	2,84	2,96
220	15	0,88	1,44	1,25	0,93	2,3	2,9	3,05	3,1	2,09	2,69	2,82	2,93
220	20	0,87	1,42	1,22	0,91	2,29	2,89	3,05	3,09	2,08	2,69	2,81	2,92
220	25	0,85	1,39	1,18	0,88	2,29	2,89	3,03	3,07	2,08	2,69	2,8	2,9
220	35	0,82	1,33	1,11	0,83	2,26	2,86	2,99	3,03	2,07	2,66	2,78	2,86
220	50	0,79	1,27	1,04	0,79	2,26	2,86	2,95	3	2,07	2,67	2,78	2,83
220	75	0,76	1,19	0,97	0,75	2,24	2,85	2,92	2,95	2,06	2,66	2,72	2,78
230	5	0,88	1,49	1,35	1,03	2,28	2,88	3,1	3,14	2,05	2,65	2,82	2,95
230	10	0,84	1,41	1,24	0,94	2,26	2,86	3,05	3,09	2,04	2,64	2,79	2,92
230	15	0,82	1,38	1,15	0,85	2,25	2,85	3,02	3,05	2,03	2,64	2,77	2,89
230	20	0,81	1,34	1,16	0,87	2,24	2,84	3	3,05	2,03	2,63	2,76	2,86
230	25	0,8	1,31	1,12	0,84	2,23	2,83	2,98	3,03	2,03	2,63	2,75	2,86
230	35	0,77	1,23	1,05	0,79	2,21	2,81	2,95	2,99	2,02	2,59	2,73	2,82
230	50	0,74	1,19	0,95	0,74	2,2	2,8	2,91	2,95	2,01	2,51	2,7	2,78
230	75	0,71	1,12	0,91	0,7	2,19	2,79	2,88	2,91	2	2,5	2,68	2,74
240	5	0,82	1,4	1,25	0,98	2,23	2,83	3,06	3,11	1,99	2,6	2,78	2,94
240	10	0,79	1,32	1,18	0,85	2,21	2,81	3,01	3,05	1,98	2,59	2,74	2,86
240	15	0,77	1,29	1,13	0,85	2,2	2,8	2,98	3,02	1,98	2,59	2,72	2,85
240	20	0,76	1,26	1,1	0,83	2,19	2,79	2,96	3,01	1,97	2,57	2,72	2,84
240	25	0,75	1,23	1,06	0,8	2,18	2,78	2,94	2,99	1,97	2,57	2,71	2,82
240	35	0,72	1,17	0,95	0,74	2,17	2,76	2,9	2,95	1,96	2,56	2,69	2,78
240	50	0,69	1,12	0,94	0,7	2,15	2,75	2,88	2,91	1,95	2,55	2,66	2,74
240	75	0,67	1,05	0,85	0,68	2,13	2,74	2,83	2,88	1,94	2,54	2,63	2,69
250	5	0,77	1,33	1,23	0,94	2,16	2,78	3,02	3,07	1,94	2,54	2,73	2,9
250	10	0,74	1,25	1,12	0,86	2,16	2,76	2,97	3,01	1,93	2,53	2,7	2,85
250	15	0,72	1,21	1,07	0,81	2,15	2,75	2,94	2,99	1,93	2,53	2,68	2,82
250	20	0,71	1,18	1,04	0,79	2,14	2,74	2,93	2,97	1,92	2,52	2,67	2,8
250	25	0,7	1,15	1,01	0,76	2,13	2,73	2,91	2,95	1,92	2,52	2,66	2,78
250	35	0,68	1,11	0,95	0,71	2,12	2,71	2,87	2,91	1,91	2,51	2,64	2,74
250	50	0,65	1,05	0,85	0,67	2,1	2,7	2,83	2,83	1,9	2,5	2,61	2,7
250	75	0,63	0,99	0,82	0,61	2,08	2,69	2,79	2,83	1,89	2,49	2,59	2,65
260	5	0,73	1,26	1,16	0,9	2,13	2,73	2,99	3,03	1,89	2,49	2,69	2,87
260	10	0,7	1,18	1,05	0,82	2,11	2,71	2,93	2,99	1,88	2,48	2,66	2,78
260	15	0,68	1,15	1,03	0,78	2,1	2,7	2,9	2,95	1,88	2,48	2,64	2,78
260	20	0,67	1,12	1	0,75	2,09	2,69	2,88	2,93	1,87	2,47	2,63	2,76
260	25	0,65	1,1	0,97	0,73	2,08	2,69	2,87	2,91	1,87	2,47	2,62	2,74
260	35	0,64	1,05	0,91	0,68	2,07	2,68	2,83	2,87	1,86	2,46	2,59	2,7
260	50	0,61	1	0,85	0,64	2,05	2,65	2,8	2,84	1,85	2,45	2,56	2,67
260	75	0,59	0,95	0,75	0,62	2,03	2,64	2,75	2,78	1,84	2,44	2,54	2,61
270	5	0,68	1,19	1,13	0,87	2,09	2,69	2,95	3	1,84	2,44	2,65	2,83
270	10	0,66	1,12	1,03	0,79	2,07	2,67	2,9	2,94	1,83	2,43	2,62	2,78
270	15	0,64	1,09	0,98	0,75	2,06	2,66	2,87	2,91	1,83	2,43	2,6	2,75
270	20	0,63	1,05	0,95	0,74	2,05	2,65	2,85	2,9	1,83	2,43	2,59	2,73
270	25	0,62	1,04	0,93	0,71	2,04	2,64	2,83	2,88	1,83	2,42	2,58	2,71
270	35	0,6	0,99	0,87	0,65	2,02	2,63	2,79	2,84	1,81	2,41	2,55	2,67
270	50	0,58	0,95	0,81	0,61	2	2,61	2,76	2,8	1,8	2,4	2,52	2,63
270	75	0,56	0,89	0,74	0,57	1,99	2,59	2,7	2,75	1,79	2,39	2,5	2,58
280	5	0,65	1,13	1,05	0,83	2,05	2,65	2,92	2,97	1,8	2,4	2,62	2,8
280	10	0,62	1,06	0,95	0,75	2,03	2,63	2,86	2,91	1,79	2,39	2,58	2,74
280	15	0,6	1,03	0,94	0,74	2,01	2,62	2,85	2,89	1,78	2,38	2,56	2,71
280	20	0,6	1,01	0,92	0,73	2	2,61	2,82	2,87	1,77	2,37	2,55	2,7
280	25	0,59	0,99	0,95	0,67	1,99	2,6	2,8	2,85	1,77	2,37	2,54	2,68
280	35	0,57	0,94	0,83	0,62	1,97	2,58	2,76	2,81	1,76	2,36	2,51	2,64
280	50	0,55	0,9	0,75	0,55	1,95	2,56	2,72	2,77	1,75	2,35	2,48	2,6
280	75	0,53	0,86	0,71	0,53	1,94	2,55	2,69	2,72	1,74	2,34	2,46	2,55

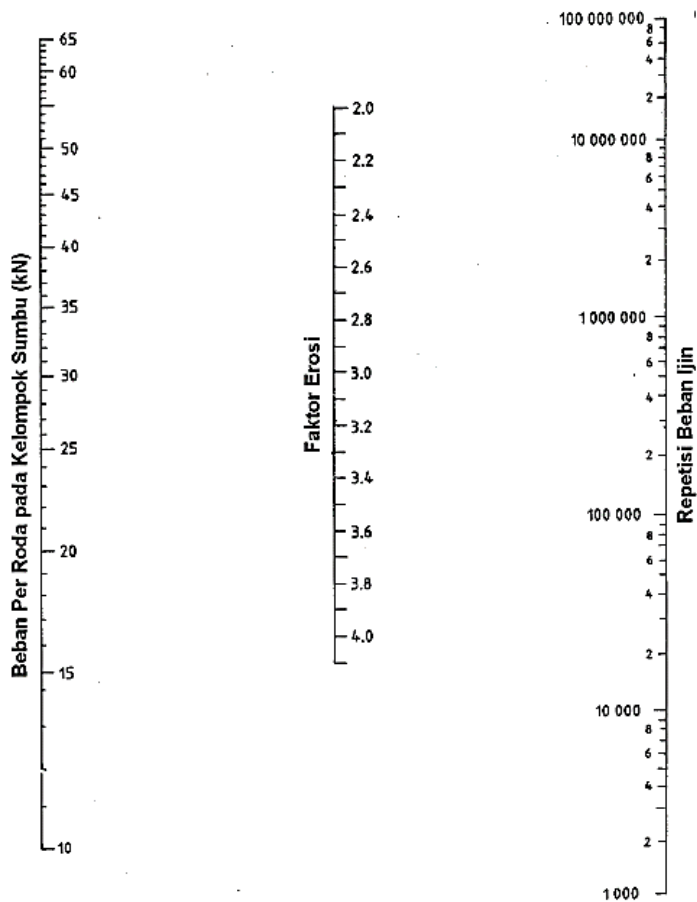
STRT: Sumbu Tunggal Roda Tunggul; STRG: Sumbu Tunggal Roda Ganda; STDRG: Sumbu Tandem Roda Ganda; STFRG: S...

Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T-14-2003, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.



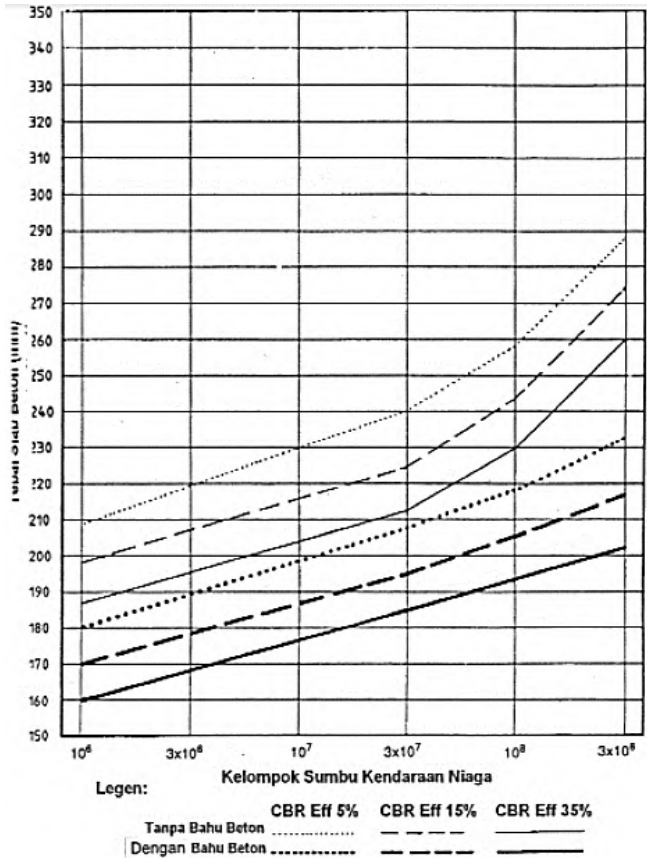
Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T-14-2003, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.

Gambar 2.5 Analisis fatik dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, dengan/tanpa bahu beton



Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T-14-2003, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.

Gambar 2.6 Analisis erosi dan jumlah repetisi beban ijin, berdasarkan faktor erosi, tanpa bahu beton



Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T-14-2003, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.

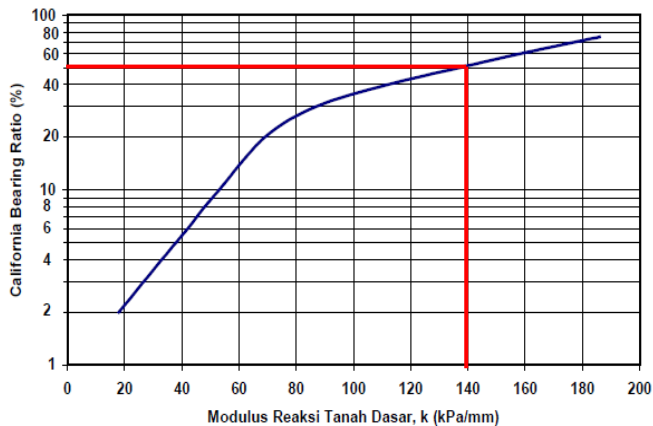
Gambar 2.7 Contoh grafik perencanaan, $F_{cf} = 4,25$ MPa, lalu lintas luar kota, dengan ruji, $F_{kb} = 1,2$

Pelapisan tambahan perkerasan beton semen di atas perkerasan beton aspal. Tebal lapis tambahan perkerasan beton semen di atas perkerasan lentur dihitung dengan cara yang sama

seperti perhitungan tebal pelat beton semen pada perencanaan baru yang telah diuraikan sebelumnya.

Modulus reaksi perkerasan lama (k) diperoleh dengan melakukan pengujian pembebanan pelat (plate bearing test) menurut AASHTO T.222-81 di atas permukaan perkerasan lama yang selanjutnya dikorelasikan terhadap nilai CBR menurut Gambar 22.

Bila nilai k lebih besar dari 140 kPa/mm (14 kg/cm^3), maka nilai k dianggap sama dengan 140 kPa/mm (14 kg/cm^3) dengan nilai CBR 50%.



Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T-14-2003, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.

Gambar 2.8. Hubungan antara CBR dan Modulus elastisitas reaksi tanah dasar

2.2.8. Perencanaan tulangan

Tujuan utama penulangan untuk :

- Membatasi lebar retakan, agar kekuatan pelat tetap dapat dipertahankan
- Memungkinkan penggunaan pelat yang lebih panjang agar dapat mengurangi jumlah sambungan melintang sehingga dapat meningkatkan kenyamanan
- Mengurangi biaya pemeliharaan

Jumlah tulangan yang diperlukandipengaruhi oleh jarak sambungan susut, sedangkan dalam hal beton bertulang menerus, diperlukan jumlah tulangan yang cukup untuk mengurangi sambungan susut.

- a. Penulangan pada perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan (BBDT)

Luas penampang tulangan pada perkerasan dapat dihitung dengan rumus :

$$A_s = \frac{1200.F.L.h}{f_s} \quad (\text{pers. 2.12})$$

Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T-14-2003, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.

Dimana:

A_s = luas tulangan yang diperlukan (cm^2/m lebar)

F = koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan dibawahnya (tabel 2.11)

L = jarak antar sambungan (m)

h = tebal pelat (m)

f_s = tegangan Tarik baja yang di ijinakan (kg/cm^2)

Tabel 2.11. Koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapis pondasi bawah (μ)

No.	Lapis pemecah ikatan	Koefisien gesekan (μ)
1	Lapis resap ikat aspal diatas permukaan pondasi bawah	1,0
2	Laburan paraffin tipis pemecah ikat	1,5
3	Karet kompon (A chlorinated rubber curing compound)	2,0

Sumber : *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T-14-2003, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.*

- b. Penulangan pada perkerasan beton semen menerus dengan tulangan (BMDT)
- Penulangan memanjang
Tulangan memanjang yang dibutuhkan pada perkerasan beton semen bertulangan dengan tulangan dihitung dari persamaan berikut:

$$P_s = \frac{100.Fct.(1,3-0,2\mu)}{F_y-n.Fct} \quad (\text{pers. 2.13})$$

Sumber : *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T-14-2003, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.*

Dimana :

P_s : persentase luas tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap luas penampang beton (%)

f_{ct} : kuat Tarik luas penampang beton = $(0,4-0,5 f_{ct})$ (kg/cm^2)

f_y : tegangan leleh rencana baja (kg/cm^2)

n : angka ekivalen antara baja dan beton (E_s/E_c), dapat dilihat pada tabel 2.16 atau dihitung dengan rumus

μ : koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan dibawahnya

Es : modulus elastisitas baja = $2,1 \times 10^6$ (kg/cm²)

Ec : modulus elastisitas beton = $14850 \sqrt{f^c}$ (kg/cm²)

Tabel 2.12. Hubungan kuat tekan beton dan angka ekivalen baja dan beton (n)

F ^c (kg/cm ²)	n
175-225	10
235-285	8
290- ke atas	6

Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T-14-2003, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.

Persentase minimum dari tulangan memanjang pada perkerasan beton menerus adalah 0,6% luas penampang beton. Jumlah optimum tulangan memanjang, perlu dipasang agar jarak dan lebar retakan dapat dikendalikan.

Secara teoritis jarak antara retakan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung dari persamaan berikut:

$$Lcr = \frac{fct^2}{n.p2.u.fb(Es.Ec-fct)} \quad (\text{pers. 2.14})$$

Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T-14-2003, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.

Dimana :

Lcr : jarak teoritis antara retakan (cm)

p : perbandingan luas tulangan memanjang dengan luas penampang beton

u : perbandingan keliling terhadap luas tulangan = $4/d$

fb : tegangan lekat antara tulangan dengan beton = $(1,97\sqrt{f^c})/d$ (kg/cm²)

es : koefisien susut = (400.10^{-6})

f_{ct} : kuat Tarik langsung beton = (0,4-0,5 f_{cf}) (kg/cm²)
 n : angka ekivalensi antara baja dan beton = (E_s/E_c)
 E_s : modulus elastisitas baja = $2,1 \times 10^6$ (kg/cm²)
 E_c : modulus elastisitas beton = $14850 \sqrt{f'_c}$ (kg/cm²)

Untuk menjamin agar didapat retakan-retakan yang halus dan jarak antara retakan yang optimum, maka:

- Persentase tulangan dan perbandingan antara keliling dan luas tulangan harus besar
 - Perlu menggunakan tulangan ulir (*deformed bars*) untuk memperoleh tegangan lekat yang lebih tinggi
- Jarak retakan teoritis yang dihitung dengan persamaan diatas harus memberikan hasil antara 150 dan 250 cm. Jarak antara tulangan 100 mm – 225 mm. Diameter batang tulangan memanjang berkisar antara 12 mm dan 20 mm.
- Penulangan melintang
- Luas tulangan melintang (A_s) yang diperlukan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$A_s = \frac{\mu \cdot L \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot f_s} \quad (\text{pers. 2.15})$$

Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T-14-2003, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.

Tulangan melintang direkomendasikan sebagai berikut :

- a. Diameter batang ulir lebih kecil dari 12 mm
- b. Jarak maksimum tulangan dari sumbu ke sumbu 75 cm
- c. Penempatan tulangan

Penulangan melintang pada perkerasan beton semen harus ditepatkan pada kedalaman lebih besar dari 65 mm dari dari permukaan untuk tebal pelat 20 cm dan maksimum sampai sepertiga tebal pelat untuk tebal pelat > 20 cm. tulangan arah memanjang dipasang diatas tulangan melintang.

d. Teknik penyambungan dan penulangan

Penyambungan pada suatu perkerasan kaku dibuat untuk mengontrol retakan akibat susutan dan tempat memuai. Penempatan sambungan akan menentukan letak dimana letak tersebut harus terjadi akibat penyusutan beton dan juga pengendalian terhadap perubahan-perubahan akibat temperatur dan perkerasan.

1) Dimensi pelat

- Lebar pelat

Lebar pelat (jalur penghamparan) untuk suatu pekerjaan tertentu ditentukan berdasarkan metode pelaksanaan yang akan dilakukan (apakah manual). Untuk kemudahan pelaksanaan, sebaiknya jalur penghamparan dibuat sama dengan atau kelipatan lebar jalur lalu lintas, sehingga dapat dilakukan sekali atau dua kali penghamparan.

- Panjang pelat

Untuk mencegah retakan yang tidak terkendali dan tidak beraturan, sedapat mungkin dibuat pelat yang mempunyai ukuran panjang dan lebar yang sama. Panjang pelat akan menentukan lebar bukaan retakan dan secara umum dapat dihitung dengan rumus:

Lebar bukaan pelat (mm) $0,45 \times$ panjang pelat (pers. 2.16)

2) Penyaluran pelat

Peralatan penyalur beban mempunyai fungsi untuk menurunkan tegangan yang terjadi pada tepi sambungan dan untuk mencegah perbedaan pergerakan vertikal antara masing-masing pelat. Sehingga kerataan permukaan bias dipertahankan. Pelat-pelat berdampingan yang tidak dilengkapi dengan system penyaluran beban pada tepi-tepinya tersebut harus ditambah sebesar 25%.

- Saling kunci antar butir agregat
Penyaluran beban pada bidang yang diperlemah pada sambungan susut diperoleh melalui sifat saling kunci butir agregat pada permukaan bidang pecah.
- Ruji (Dowel)
Ruji (Dowel) berupa batang baja polos lurus yang digunakan sebagai sarana penyambung atau pengikat pada beberapa jenis sambungan pelat beton perkerasan jalan dengan diameter dan panjang sesuai dengan tabel 2.13.

Tabel 2.13. Ukuran dan Jarak Ruji (dalam mm)

Tebal Pelat	Ukuran dan Jarak Ruji		
	Diameter (D)	Panjang (L)	Jarak (S)
150	19	450	300
175	25	450	300
200	25	450	300
225	32	450	300
250	36	450	300
275	36	450	300
300	36	450	300
325	38	450	300
350	38	450	300

Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T-14-2003, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.

- Lidah Alur (*Key Way*)
Lidah Alur berfungsi sebagai penyalur beban pada sambungan pelaksanaan arah memanjang. Alur dibuat pada bidang sambungan pelat yang dihampar lebih dahulu, dengan menggunakan logam atau kayu yang diikatkan pada cetakan. Letak dan ukuran lidah alur harus mengikuti ketentuan, penyimpangan ukuran dan letak lidah alur dari ketentuan yang disyaratkan dapat menyebabkan kerusakan sisi atas atau bawah alur dan lidah.

Untuk menjaga penyaluran beban, semua sambungan pelaksanaan lidah alur harus diikat dengan batang pengikat yang diprofilkan.

3) Jenis sambungan

Terdapat tiga jenis sambungan yang dapat digunakan pada konstruksi perkerasan beton bersambung adalah sebagai berikut:

- Sambungan susut (*Contraction joint*)
Merupakan sambungan pada bidang yang diperlemah dibuat untuk mengalihkan tegangan Tarik akibat : suhu, kelembaban, gesekan, sehingga akan mencegah retak. Sambungan susut tidak digunakan dalam perkerasan beton menerus dengan tulangan karena tulangan sudah direncanakan untuk memegang setiap retak yang terjadi.
- Sambungan Muai (*Expansion Joint*)
Merupakan sambungan yang fungsi utamanya untuk menyiapkan ruang muai pada perkerasan, sehingga mencegah terjadinya tegangan tekan yang akan menyebabkan perkerasan tertekuk.
- Sambungan konstruksi/pelaksanaan (*Construction joint*)
Merupakan sambungan yang diperlukan untuk kebutuhan konstruksi (berhenti dan mulai pengecoran). Jarak antara sambungan memanjang disesuaikan dengan lebar alat penghampar dan tebal perkerasan. Pembentukan alur pada tipe sambungan yang sama seperti pada sambungan muai.

4) Bahan penutup sambungan

Digunakan untuk menutup celah antara 2 (dua) pelat beton yang berdekatan, dimaksudkan untuk mencegah benda asing yang berbentuk padat sehingga dapat mencegah kesempurnaan merapatnya sambungan yang dapat menimbulkan tegangan yang tinggi didalam pelat.

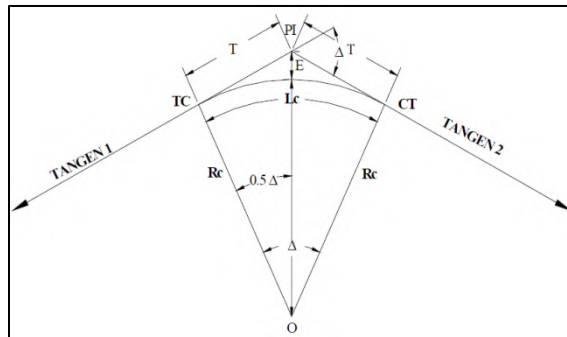
Bahan penutup sambungan adalah bahan yang tahan terhadap tarikan dan tekanan, dan masih tahan untuk tetap melekat pada dinding-dinding sambungan, terbuat dari bahan cukup elastis seperti karet dan mastic aspal.

2.3 Kontrol Geometrik

2.3.1 Alinyemen Horizontal

a. Full circle (FC)

Tikungan jenis *full circle* umumnya digunakan pada tikungan yang mempunyai jari-jari tikungan besar dan sudut tangen kecil.



Gambar 2.9 Sketsa Tikungan FC

Keterangan gambar :

PH = Perpotongan Horizontal

Rc = Jari-jari tikungan (m)

Δ = Sudut tangen ($^{\circ}$)

TC = Tangen Circle

CT = Circle Tangen

Ts = Jarak antara TC dan PH

Lc = Panjang bagian tikungan

Es = Jarak PH ke lengkung peralihan

Perhitungan Data Kurva :

$$L_s = 0$$

$$E_s = \frac{Rc}{\cos \theta_s} \times Rc \dots\dots\dots (\text{pers. 2.17})$$

$$T_s = R \times \tan \frac{1}{2} \beta \dots\dots\dots (\text{pers. 2.18})$$

$$L_c = \frac{\Delta}{360} \times 2\pi Rc \dots\dots\dots (\text{pers. 2.19})$$

Syarat Pemakaian :

Tergantung dari harga :

$$V_r \rightarrow Rc$$

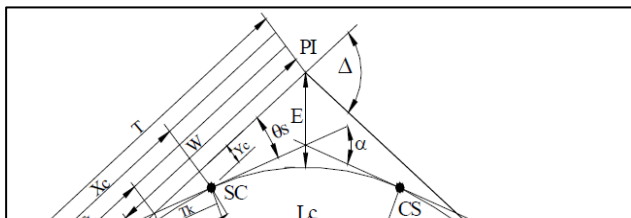
$$\Delta_c = 0$$

$$L = 20$$

b. Spiral circle spiral (S-C-S)

Lengkung spiral pada tikungan jenis S-C-S ini adalah peralihan dari bagian tangen ke bagian tikungan dengan panjangnya diperhitungkan perubahan gaya sentrifugal.

Adapun jari-jari yang diambil adalah sesuai dengan kecepatan rencana yang ada pada daftar I perencanaan geometrik jalan raya.



Gambar 2.10 Sketsa Tikungan S-C-S

Keterangan gambar :

TS = Titik perubahan dari tangent ke spiral

ST = Titik perubahan dari spiral ke tangent

L = Panjang bagian spiral ke tengah

Ls = Panjang total spiral dari TS sampai ST

Δ = Sudut lengkungan

Rc = Jari-jari tikungan

Ts = Panjang tangent total yaitu jarak antara PH dan TS

Es = Jarak eksternal total yaitu jarak antara PH dan titik tangen busur Lingkaran

Perhitungan data kurva :

Dari Tabel Konstruksi Jalan Raya diperoleh nilai e dan L_s .

$$L_s \text{ min} = 0,022 \frac{Vr^3}{Rcx C} - 2,727 \frac{Vrxe}{C} \dots\dots\dots(\text{pers. 2.20})$$

$$\theta_s = \frac{90L_s}{\pi R_c} = \frac{28,648L_s}{R_c} \dots\dots\dots(\text{pers. 2.21})$$

$$\Delta c = \Delta - 2 \theta_s \dots\dots\dots(\text{pers. 2.22})$$

$$L_c = \frac{\Delta c}{360} \times 2\pi R_c \dots\dots\dots(\text{pers. 2.23})$$

$$p = L_s \cdot p^* = \frac{L_s^2}{6R_c} - R_c(1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots(\text{pers. 2.24})$$

$$k = L_s \cdot k^* = L_s - \frac{L_s^3}{40R_c^2} - R_c \sin \theta_s \dots\dots\dots(\text{pers. 2.25})$$

$$T_s = (R_c + p) \tan \theta_s + k \dots\dots\dots(\text{pers. 2.26})$$

$$E_s = \frac{(R_c + p)}{\cos \theta_s} - R_c \dots\dots\dots(\text{pers. 2.27})$$

Syarat Pemakaian :

$$L_s \text{ min} \leq L_s \dots\dots\dots(\text{pers. 2.28})$$

Apabila R_c untuk circle tidak memenuhi untuk kecepatan rencana tertentu, maka :

$$\Delta c > 0$$

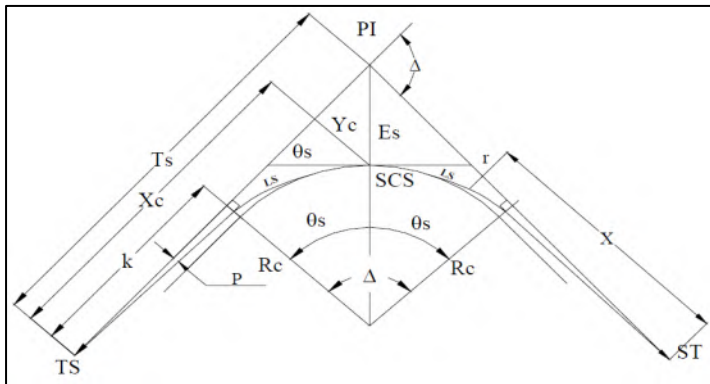
$L_c > 20 \text{ m}$

$$L = 2 L_s + L_c < 2 T_s \dots \dots \dots (\text{pers. 2.29})$$

Catatan :

- Untuk mendapatkan nilai p^* dan k^* dapat dilihat pada lampiran Tabel Konstruksi Jalan Raya berdasarkan nilai θ_s yang didapatkan.
 - Nilai cadalah nilai untuk perubahan kecepatan pada tikungan = 0,4 m/detik.
- c. Spiral spiral (S-S)

Penggunaan lengkung spiral-spiral apabila hasil perhitungan pada bagian lengkung S – C – S tidak memenuhi syarat yang telah ditentukan. Bentuk tikungan ini dipergunakan pada tikungan yang tajam.



Gambar 2.11 Sketsa Tikungan S-S

Keterangan gambar :

Perhitungan data kurva :

$$\Delta c = 0$$

$$\theta_s = \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots (\text{pers. 2.30})$$

$$L_s = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R_c}{90} = \frac{\theta_s \cdot R_c}{28,648} \dots\dots\dots (\text{pers. 2.31})$$

$$L = 2 L_s \dots\dots\dots (\text{pers. 2.32})$$

$$P = L_s \cdot p^* = \frac{L_s^2}{6R_c} - R_c (1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots (\text{pers. 2.33})$$

$$K = L_s \cdot k^* = L_s - \frac{L_s^3}{40R_c^2} - R_c \sin \theta_s \dots\dots\dots (\text{pers. 2.34})$$

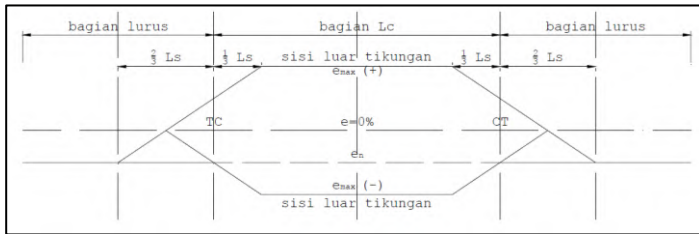
$$T_s = (R_c + p) \tan \theta_s + k \dots\dots\dots (\text{pers. 2.35})$$

$$E_s = \frac{R_c + p}{\cos \theta_s} - R_c \dots\dots\dots (\text{pers. 2.36})$$

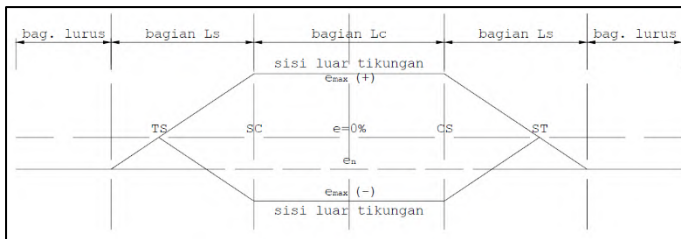
Syarat Pemakaian :

$$\text{Kontrol perhitungan } 2L_s < 2 T_s \dots\dots\dots (\text{pers. 2.37})$$

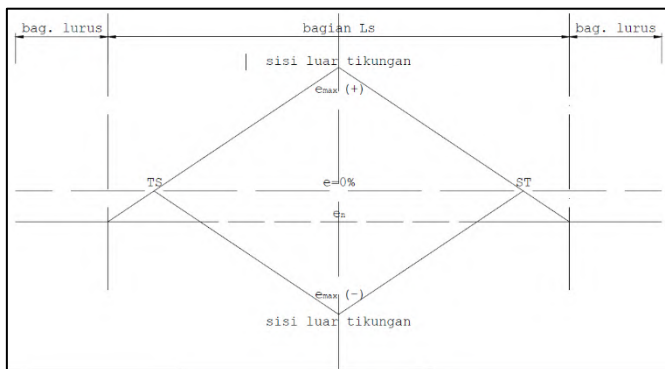
Sedangkan bentuk-bentuk dari diagram superelevasi adalah sebagai berikut :



Gambar 2.12 Diagram Superelevasi Pada Tikungan FC



Gambar 2.13 Diagram Superelevasi Pada Tikungan S-C-S



Gambar 2.14 Diagram Superelevasi Pada Tikungan S-S

2.3.2 Alinyemen Vertikal

a. Landai maksimum

Landai maksimum yang diizinkan pada kondisi normal tercantum dalam tabel 2.14.

Tabel 2.14 Landai Maksimum

Kecepatan Rencana (km/jam)	Landai Maksimum (%)
100	3
80	4
60	5
50	6
40	7
30	8
20	9

- b. Panjang landai kritis
Kelandaian yang lebih besar dari kemiringan maksimum yang disebutkan dalam paragraf di atas dapat digunakan, apabila panjang kelandaian lebih kecil daripada panjang kritis yang ditetapkan dalam tabel 2.15 sesuai dengan kecepatan rencana.

Tabel 2.15 Panjang Kritis pada Kelandaian

Kecepatan Rencana (km/jam)	Kelandaian (%)	Panjang kritis dari kelandaian (m)
100	4	700
	5	500
	6	400
80	5	600
	6	500
	7	400
60	6	500
	7	400
	8	300
50	7	500
	8	490
	9	300
40	8	400
	9	300
	10	200

Catatan : apabila disediakan jalur tanjakan panjang kelandaian dapat melebihi panjang kelandaian kritis di atas.

c. Jalur pendakian

Pada bagian tanjakan dengan landai 5% atau lebih (3% atau lebih untuk jalan yang kecepatan rencana 100 km/jam atau lebih. Jalur pendakian untuk kendaraan berat hendaknya disediakan, tergantung pada panjang dan karakteristik lalu lintas. Lebar jalur tanjakan pada umumnya 3,0 m.

d. Lengkung vertikal

Pada setiap perubahan kelandaian dapat diberikan lengkung vertikal. Lengkung vertikal hendaknya merupakan lengkung parabola yang sederhana. Standar minimum jari-jari lengkung vertikal pada lengkung cembung dan lengkung cekung yang ditetapkan dalam tabel 2.28 (kolom 3) sesuai dengan kecepatan rencana. Untuk kenyamanan dan keamanan pengemudi, pemakaian standar jari-jari minimum dalam merencanakan dibatasi oleh masalah-masalah pelik. Sebagai ganti standar jari-jari minimum, besar nilai-nilai pada kolom 4 tabel 2.16 dapat digunakan dalam perencanaan pada kondisi normal.

Tabel 2.16 Radius Minimum Lengkung Vertikal

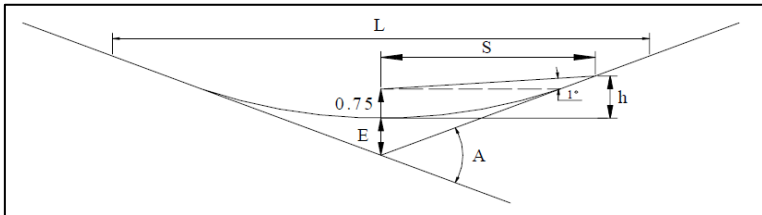
Kecepatan Rencana (km/jam)	Lengkung Cembung dan Cekung	Standar Minimum (m)	Rencana Radius Minimum Lengkung Vertikal (m)
100	Cembung	6500	10000
	Cekung	3000	4000
80	Cembung	3000	4500
	Cekung	2000	3000
60	Cembung	1400	2000
	Cekung	1000	1500
50	Cembung	800	1200
	Cekung	700	1000
40	Cembung	450	700
	Cekung	450	700
30	Cembung	250	400
	Cekung	250	400
20	Cembung	100	200
	Cekung	100	200

Standar panjang minimum lengkung vertikal seperti yang tertera pada tabel 2.17 sesuai dengan kecepatan rencana.

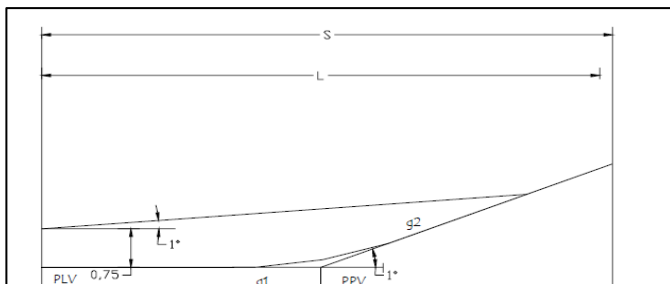
Tabel 2.17 Standar Panjang Minimum Lengkung Vertikal

Kecepatan Rencana (km/jam)	Standar Panjang Minimum Lengkung Vertikal (m)
100	85
80	70
60	50
50	40
40	35

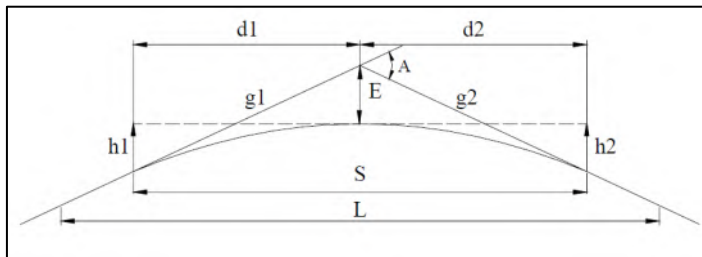
Adapun lengkung vertikal yang digunakan adalah lengkung parabola sederhana seperti pada gambar berikut :



Gambar 2.15 Sketsa Lengkung Vertikal Cekung



Gambar 2.16 Sketsa Lengkung Vertikal Cekung



Gambar 2.17 Sketsa Lengkung Vertikal Cembung

Pada lengkung vertikal cembung mempunyai tanda positif (+) pada persamaannya dan lengkung vertikal cekung mempunyai tanda negative (-) pada persamaannya.

Rumus yang digunakan pada perencanaan lengkung vertikal ini yaitu :

Diketahui :

V_r = kecepatan rencana (km/jam)

Sta. PVI = jarak yang ditinjau (m)

Elev. PV = ketinggian tanah (m)

A = perbedaan kelandaian (%)
 = $G_1 - G_2$

$$Ev = \frac{AxLv}{800} \dots\dots\dots(\text{pers. 2.38})$$

Lv ditentukan dari tabel panjang lengkung vertikal cembung / cekung, berdasarkan nilai Vr dan A. Terdapat pada lampiran.

Peninjauan titik :

$$x = \frac{1}{2} Lv \dots\dots\dots(\text{pers. 2.39})$$

$$y = \frac{A.x^2}{200Lv} \dots\dots\dots(\text{pers. 2.40})$$

Dengan cara seperti di atas didapatkan nilai sebagai berikut :

$$X = \frac{1}{2} Lv \dots\dots\dots(\text{pers. 2.41})$$

$$Y = \frac{1}{4} y \dots\dots\dots (\text{pers. 2.42})$$

$$\text{Sta PLV} = \text{Sta PVI} - \frac{1}{2} L \dots\dots\dots (\text{pers. 2.43})$$

$$\text{Elev PLV} = \text{Elev PVI} - (G_1 \% \times \frac{1}{2} Lv) \dots\dots\dots(\text{pers. 2.44})$$

$$\text{Sta } \frac{1}{4} Lv = \text{Sta PLV} - \frac{1}{4} Lv \dots\dots\dots(\text{pers. 2.45})$$

$$\text{Elev } \frac{1}{4} Lv = \text{Elev PLV} - (G_1 \% \times \frac{1}{4} Lv) - Y \dots\dots(\text{pers. 2.46})$$

Sta PVI = Sta yang ditinjau

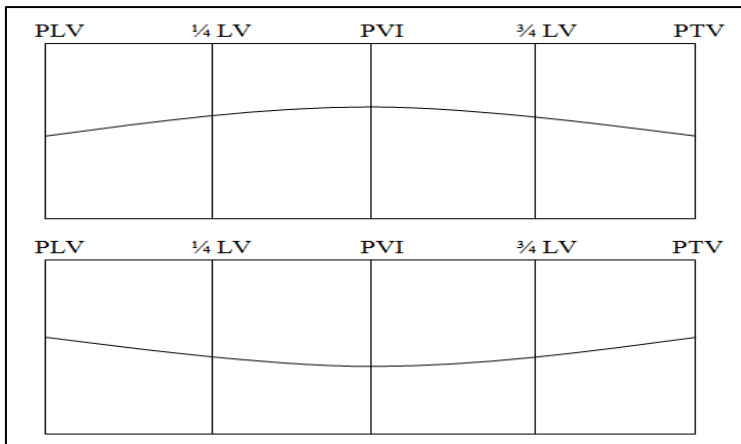
$$\text{Elev PVI} = \text{Elev PV} - Ev \dots\dots\dots(\text{pers. 2.47})$$

$$\text{Sta PTV} = \text{Sta PVI} + \frac{1}{2} L_v \dots\dots\dots(\text{pers. 2.48})$$

$$\text{Elev PTV} = \text{Elev PVI} + (G_2 \% \times \frac{1}{2} L_v) \dots\dots\dots(\text{pers. 2.49})$$

$$\text{Sta } \frac{3}{4} L_v = \text{Sta PVI} + \frac{1}{4} L_v \dots\dots\dots(\text{pers. 2.50})$$

$$\text{Elev } \frac{3}{4} L_v = \text{Elev PVI} + (G_2 \% \times \frac{1}{4} L_v) - Y \dots\dots(\text{pers. 2.51})$$



Gambar 2.18 Aliyemen Vertikal

2.4 Perencanaan Saluran Tepi (Drainase)

Dengan adanya drainase permukaan diharapkan dapat mengendalikan air hujan yang jatuh pada permukaan jalan

dengan cepat mengalir kesistem drainase. Acuan yang digunakan dalam perencanaan drainase adalah tata cara perencanaan drainase jalan SNI 03-3424-1994 sebagai berikut:

2.4.1 Pembuatan system drainase

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

2.4.2 Analisa hidrologi

Analisa hidrologi yang dihitung terdiri dari :

- a. Data curah hujan
- b. Periode ulang hujan
- c. Lama waktu curah hujan
- d. Waktu konsentrasi (T_c)

2.4.3 Analisa debit drainase

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

- a. Luas daerah pengaliran

Luas daerah pengaliran batasnya tergantung dari daerah pembebasan daerah sekelilingnya

- b. Perhitungan intensitas curah hujan

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

$$R_t = R_t = R + S \frac{S_r}{S_n} (y_t + y_n) \dots \dots \dots (\text{pers.2.52})$$

$$R_t = \frac{\sqrt{\sum(R_1 - R_2)^2}}{n} \dots \dots \dots (\text{pers. 2.53})$$

$$I = \frac{90\% \cdot R_t}{4} \dots \dots \dots (\text{pers. 2.54})$$

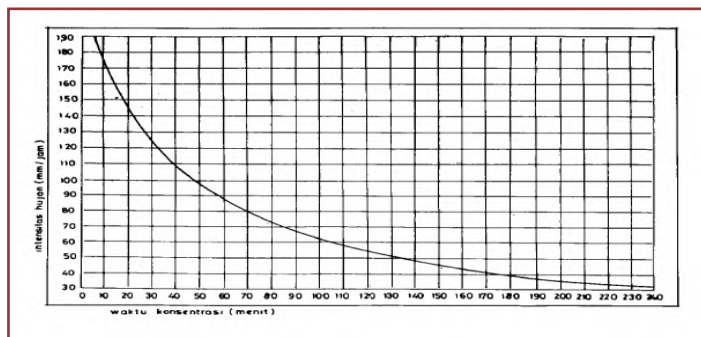
Keterangan :

R_t = besarnya curah hujan untuk periode ulang T
(mm/jam)

R = tinggi curah hujan rata-rata maksimum

Y_t = variasi yang merupakan fungsi periode ulang (lihat tabel)

S_n = standar deviasi yang merupakan fungsi dari nilai n (lihat tabel)



Gambar 2.19 Kurva Basis

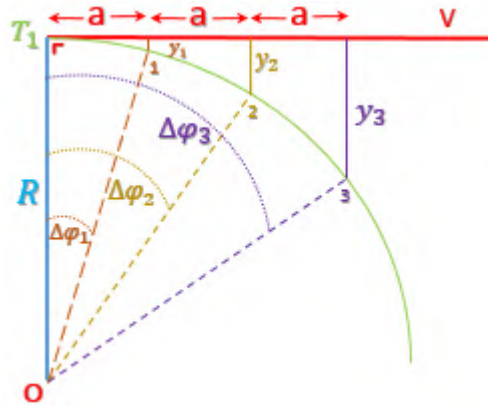
2.4.4 Dimensi saluran tepi

Bentuk saluran tepi dipilih berdasarkan pertimbangan-pertimbangan antara lain :

- a. Kondisi tanah dasar
- b. Kecepatan aliran
- c. Dalam atau dangkalnya kedudukan air tanah
- d. Pada umumnya saluran tepi dibuat mengikuti kelandaian jalan

2.5 Metode Pelaksanaan Pekerjaan

2.5.1 Metode selisih absis sama panjang



Gambar 2.20 selisih absis sama panjang

a = absis pada sumbu x

Detail :

- $x_1 = a$

$$y_1 = R - \sqrt{R^2 - a^2}$$

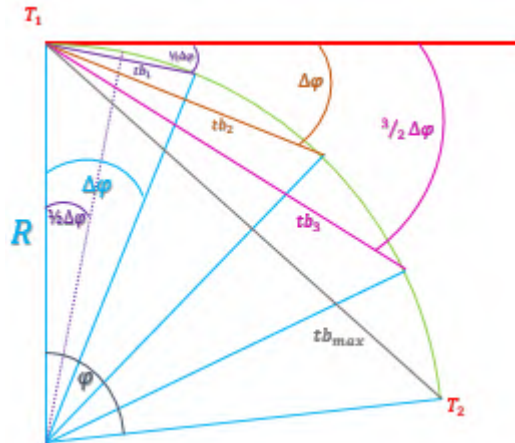
- $x_2 = 2a$

$$y_2 = R - \sqrt{R^2 - (2a)^2}$$

- $x_3 = 3a$

$$y_3 = R - \sqrt{R^2 - (3a)^2}$$

2.5.2 Metode polar

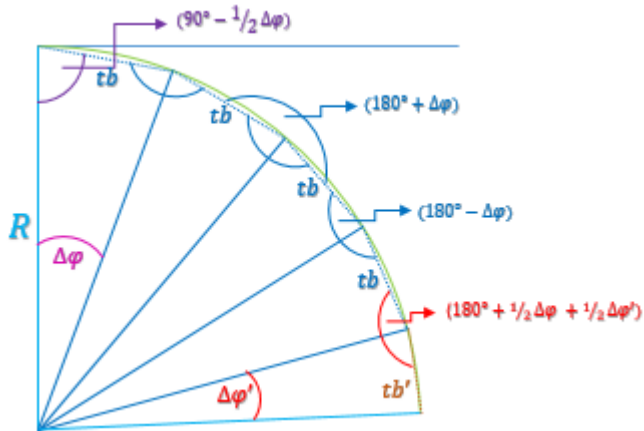


Gambar 2.21 Polar

Cara Membuat Busur dengan Metode Polar :

- Alat ukur Theodolite di titik T_1 , sentring, arahkan ke V, atur sudut $0^{\circ}0'0''$,
- Putar sudut searah jarum jam sebesar $\frac{1}{2} \Delta\varphi = \dots^{\circ} \dots' \dots''$
- Bidik arah, ukur jarak sebesar $tb_1 = 2R \cdot \sin \frac{1}{2} \Delta\varphi = \dots$ m, akan ketemu titik detail 1 pada busur.
- Alat tetap, putar searah jarum jam sehingga besar sudut $2 \times \frac{1}{2} \Delta\varphi = \dots^{\circ} \dots' \dots''$
- Bidik arah, ukur jarak sebesar $tb_2 = 2R \cdot \sin(2 \times \frac{1}{2} \Delta\varphi) = \dots$ m, akan ketemu titik detail 2 pada busur
- Begitu seterusnya sampai sudut $\varphi = \dots^{\circ} \dots' \dots''$, bidik arahnya, ukur jarak tb maksimum, $tb_{max} = 2R \cdot \sin \frac{1}{2} \varphi$, harus sama/berimpit dengan titik singgung T_2

2.5.3 Metode polygon



Gambar 2.22 Poligon

Sisi Poligon :

- Di titik $T_1 = (90 - \frac{1}{2} \Delta\phi)$
 - Di titik 1 & 2 = $(180 - \Delta\phi)$, bila sudut dalam
 - Di titik 1 & 2 = $(180 + \Delta\phi)$, bila sudut luar dan seterusnya, kecuali :
 - Di titik akhir = $(180 - \frac{1}{2} \Delta\phi - \frac{1}{2} \Delta\phi')$, bila sudut dalam
 - Di titik akhir = $(180 + \frac{1}{2} \Delta\phi + \frac{1}{2} \Delta\phi')$, bila sudut luar
- Jarak lengannya = $tb = 2R \sin \frac{1}{2} \Delta\phi$, kecuali lengan terakhir $tb' = 2R \sin \frac{1}{2} \Delta\phi'$

Perkerasan jalan beton semen portland atau lebih sering disebut perkerasan kaku atau juga disebut *Rigid Pavement* merupakan perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan ikat sehingga mempunyai tingkat kekakuan yang relative cukup tinggi. Perkerasan beton yang kaku dan memiliki *modulus elastisitas* yang tinggi, akan mendistribusikan beban terhadap bidang area tanah yang

cukup luas, sehingga bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasan diperoleh dari slab beton sendiri.

Adapun tahapan pelaksanaan pekerjaan *Rigid Pavement* ini adalah sebagai berikut:

1. Pekerjaan Tanah
 - a. Timbunan Tanah Biasa
 - b. Penyiapan Badan Jalan
2. Pekerjaan Perkerasan Berbutir
Penghamparan dan Pematatan Lapis Pondasi Agregat Kelas B
3. Pekerjaan Struktur
 - a. Pekerjaan Lantai Kerja CBK
 - b. Pekerjaan Baja Tulangan
 - c. Pekerjaan Rigid

2.6 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Perhitungan anggaran biaya pada proyek akhir ini mengacu pada harga satuan pokok kegiatan (HSPK) wilayah setempat. Volume pada setiap komponen gambar detail akan dihitung agar dapat menentukan rencana anggaran biaya yang diperlukan untuk pelaksanaan rencana jalan ini.

“Halaman ini Sengaja di Kosongkan”

BAB III METODOLOGI

Metodologi untuk studi ini dilakukan dengan pengambilan data terlebih dahulu, kemudian hasil yang didapatkan akan dianalisa untuk menjadi topik pembahasan. Metodologi yang digunakan untuk menyelesaikan proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

3.1 Pekerjaan Persiapan

Mempersiapkan judul dari Proyek Akhir dan kelengkapan administrasinya, baik dari kampus maupun instansi terkait lainnya.

3.2 Pengumpulan Data

Di ambil dari instansi/konsultan yang berupa :

- a. Peta lokasi
- b. Data CBR tanah dasar
- c. Data lalu lintas
- d. Data curah hujan
- e. Gambar Eksisting

3.3 Pengolahan Data

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

3.3.1 Pengolahan data lalu lintas

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

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

3.3.2 Pengolahan data CBR tanah dasar

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

3.3.3 Pengolahan data curah hujan

Perencanaan dimensi saluran tepi jalan, dengan menggunakan data curah hujan diambil dari stasiun hujan dengan lokasi studi.

3.3.4 Pengolahan kapasitas jalan

a. Derajat kejenuhan

Derajat kejenuhan adalah rasio terhadap kapasitas yang digunakan sebagai factor kunci dalam penentuan perilaku lalu lintas pada suatu simpang dan juga segmen jalan tersebut layak digunakan atau tidak. Derajat kejenuhan ini diberi batasan $\leq 0,75$ (jalan luar kota), apabila melebihi maka dianggap jalan tidak mampu lagi menampung arus lalu lintas sehingga perlu adanya pelebaran jalan.

b. Analisa kebutuhan pelebaran jalan

- Analisa data jumlah kendaraan
- Analisa data CBR tanah dasar

3.4 Perencanaan Struktur Perkerasan Kaku

- a. Struktur dan jenis perkerasan
- b. Penentuan besaran rencana
- c. Perencanaan tebal pelat
- d. Perencanaan tulangan
- e. Teknik penyambungan dan tulangan

3.5 Perencanaan Drainase

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

- a. Analisa hidrologi
- b. Menghitung koefisien pengaliran
- c. Menghitung kemiringan saluran
- d. Menghitung kecepatan rata-rata
- e. Menghitung debit aliran
- f. Menghitung dimensi saluran

3.6 Gambar Rencana

Berupa gambar dari hasil perhitungan perencanaan jalan dan perencanaan drainase.

3.7 Metode Pelaksanaan Pekerjaan

Sebelum sesuatu pekerjaan dilaksanakan, perlu disusun dulu langkah - langkah atau tahapan pelaksanaan pekerjaan.

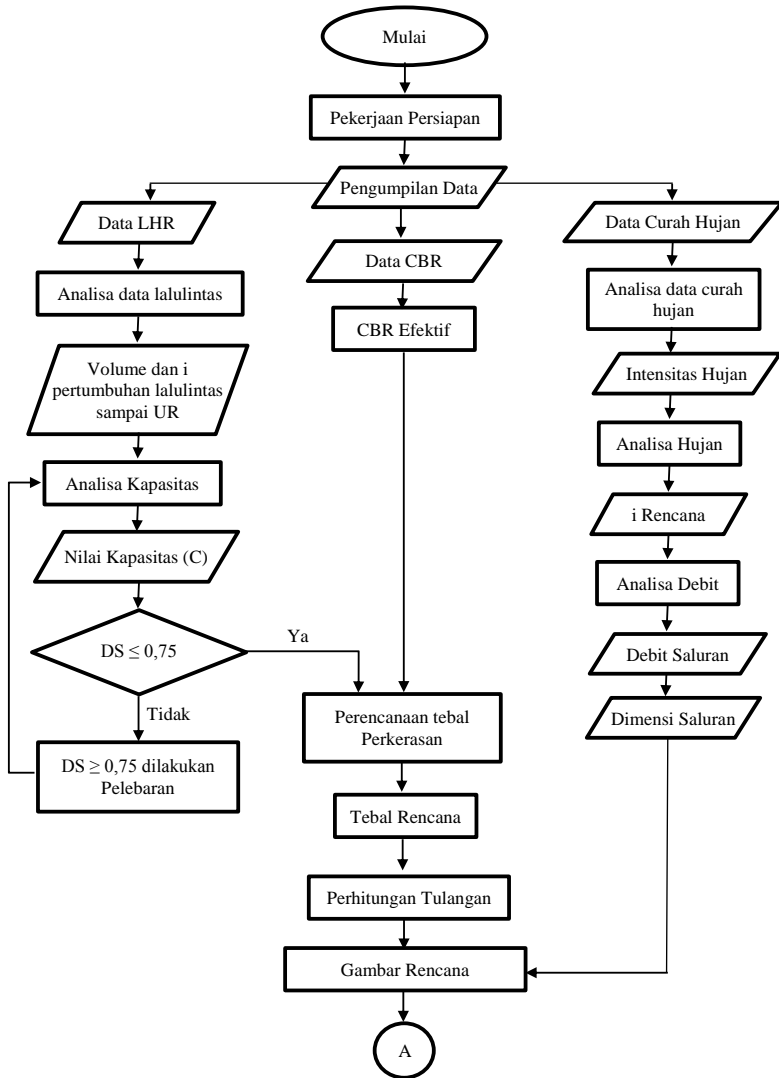
3.8 Perencanaan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Perencanaan RAB mengacu pada harga satuan pokok kegiatan (HSPK) wilayah lokasi studi.

3.9 Kesimpulan dan Saran

Tahap ini merupakan suatu kesimpulan dan saran mengenai proyek akhir ini.

Untuk mempermudah proses pengerjaan, maka metodologi disusun membentuk suatu *flow chart*/diagram alir metodologi yang digunakan dalam proyek akhir ini terlihat pada gambar 3.1





Gambar 3.1. Bagan Metodologi

“Halaman ini Sengaja di Kosongkan”

BAB IV ANALISA PERHITUNGAN

4.1. Pengelolaan Data Lalu Lintas

Data lalu lintas dibutuhkan untuk mencari tebal perkerasan dan untuk mencari pertumbuhan kendaraan. Kami memperoleh data lalu lintas sebagai berikut :

Tabel 4.1.
Data Lalu Lintas Ruas Maros – Bone PT. Yodya Karya

Hari/ Golongan	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	7c	8	Total
	Sepeda Motor, Skuter, dan Kendaraan Roda Tiga	Sedan, Jeep dan Station Wagon	Opelet, Pick-Up-Opelet, Suburban, Combi dan Mini Bus	Pick-Up, Micro Truck dan Mobil Hantaran	Bus Kecil	Bus Besar	Truk 2 Sumbu 4 Roda	Truk 2 Sumbu 6 Roda	Truk 3 Sumbu	Truk Gandengan	Truk Gandengan	Kendaraan Tidak Bermotor	
Hari ke-1	1,002	613	23	109	22	13	18	318	124	-	-	5	2,247
Hari ke-2	998	647	18	112	23	16	17	298	108	-	-	13	2,250
Hari ke-3	1,043	601	22	98	24	29	31	303	116	-	-	13	2,280
Hari ke-4	1,025	675	237	110	24	18	38	326	119	-	-	9	2,581
Hari ke-5	983	588	21	100	16	15	25	316	122	-	-	2	2,188
Hari ke-6	1,003	622	24	115	19	21	33	310	120	-	-	9	2,276
Hari ke-7	1,016	593	22	115	23	26	31	277	119	-	-	3	2,225

Sumber : PT. Yodya Karya (Persero) Ruas Maros – Bone

Tabel 4.2.

Pertumbuhan kendaraan rata-rata per tahun (I) dengan menggunakan perhitungan presentase pertumbuhan kendaraan pada studi kelayakan Ruas Maros – Bone

NO	JENIS KENDARAAN	2011	2012	2013	I (%)
1	motor - veh 1	978	1156	1371	0.12
2	car - veh 2	311	403	488	0.16
3	oplet, pick up - veh 3	154	197	223	0.13
4	mikro truk - veh 4	149	185	212	0.12
5	bis kecil - veh 5a	19	24	23	0.07
6	bis besar - veh 5b	12	14	19	0.17
7	truk 3/4 4 roda - 6a	177	202	287	0.17
8	truk kecil 2 sumbu - 6b	252	287	339	0.10
9	truk 3 sumbu 7a	123	121	130	0.02
10	truk gandeng - 7b	0	0	0	
11	truk trailer - 7c	0	0	0	
12	kendaraan tak bermotor - 8	0	0	0	

Sumber : SAMSAT Kabupaten Bone

Tabel 4.3.
Data Lalu Lintas Ruas Maros – Bone

NO	JENIS KENDARAAN	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1	motor - veh 1	978	1156	1371	1,534	1,717	1,922
2	car - veh 2	311	403	488	567	659	766
3	oplet, pick up - veh 3	154	197	223	252	285	323
4	mikro truk - veh 4	149	185	212	238	268	302
5	bis kecil - veh 5a	19	24	23	25	26	28
6	bis besar - veh 5b	12	14	19	22	26	30
7	truk 3/4 4 roda - 6a	177	202	287	337	396	465
8	truk kecil 2 sumbu - 6b	252	287	339	374	413	456
9	truk 3 sumbu 7a	123	121	130	132	135	137
10	truk gandeng - 7b	0	0	0	0	0	0
11	truk trailer - 7c	0	0	0	0	0	0
12	kendaraan tak bermotor - 8	0	0	0	0	0	0

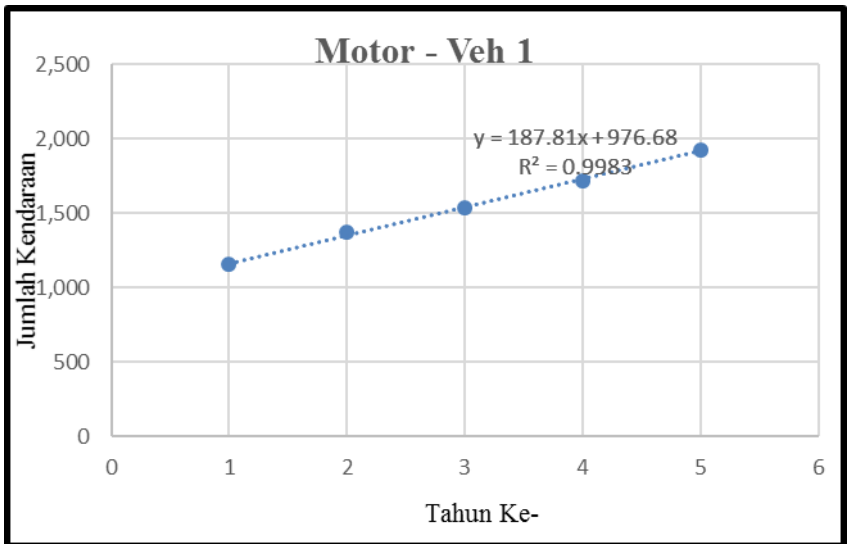
Data LHR yang digunakan merupakan hasil perhitungan data proyek PT. Yodya Karya dengan menggunakan presentase pertumbuhan kendaraan pada data Samsat Kabupaten Bone.

➤ **Analisa lalu lintas Kendaraan Ruas Maros – Bone**

- Pertumbuhan lalu lintas kendaraan

1. Motor – Veh 1

Dengan menggunakan bantuan program excel, dari data lalu lintas jenis kendaraan Motor tahun 2012 sampai dengan tahun 2016 dapat diketahui persamaan regresi, besar regresi, grafik regresi. Dan dengan program excel dapat diketahui prediksi pertumbuhan tiap - tiap tahun.



Gambar 4.1. Grafik Regresi Linear Kendaraan Motor – Veh 1 Untuk Ruas Maros – Bone

Tabel 4.4.

Perhitungan untuk mencari I rata – rata Motor – Veh 1 Ruas
Maros – Bone

Motor – Veh 1

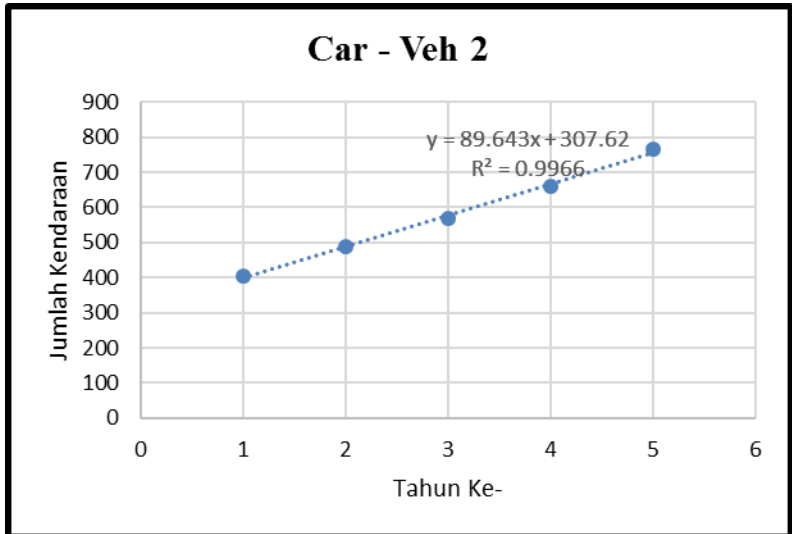
$$Y = 187.8x + 976.6$$

Tahun	x	y	R²	Pers. Regresi (Y)	i
2012	1	1,156	0.998	1164	0.00%
2013	2	1371		1352	16.13%
2014	3	1534		1540	13.89%
2015	4	1717		1728	12.19%
2016	5	1922		1916	10.87%
2017	6			2104	9.80%
2018	7			2291	8.93%
2019	8			2479	8.20%
2020	9			2667	7.58%
2021	10			2855	7.04%
2022	11			3043	6.58%
2023	12			3230	6.17%
2024	13			3418	5.81%
2025	14			3606	5.49%
2026	15			3794	5.21%
2027	16			3982	4.95%
2028	17			4169	4.72%
2029	18			4357	4.50%
2030	19			4545	4.31%
2031	20			4733	4.13%
2032	21			4921	3.97%
2033	22			5109	3.82%
2034	23			5296	4.13%

2035	24			5484	3.97%
2036	25			5672	3.82%
2037	26			5860	3.68%
2038	27			6048	3.55%
2039	28			6235	3.42%
I rata-rata					6.32%

2. Car – Veh 2

Dengan menggunakan bantuan program excel, dari data lalu lintas jenis kendaraan mobil tahun 2012 sampai dengan tahun 2016 dapat diketahui persamaan regresi, besar regresi, grafik regresi. Dan dengan program excel dapat diketahui prediksi pertumbuhan tiap - tiap tahun.



Gambar 4.2. Grafik Regresi Linear Kendaraan Car –Veh 2 Untuk Ruas Maros – Bone

Tabel 4.5.

Perhitungan untuk mencari I rata – rata Car – Veh 2 Ruas Maros
– Bone

Car – Veh 2

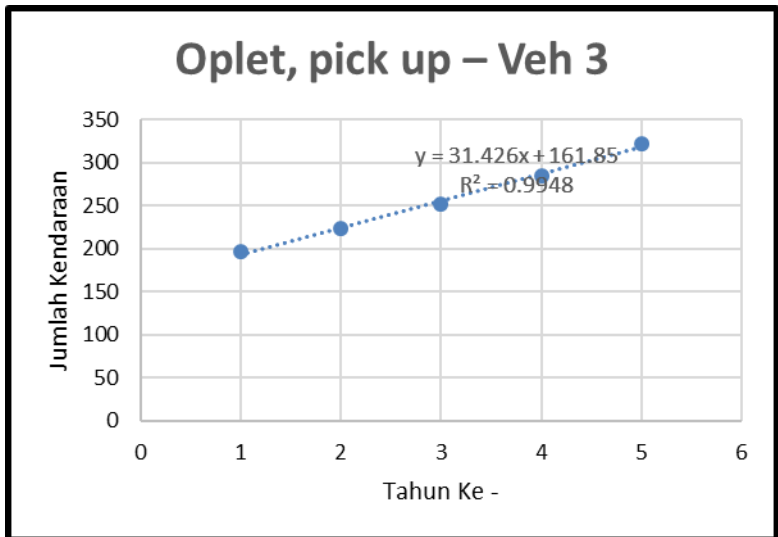
$$Y = 89.64x + 307.6$$

Tahun	x	y	R²	Pers. Regresi (Y)	i
2012	1	403	0.996	397	0.00%
2013	2	488		487	22.57%
2014	3	567		577	18.41%
2015	4	659		666	15.55%
2016	5	766		756	13.46%
2017	6			845	11.86%
2018	7			935	10.60%
2019	8			1025	9.59%
2020	9			1114	8.75%
2021	10			1204	8.04%
2022	11			1294	7.45%
2023	12			1383	6.93%
2024	13			1473	6.48%
2025	14			1563	6.09%
2026	15			1652	5.74%
2027	16			1742	5.43%
2028	17			1831	5.15%
2029	18			1921	4.89%
2030	19			2011	4.67%
2031	20			2100	4.46%
2032	21			2190	4.27%
2033	22			2280	4.09%
2034	23			2369	3.93%
2035	24			2459	3.78%

2036	25			2549	3.65%
2037	26			2638	3.52%
2038	27			2728	3.40%
2039	28			2818	3.29%
I rata-rata					7.36%

3. Oplet, pick up – Veh 3

Dengan menggunakan bantuan program excel, dari data lalu lintas jenis kendaraan utilitas tahun 2012 sampai dengan tahun 2016 dapat diketahui persamaan regresi, besar regresi, grafik regresi. Dan dengan program excel dapat diketahui prediksi pertumbuhan tiap - tiap tahun.



Gambar 4.3. Grafik Regresi Linear Kendaraan Oplet, pick up –Veh 3 Untuk Ruas Maros – Bone

Tabel 4.6.

Perhitungan untuk mencari I rata – rata Oplet, pick up – Veh 3
Ruas Maros – Bone

Oplet, pick up – Veh 3

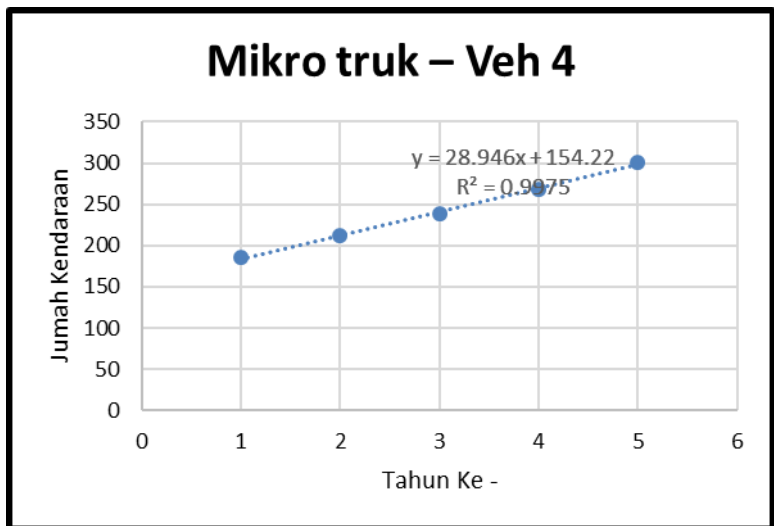
$$Y = 31.42x + 161.8$$

Tahun	x	y	R²	Pers. Regresi (Y)	i
2012	1	197	0.994	193	0.00%
2013	2	223		225	16.25%
2014	3	252		256	13.98%
2015	4	285		287	12.27%
2016	5	323		319	10.93%
2017	6			350	9.85%
2018	7			382	8.97%
2019	8			413	8.23%
2020	9			444	7.60%
2021	10			476	7.07%
2022	11			507	6.60%
2023	12			539	6.19%
2024	13			570	5.83%
2025	14			601	5.51%
2026	15			633	5.22%
2027	16			664	4.96%
2028	17			696	4.73%
2029	18			727	4.51%
2030	19			758	4.32%
2031	20			790	4.14%
2032	21			821	3.98%
2033	22			853	3.82%
2034	23			884	3.68%

2035	24			915	3.55%
2036	25			947	3.43%
2037	26			978	3.32%
2038	27			1010	3.21%
2039	28			1041	3.11%
I rata-rata					6.26%

4. Mikro truk – Veh 4

Dengan menggunakan bantuan program excel, dari data lalu lintas jenis kendaraan utilitas tahun 2012 sampai dengan tahun 2016 dapat diketahui persamaan regresi, besar regresi, grafik regresi. Dan dengan program excel dapat diketahui prediksi pertumbuhan tiap - tiap tahun.



Gambar 4.4. Grafik Regresi Linear Kendaraan Mikro truk –Veh 4 Untuk Ruas Maros – Bone

Tabel 4.7.

Perhitungan untuk mencari I rata – rata Mikro truk – Veh 4 Ruas
Maros – Bone

Mikro truk – Veh 4

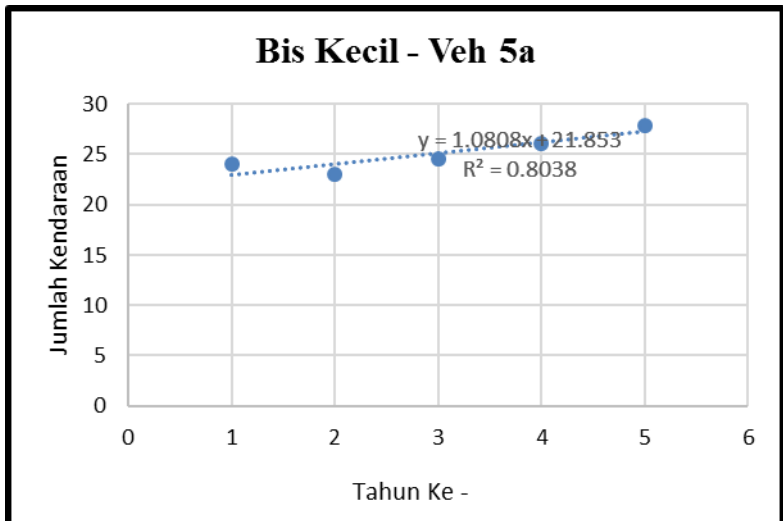
$$Y = 28.94x + 154.2$$

Tahun	x	y	R ²	Pers. Regresi (Y)	i
2012	1	185	0.997	183	0.00%
2013	2	212		212	15.80%
2014	3	238		241	13.64%
2015	4	268		270	12.01%
2016	5	302		299	10.72%
2017	6			328	9.68%
2018	7			357	8.83%
2019	8			386	8.11%
2020	9			415	7.50%
2021	10			444	6.98%
2022	11			473	6.52%
2023	12			502	6.12%
2024	13			530	5.77%
2025	14			559	5.46%
2026	15			588	5.17%
2027	16			617	4.92%
2028	17			646	4.69%
2029	18			675	4.48%
2030	19			704	4.29%
2031	20			733	4.11%
2032	21			762	3.95%
2033	22			791	3.80%
2034	23			820	3.66%

2035	24			849	3.53%
2036	25			878	3.41%
2037	26			907	3.30%
2038	27			936	3.19%
2039	28			965	3.09%
I rata-rata					6.17%

5. Bis Kecil – Veh 5a

Dengan menggunakan bantuan program excel, dari data lalu lintas jenis kendaraan Bis Kecil tahun 2012 sampai dengan tahun 2016 dapat diketahui persamaan regresi, besar regresi, grafik regresi. Dan dengan program excel dapat diketahui prediksi pertumbuhan tiap - tiap tahun.



Gambar 4.5. Grafik Regresi Linear Kendaraan Bis Kecil –Veh 5a Untuk Ruas Maros – Bone

Tabel 4.8.

Perhitungan untuk mencari I rata – rata Bis Kecil –Veh 5a Ruas
Maros – Bone

Bis Kecil – Veh 5a

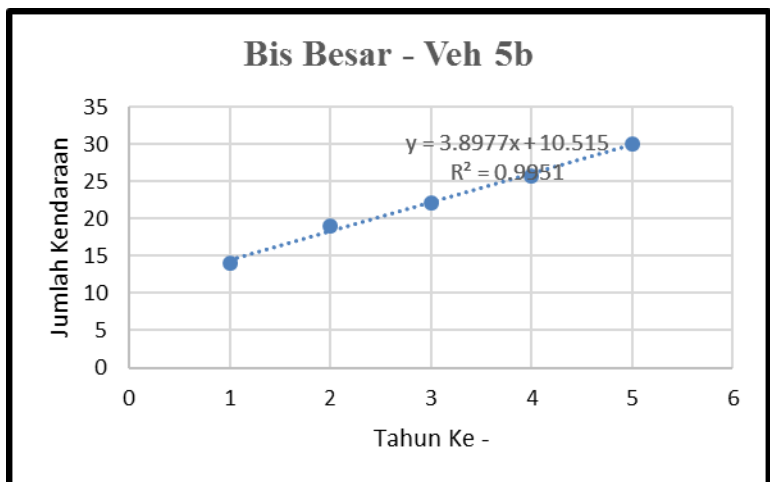
$$Y = 1.080x + 21.85$$

Tahun	x	y	R²	Pers. Regresi (Y)	i
2012	1	24	0.803	23	0.00%
2013	2	23		24	4.71%
2014	3	25		25	4.50%
2015	4	26		26	4.30%
2016	5	28		27	4.13%
2017	6			28	3.96%
2018	7			29	3.81%
2019	8			30	3.67%
2020	9			32	3.54%
2021	10			33	3.42%
2022	11			34	3.31%
2023	12			35	3.20%
2024	13			36	3.10%
2025	14			37	3.01%
2026	15			38	2.92%
2027	16			39	2.84%
2028	17			40	2.76%
2029	18			41	2.69%
2030	19			42	2.62%
2031	20			43	2.55%
2032	21			45	2.49%
2033	22			46	2.43%
2034	23			47	2.37%

2035	24			48	2.31%
2036	25			49	2.26%
2037	26			50	2.21%
2038	27			51	2.16%
2039	28			52	2.12%
I rata-rata					2.98%

6. Bis Besar - Veh 5b

Dengan menggunakan bantuan program excel, dari data lalu lintas jenis kendaraan Bis Besar tahun 2012 sampai dengan tahun 2016 dapat diketahui persamaan regresi, besar regresi, grafik regresi. Dan dengan program excel dapat diketahui prediksi pertumbuhan tiap - tiap tahun.



Gambar 4.6. Grafik Regresi Linear Kendaraan Bis Besar –Veh 5b Untuk Ruas Maros – Bone

Tabel 4.9.

Perhitungan untuk mencari I rata – rata Bis Besar – Veh 5b Ruas
Maros – Bone

Bis Besar – Veh 5b

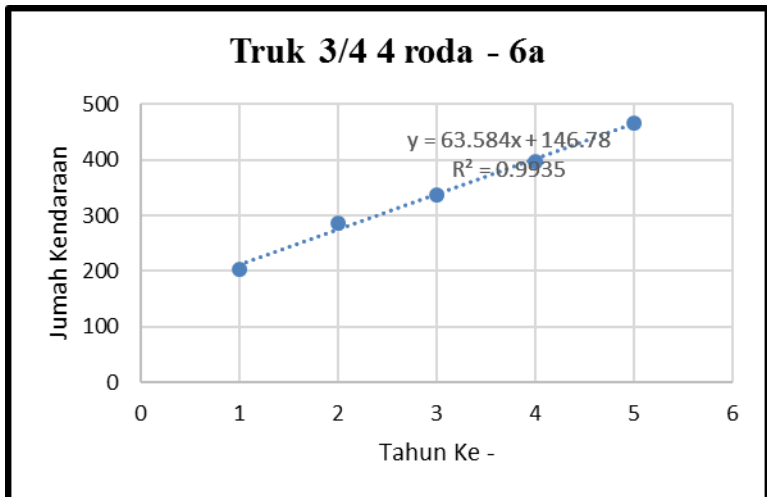
$$Y = 3.897x + 10.51$$

Tahun	x	y	R²	Pers. Regresi (Y)	i
2012	1	14	0.995	14	0.00%
2013	2	19		18	27.01%
2014	3	22		22	21.27%
2015	4	26		26	17.54%
2016	5	30		30	14.92%
2017	6			34	12.98%
2018	7			38	11.49%
2019	8			42	10.31%
2020	9			46	9.34%
2021	10			49	8.55%
2022	11			53	7.87%
2023	12			57	7.30%
2024	13			61	6.80%
2025	14			65	6.37%
2026	15			69	5.99%
2027	16			73	5.65%
2028	17			77	5.35%
2029	18			81	5.08%
2030	19			84	4.83%
2031	20			88	4.61%
2032	21			92	4.40%
2033	22			96	4.22%
2034	23			100	4.05%

2035	24			104	3.89%
2036	25			108	3.75%
2037	26			112	3.61%
2038	27			116	3.48%
2039	28			119	3.37%
I rata-rata					8.00%

7. Truk $\frac{3}{4}$ 4 roda – 6a

Dengan menggunakan bantuan program excel, dari data lalu lintas jenis kendaraan Truk $\frac{3}{4}$ 4 roda tahun 2012 sampai dengan tahun 2016 dapat diketahui persamaan regresi, besar regresi, grafik regresi. Dan dengan program excel dapat diketahui prediksi pertumbuhan tiap - tiap tahun.



Gambar 4.7. Grafik Regresi Linear Kendaraan Truk $\frac{3}{4}$ 4 roda – 6a Untuk Ruas Maros – Bone

Tabel 4.10.

Perhitungan untuk mencari I rata – rata Truk $\frac{3}{4}$ 4 roda – 6a Ruas
Maros – Bone

Truk $\frac{3}{4}$ 4 roda – 6a

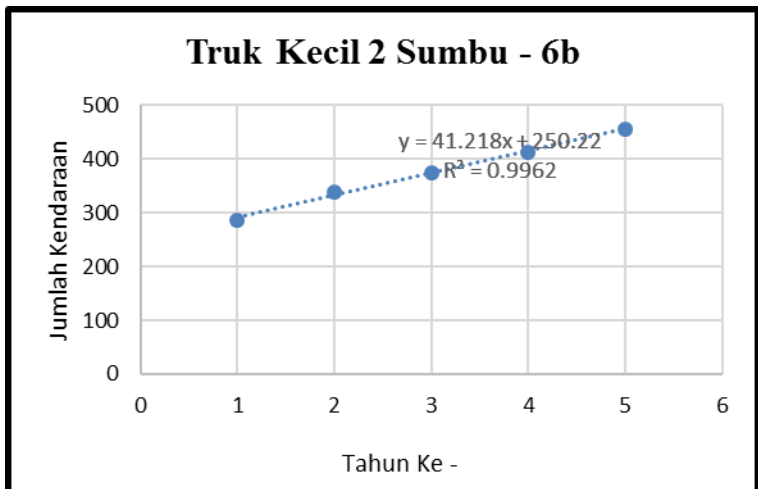
$$Y = 63.58x + 146.7$$

Tahun	x	y	R ²	Pers. Regresi (Y)	i
2012	1	202	0.993	210	0.00%
2013	2	287		274	30.22%
2014	3	337		338	23.21%
2015	4	396		401	18.84%
2016	5	465		465	15.85%
2017	6			528	13.68%
2018	7			592	12.04%
2019	8			655	10.74%
2020	9			719	9.70%
2021	10			783	8.84%
2022	11			846	8.12%
2023	12			910	7.51%
2024	13			973	6.99%
2025	14			1037	6.53%
2026	15			1100	6.13%
2027	16			1164	5.78%
2028	17			1228	5.46%
2029	18			1291	5.18%
2030	19			1355	4.92%
2031	20			1418	4.69%
2032	21			1482	4.48%
2033	22			1546	4.29%
2034	23			1609	4.11%

2035	24			1673	3.95%
2036	25			1736	3.80%
2037	26			1800	3.66%
2038	27			1863	3.53%
2039	28			1927	3.41%
I rata-rata					8.42%

8. Truk Kecil 2 Sumbu – 6b

Dengan menggunakan bantuan program excel, dari data lalu lintas jenis kendaraan Truk Kecil 2 sumbu tahun 2012 sampai dengan tahun 2016 dapat diketahui persamaan regresi, besar regresi, grafik regresi. Dan dengan program excel dapat diketahui prediksi pertumbuhan tiap - tiap tahun.



Gambar 4.8. Grafik Regresi Linear Kendaraan Truk Kecil 2 Sumbu – 6b Untuk Ruas Maros – Bone

Tabel 4.11.

Perhitungan untuk mencari I rata – rata Truk Kecil 2 Sumbu – 6b
Ruas Maros – Bone

Truk Kecil 2 Sumbu – 6b

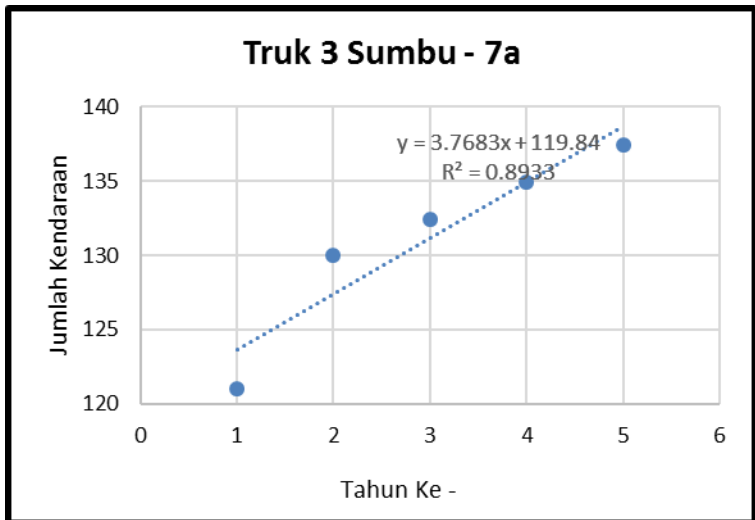
$$Y = 41.21x + 250.2$$

Tahun	x	y	R ²	Pers. Regresi (Y)	i
2012	1	287	0.996	342	0.00%
2013	2	339		444	29.55%
2014	3	374		545	22.81%
2015	4	413		646	18.57%
2016	5	456		747	15.66%
2017	6			849	13.54%
2018	7			950	11.93%
2019	8			1051	10.66%
2020	9			1152	9.63%
2021	10			1253	8.78%
2022	11			1355	8.07%
2023	12			1456	7.47%
2024	13			1557	6.95%
2025	14			1658	6.50%
2026	15			1759	6.10%
2027	16			1861	5.75%
2028	17			1962	5.44%
2029	18			2063	5.16%
2030	19			2164	4.91%
2031	20			2265	4.68%
2032	21			2367	4.47%
2033	22			2468	4.28%
2034	23			2569	4.10%

2035	24			2670	3.94%
2036	25			2772	3.79%
2037	26			2873	3.65%
2038	27			2974	3.52%
2039	28			3075	3.40%
I rata-rata					8.33%

9. Truk 3 Sumbu – 7a

Dengan menggunakan bantuan program excel, dari data lalu lintas jenis kendaraan Truk 3 sumbu tahun 2012 sampai dengan tahun 2016 dapat diketahui persamaan regresi, besar regresi, grafik regresi. Dan dengan program excel dapat diketahui prediksi pertumbuhan tiap - tiap tahun.



Gambar 4.9. Grafik Regresi Linear Kendaraan Truk 3 Sumbu – 7a Untuk Ruas Maros – Bone

Tabel 4.12.

Perhitungan untuk mencari I rata – rata Truk 3 Sumbu – 7a Ruas
Maros – Bone

Truk 3 Sumbu – 7a

$$Y = 3.768x + 119.8$$

Tahun	x	y	R²	Pers. Regresi (Y)	i
2012	1	121	0.893	124	0.00%
2013	2	130		127	3.04%
2014	3	132		131	2.95%
2015	4	135		135	2.87%
2016	5	137		139	2.79%
2017	6			142	2.71%
2018	7			146	2.64%
2019	8			150	2.57%
2020	9			154	2.51%
2021	10			157	2.45%
2022	11			161	2.39%
2023	12			165	2.33%
2024	13			169	2.28%
2025	14			172	2.23%
2026	15			176	2.18%
2027	16			180	2.13%
2028	17			184	2.09%
2029	18			188	2.05%
2030	19			191	2.01%
2031	20			195	1.97%
2032	21			199	1.93%
2033	22			203	1.89%
2034	23			206	1.86%

2035	24			210	1.82%
2036	25			214	1.79%
2037	26			218	1.76%
2038	27			221	1.73%
2039	28			225	1.70%
I rata-rata					2.17%

Tabel 4.13
Pertumbuhan Lalu – Lintas Ruas Maros – Bone

NO	JENIS KENDARAAN	1 (%)	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
1	motor - veh 1	0.06	1,156	1,371	1,534	1,717	1,922	2043	2172	2310	2455	2611	2775	2951	3137	3335	3546	3770	4008	4261	4530	4817	5121	5444	5788	6154	6542	6956	7395	7862
2	car - veh 2	0.07	403	488	567	659	766	822	883	947	1017	1092	1172	1259	1351	1451	1557	1672	1795	1927	2069	2221	2385	2560	2748	2951	3168	3401	3651	3920
3	util 1 - veh 3	0.06	197	223	252	285	323	343	365	387	412	437	465	494	525	558	593	630	669	711	755	803	853	906	963	1023	1087	1155	1228	1305
4	util 2 - veh 4	0.06	185	212	238	268	302	320	340	361	383	407	432	459	487	517	549	583	619	657	697	740	786	835	886	941	999	1060	1126	1195
5	bis kecil - veh 5a	0.03	24	23	25	26	28	29	30	30	31	32	33	34	35	36	37	38	40	41	42	43	45	46	47	49	50	52	53	55
6	bis besar - veh 5b	0.08	14	19	22	26	30	32	35	38	41	44	48	52	56	60	65	70	76	82	88	95	103	111	120	130	140	151	164	177
7	truk 3/4 4 roda - 6a	0.08	202	287	337	396	465	505	547	593	643	697	756	819	888	963	1044	1132	1227	1331	1443	1564	1696	1839	1993	2161	2343	2540	2754	2986
8	truk kecil 2 sumbu - 6b	0.08	287	339	374	413	456	494	535	580	628	680	737	799	865	937	1015	1100	1192	1291	1398	1515	1641	1778	1926	2087	2261	2449	2653	2874
9	truk 3 sumbu 7a	0.02	121	130	132	135	137	140	143	147	150	153	156	160	163	167	170	174	178	182	185	189	194	198	202	206	211	215	220	225
10	truk gandeng - 7b	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	truk trailer - 7c	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	kendaraan tak bermotor - 8	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4.2. Analisa kapasitas jalan

Pada akses ruas jalan Maros – Bone merupakan jalur penghubung luar kota antar kabupaten, dengan alinyemen jalan tipe datar dan direncanakan segmen jalan adalah 2/2 UD.

- Sta. 0 + 000 dan Sta. 0 + 350
 Elevasi Sta. Sta. 0 + 000 : 147.137
 Elevasi Sta. Sta. 0 + 350 : 145.056
 $\Delta H_1 = Elev1 - Elev2$
 $\Delta H_1 = 147.137 - 145.056$
 $\Delta H_1 = 2.081 \text{ m}$

- Sta. 0 + 350 dan Sta. 0 + 700
 Elevasi Sta. Sta. . 0 + 350 : 145.056
 Elevasi Sta. Sta. 0 + 700 : 125.641
 $\Delta H_2 = Elev1 - Elev2$
 $\Delta H_2 = 145.056 - 125.641$
 $\Delta H_2 = 19.415 \text{ m}$

- Sta. 0 + 700 dan Sta. 1 + 050
 Elevasi Sta. Sta. .0 + 700 : 125.641
 Elevasi Sta. Sta. 1 + 050 : 110.020
 $\Delta H_3 = Elev1 - Elev2$
 $\Delta H_3 = 125.641 - 110.020$
 $\Delta H_3 = 15.621 \text{ m}$

- Sta. 1 + 050 dan Sta. 1 + 400
 Elevasi Sta. Sta. 1 + 050 : 110.020
 Elevasi Sta. Sta. 1 + 400 : 106.489
 $\Delta H_4 = Elev1 - Elev2$

$$\Delta H_4 = 110.020 - 106.489$$

$$\Delta H_4 = 3.531 \text{ m}$$

- Sta. 1 + 400 dan Sta. 1 + 750
 Elevasi Sta. Sta. 1 + 400 : 106.489
 Elevasi Sta. Sta. 1 + 750 : 124.805
 $\Delta H_5 = Elev1 - Elev2$
 $\Delta H_5 = 106.489 - 124.805$
 $\Delta H_5 = - 18.316 \text{ m}$

- Sta. 1 + 750 dan Sta. 2 + 100
 Elevasi Sta. Sta. 1 + 750 : 124.805
 Elevasi Sta. Sta. 2 + 100 : 117.237
 $\Delta H_6 = Elev1 - Elev2$
 $\Delta H_6 = 124.805 - 117.237$
 $\Delta H_6 = 7.568 \text{ m}$

- Sta. 2 + 100 dan Sta. 2 + 450
 Elevasi Sta. Sta. 2 + 100 : 117.237
 Elevasi Sta. Sta. 2 + 450 : 116.012
 $\Delta H_7 = Elev1 - Elev2$
 $\Delta H_7 = 117.237 - 116.012$
 $\Delta H_7 = 1.225 \text{ m}$

- Sta. 2 + 450 dan Sta. 2 + 800
 Elevasi Sta. Sta. 2 + 450 : 116.012
 Elevasi Sta. Sta. 2 + 800 : 121.275
 $\Delta H_8 = Elev1 - Elev2$
 $\Delta H_8 = 116.012 - 121.275$
 $\Delta H_8 = - 5.263 \text{ m}$

- Sta. 2 + 800 dan Sta. 3 + 150
 Elevasi Sta. Sta. 2 + 800 : 121.275
 Elevasi Sta. Sta. 3 + 150 : 117.271
 $\Delta H_9 = Elev1 - Elev2$
 $\Delta H_9 = 121.275 - 117.271$
 $\Delta H_9 = 4,004 \text{ m}$

- Sta. 3 + 150 dan Sta. 3 + 500
 Elevasi Sta. Sta. 3 + 150 : 117.271
 Elevasi Sta. Sta. 3 + 500 : 115.723
 $\Delta H_{10} = Elev1 - Elev2$
 $\Delta H_{10} = 117.271 - 115.723$
 $\Delta H_{10} = 1.548 \text{ m}$

- Sta. 3 + 500 dan Sta. 3 + 850
 Elevasi Sta. Sta. 3 + 500 : 115.723
 Elevasi Sta. Sta. 3 + 850 : 113.310
 $\Delta H_{11} = Elev1 - Elev2$
 $\Delta H_{11} = 115.903 - 113.490$
 $\Delta H_{11} = 2.413 \text{ m}$

- Sta. 3 + 850 dan Sta. 4 + 200
 Elevasi Sta. Sta. 3 + 850 : 113.310
 Elevasi Sta. Sta. 4 + 200 : 113.721
 $\Delta H_{12} = Elev1 - Elev2$
 $\Delta H_{12} = 113.310 - 113.721$
 $\Delta H_{12} = - 0.411 \text{ m}$

- Sta. 4 + 200 dan Sta. 4 + 550
 Elevasi Sta. Sta. 4 + 200 : 113.721
 Elevasi Sta. Sta. 4 + 550 : 107.754

$$\Delta H_{13} = Elev1 - Elev2$$

$$\Delta H_{13} = 113.721 - 107.754$$

$$\Delta H_{13} = 5.967 \text{ m}$$

- Sta. 4 + 550 dan Sta. 4 + 900
 Elevasi Sta. Sta. 4 + 550 : 107.754
 Elevasi Sta. Sta. 4 + 900 : 103.224
 $\Delta H_{14} = Elev1 - Elev2$
 $\Delta H_{14} = 107.754 - 103.224$
 $\Delta H_{14} = 4.530 \text{ m}$

- Sta. 4 + 900 dan Sta. 5 + 000
 Elevasi Sta. Sta. 4 + 900 : 103.224
 Elevasi Sta. Sta. 5 + 000 : 102.920
 $\Delta H_{15} = Elev1 - Elev2$
 $\Delta H_{15} = 103.224 - 102.920$
 $\Delta H_{15} = 0,304 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \text{Total } \Delta H &= \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4 + \Delta H_5 + \Delta H_6 + \\ &\Delta H_7 + \Delta H_8 + \Delta H_9 + \Delta H_{10} + \Delta H_{11} + \Delta H_{12} + \\ &\Delta H_{13} + \Delta H_{14} + \Delta H_{15} \end{aligned}$$

$$\text{Total } \Delta H = 44.217 \text{ m}$$

$$\frac{\Delta H}{\sum \text{Panjang Jalan (km)}} = \frac{44.217 \text{ m}}{5 \text{ km}} = 8.8434 \text{ m/km}$$

Dari tabel 2.1. dapat diketahui tipe alinyemen jalan datar.

Tabel 4.14.
Tipe Alinemen Berdasarkan Kapasitas Dasar

Tipe jalan/ Tipe alinyemen	Kapasitas dasar Total kedua arah smp/jam
Dua-lajur tak-terbagi	
- Datar	3100
- Bukit	3000
- Gunung	2900

Sumber : MKJI 1997 hal 6 – 65

a. Menentukan kapasitas dasar (C_0)

Kapasitas dasar jalan dapat ditentukan dengan melihat tipe alinyemen pada daerah perencanaan. Direncanakan 2 lajur 2 arah tak terbagi (2/2 UD) adalah “datar”.

Dari tabel kapasitas dasar pada jalan luar kota 2 lajur 2 arah tak terbagi (2/2 UD) untuk tipe alinyemen datar didapatkan nilai $C_0 = 3100$ smp/jam.

Tabel 4.15.

Faktor Penyesuaian Akibat Lebar Jalur Lalu Lintas (FCw)

Tipe Jalan	Lebar Efektif jalur lalu lintas (Wc) (m)	FCw
Dua Lajur Tak Terbagi	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 hal 6 – 66

- b. Menentukan faktor penyesuaian kapasitas akibat lebar jalur lalu lintas (FCw).

Dari tabel faktor penyesuaian akibat lebar jalur lalu lintas untuk tipe jalan 2/2 UD dengan lebar efektif pada 5 m, maka didapatkan nilai $FCw = 0,69$ (MKJI 6-66).

Tabel 4.16.
Faktor Penyesuaian Akibat Hambatan Samping (FCsf)

Tipe jalan	Kelas hambatan samping	Faktor penyesuaian akibat hambatan samping (FC _{sf})			
		Lebar bahu efektif W _g			
		≤ 0,5	1,0	1,5	≥ 2,0
4/2 D	VL	0,99	1,00	1,01	1,03
	L	0,96	0,97	0,99	1,01
	M	0,93	0,95	0,96	0,99
	H	0,90	0,92	0,95	0,97
	VH	0,88	0,90	0,93	0,96
2/2 UD	VL	0,97	0,99	1,00	1,02
	L	0,93	0,95	0,97	1,00
4/2 UD	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 hal 6 – 68

- c. Menentukan faktor penyesuaian kapasitas akibat hambatan samping (FCsf).

Pada akses ruas jalan Maros - Bone, Pedesaan dan persawaan, sehingga kelas hambatan samping dapat digolongkan pada kelas hambatan rendah (L). Dari Tabel faktor penyesuaian akibat hambatan samping (FCsf), untuk tipe jalan 2/2 UD dengan kelas hambatan samping sedang dan lebar bahu efektif >2 meter, didapatkan nilai FCsf = 0,98

d. Menentukan nilai kapasitas (C)

$$\begin{aligned} C &= C_o \times FC_{sp} \times FC_w \times FC_{sf} \\ &= 3100 \text{ smp/jam} \times 1 \times 0,69 \times 0,97 \\ &= 2075 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

e. Menentukan Q

$$\begin{aligned} Q &= LHRT \times k \times emp \\ &= Q \text{ untuk awal tahun rencana} \end{aligned}$$

Tabel 4.17.

Perhitungan untuk mencari DS pada awal umur rencana
(tahun 2018)

tahun	jenis kendaraan	LHR	k	Qarus total (kend/jam)	emp	Q (smp/jam)	C	DS
1	2	3	4	5 (3X4)	6	7 (5X6)	8	9 $\sum 7/8$
	MC	2172	0.11	239	0.70	167	2075	0.251
	LV	1587	0.11	175	1.00	175		
	LB	35	0.11	4	1.20	5		
	MHP	1112	0.11	122	1.20	147		
	LT	143	0.11	16	1.80	28		
			Σ	555	Σ	522		

Syarat : DS < 0,75

0,251 < 0,75 OK

Tabel 4.18.

Perhitungan untuk mencari DS pada akhir umur rencana
(tahun 2039)

Tahun	jenis kendaraan	LHR	k	Qarus total (kend/jam)	emp	Q(smp/jam)	C	DS
1	2	3	4	5 (3X4)	6	7 (5X6)	8	9 ($\Sigma 7/8$)
	MC	7862	0.11	865	0.70	605	2075	1.041
	LV	6419	0.11	706	1.00	706		
	LB	177	0.11	19	1.20	23		
	MHP	5915	0.11	651	1.20	781		
	LT	225	0.11	25	1.80	45		
			Σ	2266	Σ	2160		

Syarat : DS < 0.75

1,041 > 0,75 **TIDAK OK**

Dari hasil perhitungan derajat kejenuhan diatas diperoleh bahwa jalan pada akhir umur rencana ini sudah tidak mampu menampung arus lalu lintas sehingga diperlukan pelebaran.

Tabel 4.19.

Rekapitulasi DS 2/2 UD dengan lebar efektif jalan eksisting 5 m.

Tahun	DS
2012	0.13
2013	0.15
2014	0.17
2015	0.20
2016	0.22
2017	0.24
2018	0.25
2019	0.27
2020	0.29
2021	0.31
2022	0.33
2023	0.35
2024	0.37
2025	0.40
2026	0.43
2027	0.46
2028	0.49
2029	0.52
2030	0.56
2031	0.60
2032	0.64
2033	0.69
2034	0.74
2035	0.79
2036	0.85
2037	0.91
2038	0.97
2039	1.04

Dari hasil rekapitulasi DS 2/2 UD dengan lebar efektif jalan eksisting 5 m, terlihat bahwa pada umur rencana tahun 2039 sudah tidak mampu menampung arus lalu lintas sehingga diperlukan pelebaran.

4.3 Analisa kapasitas kebutuhan pelebaran

a. Menentukan kapasitas dasar (C_0)

Kapasitas dasar jalan dapat ditentukan dengan melihat tipe alinyemen pada daerah perencanaan. Direncanakan 2 lajur 2 arah tak terbagi (2/2 UD) adalah “datar”.

Dari tabel kapasitas dasar pada jalan luar kota 2 lajur 2 arah tak terbagi (2/2 UD) untuk tipe alinyemen datar didapatkan nilai $C_0 = 3100$ smp/jam.

b. Menentukan faktor penyesuaian kapasitas akibat lebar jalur lalu lintas (FC_w).

Dari tabel faktor penyesuaian akibat lebar jalur lalu lintas untuk tipe jalan 2/2 UD dengan lebar efektif pada 7 m, maka didapatkan nilai $FC_w = 1,00$ (MKJI 6-66)

c. Menentukan faktor penyesuaian kapasitas akibat hambatan samping (FC_{sf}).

Pada akses ruas jalan Maros - Bone, Pedesaan dan persawaan, sehingga kelas hambatan samping dapat digolongkan pada kelas hambatan rendah (L). Dari Tabel faktor penyesuaian akibat hambatan samping (FC_{sf}), untuk tipe jalan 2/2 UD dengan kelas hambatan samping rendah dan lebar bahu efektif 1,5 meter, didapatkan nilai $FC_{sf} = 0,97$ (MKJI 6-68)

d. Factor penyesuaian kapasitas pemisahan arah untuk jalan dua lajur dua arah (2/2) tak terbagi dengan pemisahan arah (%), didapatkan nilai $FC_{sp} = 1,00$ (MKJI 6-67)

e. Menentukan nilai kapasitas (C)

$$\begin{aligned} C &= C_o \times FC_{sp} \times FC_w \times FC_{sf} \\ &= 3100 \text{ smp/jam} \times 1 \times 1 \times 0,97 \\ &= 3007 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

f. Menentukan Q

$$\begin{aligned} Q &= LHRT \times k \times emp \\ &= Q \text{ untuk awal tahun rencana (pada tahun 2018)} \end{aligned}$$

Tabel 4.20.

Perhitungan untuk mencari DS pada awal umur rencana
(tahun 2018)

tahun	jenis kendaraan	LHR	k	Qarus total (kend/jam)	emp	Q(smp/jam)	C	DS
1	2	3	4	5 (3X4)	6	7 (5X6)	8	9 ($\sum 7/8$)
	MC	2172	0.11	239	0.70	167	3007	0.173
	LV	1587	0.11	175	1.00	175		
	LB	35	0.11	4	1.20	5		
	MHP	1112	0.11	122	1.20	147		
	LT	143	0.11	16	1.80	28		
			Σ	555	Σ	522		

Syarat : DS < 0,75
0,173 < 0,75 OK

Tabel 4.21.

Perhitungan untuk mencari DS pada akhir umur rencana
(tahun 2039)

tahun	jenis kendaraan	LHR	k	Qarus total (kend/jam)	emp	Q (smp/jam)	C	DS
1	2	3	4	5 (3X4)	6	7 (5X6)	8	9 ($\Sigma 7/8$)
	MC	7862	0.11	865	0.70	605	3007	0.718
	LV	6419	0.11	706	1.00	706		
	LB	177	0.11	19	1.20	23		
	MHP	5915	0.11	651	1.20	781		
	LT	225	0.11	25	1.80	45		
			Σ	2266	Σ	2160		

Syarat : DS < 0.75

0,718 < 0,75 OK

Tabel 4.22.

Rekapitulasi DS 2/2 UD dengan lebar efektif jalan yang sudah dilebarkan menjadi 7 m.

Tahun	DS
2012	0.09
2013	0.11
2014	0.12
2015	0.14
2016	0.15
2017	0.16
2018	0.17
2019	0.19
2020	0.20
2021	0.21
2022	0.23
2023	0.24
2024	0.26
2025	0.28
2026	0.30
2027	0.32
2028	0.34
2029	0.36
2030	0.39
2031	0.41
2032	0.44
2033	0.48
2034	0.51
2035	0.55
2036	0.58
2037	0.63
2038	0.67
2039	0.72

Dari hasil rekapitulasi DS 2/2 UD dengan lebar efektif jalan rencana 7 m, terlihat bahwa pada umur akhir rencana sudah mampu menampung arus lalu lintas sehingga memang diperlukannya pelebaran 1 meter ke arah kiri dan 1 meter ke kanan.

4.4. Perencanaan Struktur Perkerasan Kaku

4.4.1. Pengolahan Data CBR

Tabel 4.23. Data CBR

No.	STA.	CBR
1	0+000	4.01
2	0+100	4.04
3	0+200	4.07
4	0+300	5.74
5	0+400	5.88
6	0+500	6.36
7	0+600	6.37
8	0+700	6.50
9	0+800	6.72
10	0+900	6.77
11	1+000	6.81
12	1+100	7.20
13	1+200	7.63
14	1+300	8.02
15	1+400	8.15
16	1+500	8.16
17	1+600	8.54
18	1+700	8.88
19	1+800	9.37
20	1+900	9.58

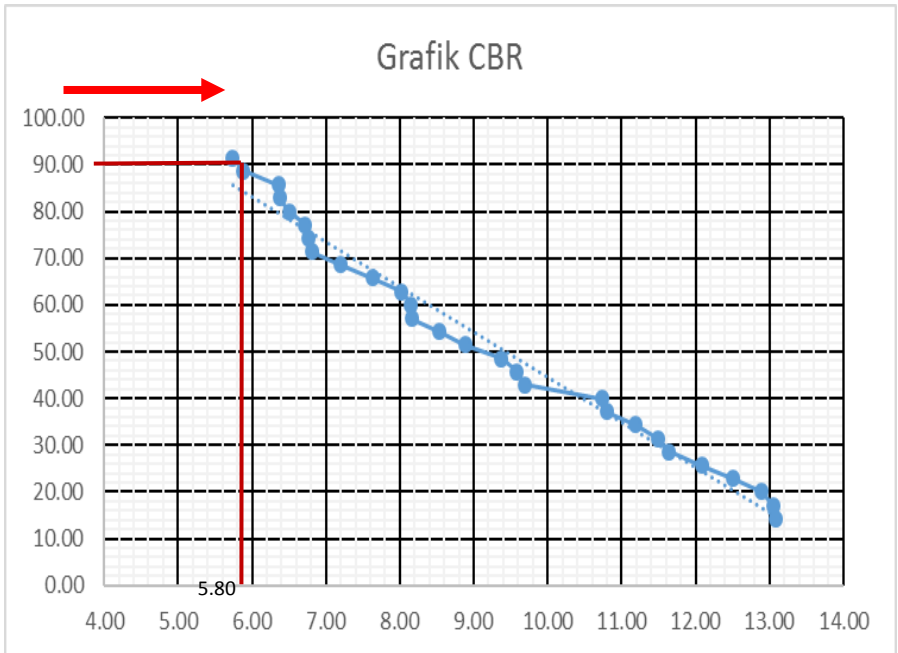
21	2+000	9.69
22	2+100	10.73
23	2+200	10.80
24	2+300	11.19
25	2+400	11.49
26	2+500	11.64
27	2+600	12.08
28	2+700	12.51
29	2+800	12.90
30	2+900	13.05
31	3+000	13.09
32	3+100	15.07
33	3+200	16.17
34	3+300	16.26
35	3+400	19.27

Tabel 4.24. Perhitungan CBR rata-rata

No.	CBR %	Jumlah yang sama/lebih besar	Prosentase yang sama/lebih besar
1	4.01	35	$35/35 \times 100 \% = 100$
2	4.04	34	$34/35 \times 100 \% = 97.14$
3	4.07	33	$33/35 \times 100 \% = 94.29$
4	5.74	32	$32/35 \times 100 \% = 91.43$
5	5.88	31	$31/35 \times 100 \% = 88.57$
6	6.36	30	$30/35 \times 100 \% = 85.71$
7	6.37	29	$29/35 \times 100 \% = 82.86$
8	6.50	28	$28/35 \times 100 \% = 80$
9	6.72	27	$27/35 \times 100 \% = 77.14$
10	6.77	26	$26/35 \times 100 \% = 74.29$

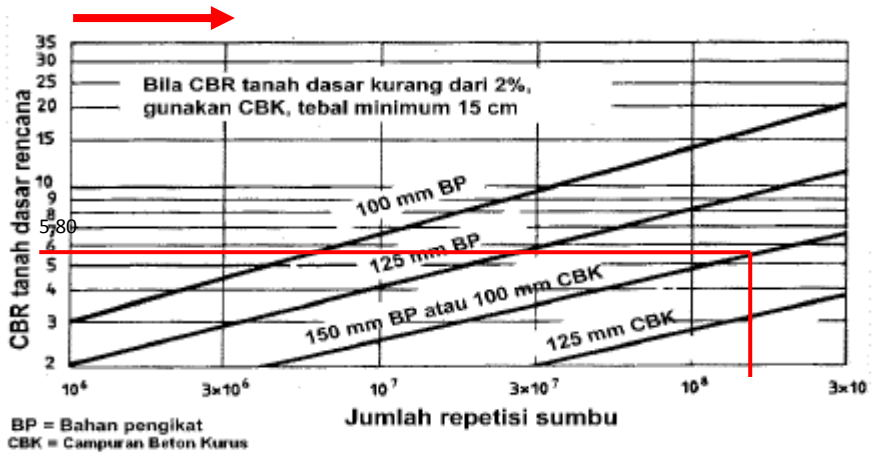
11	6.81	25	$25/35 \times 100 \% = 71.43$
12	7.20	24	$24/35 \times 100 \% = 68.57$
13	7.63	23	$23/35 \times 100 \% = 65.71$
14	8.02	22	$22/35 \times 100 \% = 62.86$
15	8.15	21	$21/35 \times 100 \% = 60$
16	8.16	20	$20/35 \times 100 \% = 57.14$
17	8.54	19	$19/35 \times 100 \% = 54.29$
18	8.88	18	$18/35 \times 100 \% = 51.43$
19	9.37	17	$17/35 \times 100 \% = 48.57$
20	9.58	16	$16/35 \times 100 \% = 45.71$
21	9.69	15	$15/35 \times 100 \% = 42.86$
22	10.73	14	$14/35 \times 100 \% = 40$
23	10.80	13	$13/35 \times 100 \% = 37.14$
24	11.19	12	$12/35 \times 100 \% = 34.29$
25	11.49	11	$11/35 \times 100 \% = 31.43$
26	11.64	10	$10/35 \times 100 \% = 28.57$
27	12.08	9	$9/35 \times 100 \% = 25.71$
28	12.51	8	$8/35 \times 100 \% = 22.86$
29	12.90	7	$7/35 \times 100 \% = 20$
30	13.05	6	$6/35 \times 100 \% = 17.14$
31	13.09	5	$5/35 \times 100 \% = 14.29$
32	15.07	4	$4/35 \times 100 \% = 11.43$
33	16.17	3	$3/35 \times 100 \% = 8.57$
34	16.26	2	$2/35 \times 100 \% = 5.71$
35	19.27	1	$1/35 \times 100 \% = 2.86$

Dari hasil perhitungan CBR dapat digambarkan dalam grafik sebagai berikut :



Gambar 4.10. Grafik CBR

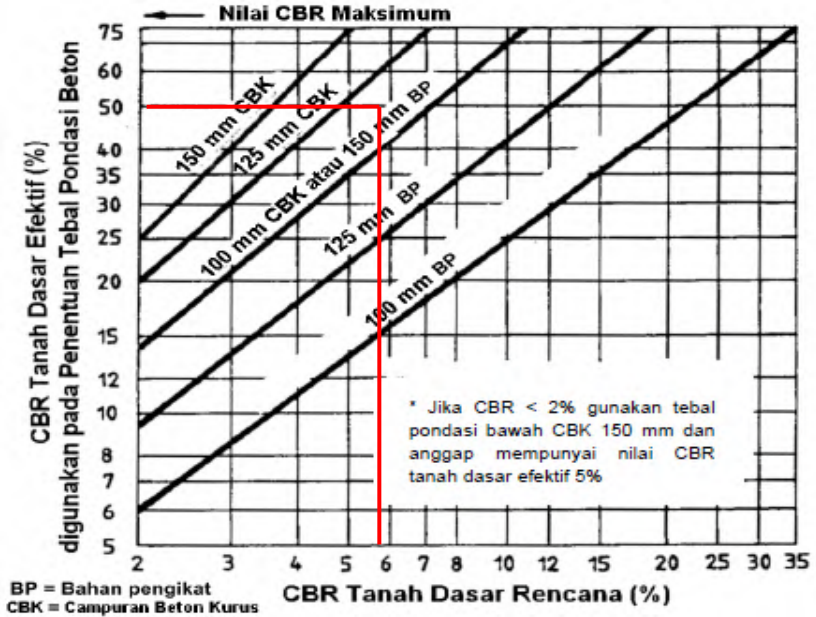
CBR rencana adalah 90 % dari harga CBR segmen. Dari perhitungan secara grafis (seperti gambar 4.10) didapatkan CBR rencana sebesar 5.80 %. Selanjutnya diplotkan pada grafik 4.11. Untuk mencari nilai jumlah repetisi sumbu dan tebal pondasi bawah.



Gambar 4.11. Tebal pondasi bawah minimum perkerasan beton semen

- a. Mencari nilai CBR efektif

Nilai CBR efektif ditentukan berdasarkan nilai CBR rencana dan pondasi bawah yang dipilih sesuai dengan gambar 4.10 dan 4.11



Gambar 4.12. CBR tanah dasar efektif dan tebal pondasi bawah.

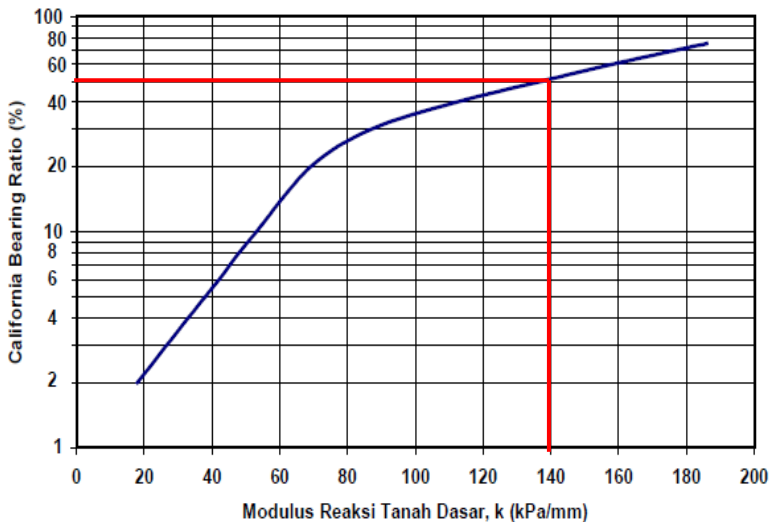
Dari grafik diatas diperoleh nilai CBR efektif 50%. Pondasi bawah yang digunakan pada proyek akhir ini adalah berupa pondasi bawah material berbutir agregat kelas B dengan tebal 15 cm

- b. Pelapisan tambahan perkerasan beton semen di atas perkerasan beton aspal

Tebal lapis tambahan perkerasan beton semen di atas perkerasan lentur dihitung dengan cara yang sama seperti perhitungan tebal pelat beton semen pada perencanaan baru yang telah diuraikan sebelumnya.

Modulus reaksi perkerasan lama (k) diperoleh dengan melakukan pengujian pembebanan pelat (plate bearing test) menurut AASHTO T.222-81 di atas permukaan perkerasan lama yang selanjutnya dikorelasikan terhadap nilai CBR menurut Gambar 22.

Bila nilai k lebih besar dari 140 kPa/mm (14 kg/cm³), maka nilai k dianggap sama dengan 140 kPa/mm (14 kg/cm³) dengan nilai CBR 50%.



Gambar 4.13. Hubungan antara CBR dan Modulus elastisitas reaksi tanah dasar

Data Teknis Perencanaan Perkerasan Kaku

- a. CBR efektif = 50 %
- b. CBR tanah dasar = 5,80 %
- c. Pondasi bawah (CBK) $t = 10$ cm
- d. Peranan jalan kolektor (FR = 1,0)
- e. Umur rencana 22 tahun
- f. Dimensi jalan :
 - Lebar jalan = 7 m
 - Lebar bahu kanan dan kiri jalan = 3 m
 - Lebar total jalan beserta bahu jalan = 10 m

Tabel 4.25.

Data muatan maksimum pengelompokan kendaraan niaga

No.	Jenis kendaraan	Pengelompokan dalam perhitungan	Berat total maksimum (kg)
1	Kendaraan ringan	Mobil penumpang	2000
2	Bus besar	Bus	14000
3	Truk 2 As $\frac{3}{4}$ / Bus kecil	Truk 2 As $\frac{3}{4}$	8300
4	Truk 2 As	Truk 2 As	18200
5	Truk 3 As	Truk 3 As	25000
6	Trailer	Trailer	42000
7	Trailer gandeng	Trailer gandeng	31000

Tabel 4.26.

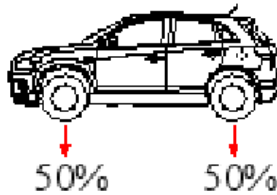
Pembagian beban sumbu/As (berdasarkan pengukuran beban)

No.	Jenis kendaraan	Beban As	Jenis As
1	Kend. ringan 2 ton	1	STRT
		1	STRT
2	Bus besar 14 ton	4,76	STRT
		9,24	STRG
3	Truk 2 As $\frac{3}{4}$ / Bus kecil 8,3 ton	2,82	STRT
		5,48	STRG
4	Truk 2 As 18,2 ton	6,19	STRT
		12,01	STRG
5	Truk 3 As 25 ton	6,25	STRT
		18,75	STdRG
6	Trailer 42 ton	7,56	STRT
		11,76	STRG
		22,68	STdRG
7	Trailer Gandeng 31 ton	5,02	STRT
		11,30	STRG
		7,54	STRG
		7,54	STRG

4.4.2. Perhitungan data muatan maksimum kendaraan

Dalam survey muatan maksimum kendaraan pada tabel 4.25. digunakan untuk mengetahui angka ekivalen untuk tiap-tiap jenis kendaraan. Perhitungan angka ekivalen untuk tiap-tiap jenis kendaraan.

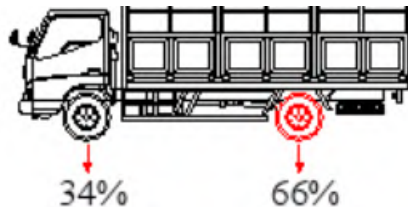
- Mobil Penumpang
Muatan maksimum 2000 kg = 2 ton (< 5 ton tidak dihitung)



Beban sumbu depan (STRT) = 50% x 2 ton
= 1 ton

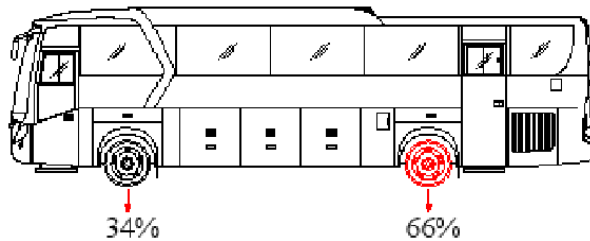
Beban sumbu belakang (STRT) = 50% x 2 ton
= 1 ton

- Truk $\frac{3}{4}$ / Bus kecil
Muatan maksimum 8300 kg = 8,3 ton
Total 8,3 ton dengan distribusi beban sumbu sebagai berikut:



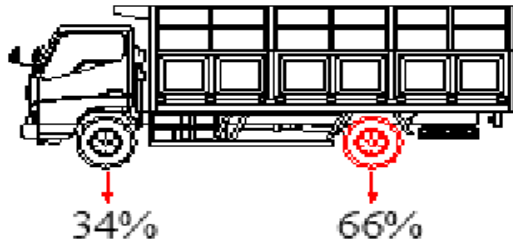
$$\begin{aligned} \text{Beban sumbu depan (STRT)} &= 34 \% \times 8,3 \text{ ton} \\ &= 2,82 \text{ ton} \\ \text{Beban sumbu belakang (STRG)} &= 66 \% \times 8,3 \text{ ton} \\ &= 5,47 \text{ ton} \end{aligned}$$

- Bus besar
Muatan maksimum 14000 kg = 14 ton
Total 14 ton dengan distribusi beban sumbu sebagai berikut :



$$\begin{aligned} \text{Beban sumbu depan (STRT)} &= 34 \% \times 14 \text{ ton} \\ &= 4,76 \text{ ton} \\ \text{Beban sumbu belakang (STRG)} &= 66 \% \times 14 \text{ ton} \\ &= 9,24 \text{ ton} \end{aligned}$$

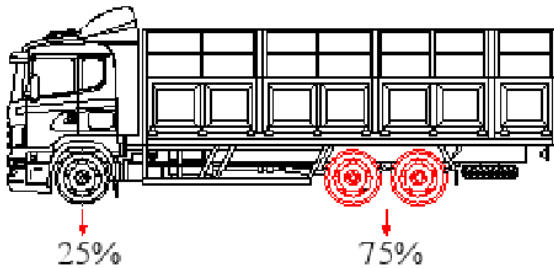
- Truk 2 As Besar
Muatan maksimum 18200 kg = 18,2 ton
Total 18,2 ton dengan distribusi beban sumbu sebagai berikut :



$$\begin{aligned} \text{Beban sumbu depan (STRT)} &= 34 \% \times 18,2 \text{ ton} \\ &= 6,18 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban sumbu belakang (STRG)} &= 66 \% \times 18,2 \text{ ton} \\ &= 12 \text{ ton} \end{aligned}$$

- Truk 3 As
Muatan maksimum 25000 kg = 25 ton
Total 25 ton dengan distribusi beban sumbu sebagai berikut :



$$\begin{aligned}
 \text{Beban sumbu depan (STRT)} &= 25 \% \times 25 \text{ ton} \\
 &= 6,25 \text{ ton} \\
 \text{Beban sumbu belakang (STRG)} &= 37,5 \% \times 25 \text{ ton} \\
 &= 9,375 \text{ ton} \\
 \text{Beban sumbu belakang (STRG)} &= 37,5 \% \times 25 \text{ ton} \\
 &= 9,375 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.27.

Jumlah kendaraan pada awal umur rencana

No.	Jenis kendaraan	Jumlah kendaraan per hari	Distribusi beban As (ton)
1	Mobil penumpang	3920	1 + 1 ton (tidak dihitung) < 5 ton
2	Sedan, jeep	1305	1 + 1 ton (tidak dihitung) < 5 ton
3	Pick up	1195	1 + 1 ton (tidak dihitung) < 5 ton
4	Bus besar	177	4.76 + 9.24 ton
5	Bus kecil	55	2.82 + 5.47 ton
6	Truk $\frac{3}{4}$ 4 roda	2986	2.82 + 5.47 ton
7	Truk 2 As	2874	6.18 + 12 ton
8	Truk 3 As	225	6.25 18,75 ton

4.4.3. Perhitungan kendaraan niaga

- a. Jumlah kendaraan niaga harian (JKNH) Kriteria kendaraan dalam perencanaan untuk menentukan tebal plat perkerasan digunakan hanya kendaraan niaga yang mempunyai berta total minimum 5 ton (5000 kg), berat total (berat muatan maksimum + berat kosong kendaraan). Maka yang diperhitungkan untuk analisa perencanaan hanya jenis kendaraan pada tabel 4.27.

Tabel 4.28.
Jumlah kendaraan niaga harian

No.	Jenis kendaraan	Jumlah JKNH	Jumlah sumbu	Jumlah JSKNH
1	Bus besar	177	2	353
2	Bus kecil	55	2	109
3	Truk $\frac{3}{4}$ 4 roda	2986	2	5972
4	Truk 2 As	2874	2	5748
5	Truk 3 As	225	3	675
TOTAL		6317		12858

- b. Jumlah Kendaraan Niaga (JKN)
Volume lalu lintas akan bertambah sesuai dengan umur rencana atau sampai tahap dimana kapasitas jalan dicapai dengan factor pertumbuhan lalu-lintas yang dapat ditentukan berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$R = \frac{(I + i)^{UR} - 1}{i}$$

4.4.4. Pertumbuhan lalu lintas

Volume lalu lintas akan bertambah sesuai dengan umur rencana atau sampai tahap dimana kapasitas jalan dicapai dengan factor pertumbuhan lalu-lintas yang dapat ditentukan berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$R = \frac{(I + i)^{UR} - 1}{i}$$

Dimana R : factor pertumbuhan lalu lintas yang besarnya tergantung pada factor pertumbuhan lalu lintas tahunan (i) dan umur rencana (n).

$$\begin{aligned} R &= \frac{(I + 0,06)^{22} - 1}{0,06} \\ &= 43,39 \end{aligned}$$

4.4.5. Koefisien distribusi

Koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan. Dimana lebar perkerasan pada proyek akhir ini adalah 7 meter.

4.4.6. Faktor keamanan beban

Tabel 4.29. Koefisien distribusi kendaraan

Lebar perkerasan (L_p)	Jumlah lajur (n_l)	Koefisien distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$L_p < 5,50$ m	1 lajur	1	1
$5,50 \text{ m} \leq L_p < 8,25$ m	2 lajur	0,70	0,50
$8,25 \text{ m} \leq L_p < 11,25$ m	3 lajur	0,50	0,475
$11,23 \text{ m} \leq L_p < 15,00$ m	4 lajur	-	0,45
$15,00 \text{ m} \leq L_p < 18,75$ m	5 lajur	-	0,425
$18,75 \text{ m} \leq L_p < 22,00$ m	6 lajur	-	0,40

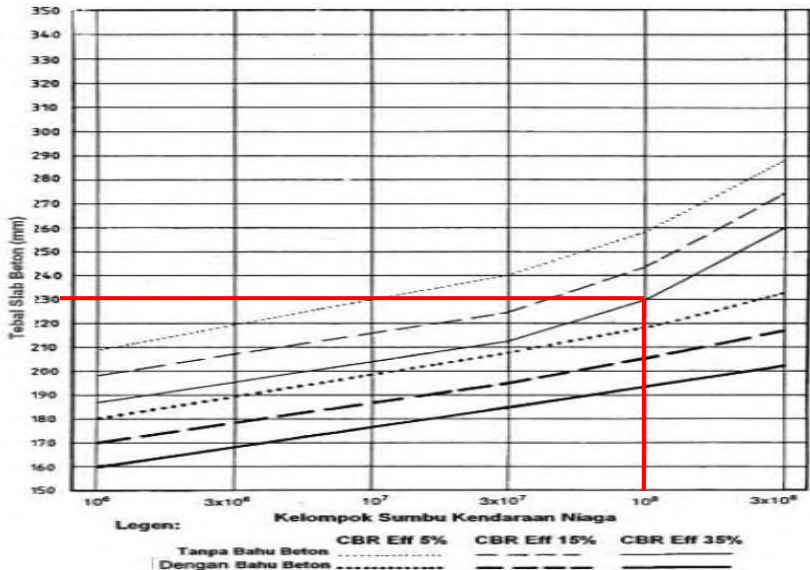
Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan factor keamanan beban (Fkb) factor keamanan beban ini digunakan berkaitan adanya berbagai tingkat reabilitas perencanaan seperti terlihat pada tabel 4.30.

Tabel 4.30. Faktor keamanan beban (Fkb)

No.	Penggunaan	Nilai Fkb
1	Jalan hambatan bebas utama dan jalan berlajur banyak, yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi. Bila menggunakan data lalu lintas dari hasil survei beban dan adanya kemungkinan route alternative, maka nilai factor keamanan beban dapat dikurangi menjadi 1,15	1,2
2	Jalan bebas hambatan dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah.	1,1
3	Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah.	1,0

4.4.7. Data Teknis

- CBR tanah dasar : 5,8 %
- CBR efektif (Gbr. 14) : 50 %
- Kuat Tarik lentur (f_{cf}) : 4,0 Mpa
- Bahan pondasi bawah (CBK 10 cm) : Campuran Beton Kurus
- Mutu baja tulangan ($f_y = 3900$ kg/cm²) : BJTU 39
- Koefisien gesek (μ) : 1,5
- Bahu jalan : Sirtu (material berbutir)
- Ruji / Dowel : Ya
- Pertumbuhan lalin : 6 %
- Umur rencana : 22 tahun
- Jalan 2/2 UD : Lebar jalan 7 m
: Bahu (ka/ki) 3 m



Gambar 4.14. Grafik taksiran pelat ruas jalan Maros – Bone

Diperoleh taksiran tebal plat 23 cm

4.4.8. Analisa data lalu lintas

Lalu lintas rencana adalah jumlah komulatif sumbu niaga pada jalur rencana selama umur rencana, meliputi proporsi sumbu serta distribusi beban pada setiap jenis sumbu kendaraan.

Beban pada suatu jenis sumbu secara tipikal dikelompokkan dalam interval 10 kN (1 ton) bila diambil dari survei beban.

Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan rumus berikut :

$$\begin{aligned}\text{JSKN} &= \text{JSKNH} \times 365 \times R \times C \\ \text{JSKN} &= 12858 \times 365 \times 43,39 \times 0,5 \\ &= 142,546,266\end{aligned}$$

Dengan pengertian :

- JSKN : Jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur rencana
- JSKNH : Jumlah total sumbu kendaraan niaga per hari pada saat jalan di buka.
- R : Faktor pertumbuhan komulatif
- C : Koefisien distribusi kendaraan

Data LHR yang dipakai adalah LHR tahun 2039 sesuai umur rencana tahun 2039 diperoleh dari proyeksi perhitungan pertumbuhan data lalu lintas yang telah dilakukan dengan cara regresi linear.

Tabel 4.31.**Analisa lalu lintas ruas jalan Maros – Bone**

No.	Jenis Kendaraan	Konfigurasi beban sumbu (t)				Jumlah kend (bh)	Jumlah sumbu per kend (bh)	Jumlah sumbu (bh) 5 = (3x4)	STRT		STRG		STdRG	
		RD	RB	RGD	RGB				BS (ton)	JS (buah)	BS (ton)	JS (buah)	BS (ton)	JS (buah)
	1	2				3	4	5 = (3x4)	6	7	8	9	10	11
1	Truk kecil 3/4 2 sumbu	2,3	6			2986	2	5972	2,3	2986				
									6	2986				
2	BUS kecil	2,3	6	-	-	55	2	109	2,3	55				
									6	55				
3	BUS besar	4	10			177	2	353	4	177	10	177		
4	Truk sedang 2 sumbu	4,2	14	-	-	2874	2	5748	4,2	2874	14	2874		
5	Truk besar 3 sumbu	5	20			225	3	675	5	225			20	225
TOTAL								12858		9357		3051		225

Tabel 4.32.

Repetisi Sumbu yang terjadi pada ruas jalan Maros – Bone

Jenis sumbu	Beban sumbu	Jumlah sumbu	Proporsi beban	Proporsi sumbu	Lalu lintas rencana	Repetisi yang terjadi
1	2	3	4	5	6	7 = (4x5x6)
STRT	6	3041	0.32	0.74	142546266	34310850
	5	225	0.02	0.74	142546266	2537926
	4,2	2874	0.31	0.74	142546266	32430954
	4	177	0.02	0.74	142546266	1993403
	2,3	3041	0.32	0.74	142546266	34310850
TOTAL		9357	1.00			
STRG	10	177	0.06	0.24	142546266	1993403
	14	2874	0.94	0.24	142546266	32430954
TOTAL		3051	1.00			
STdRG	20	225	1.00	0.02	142546266	2537926
TOTAL		225	1.00			
KOMULATIF		12633				142546266

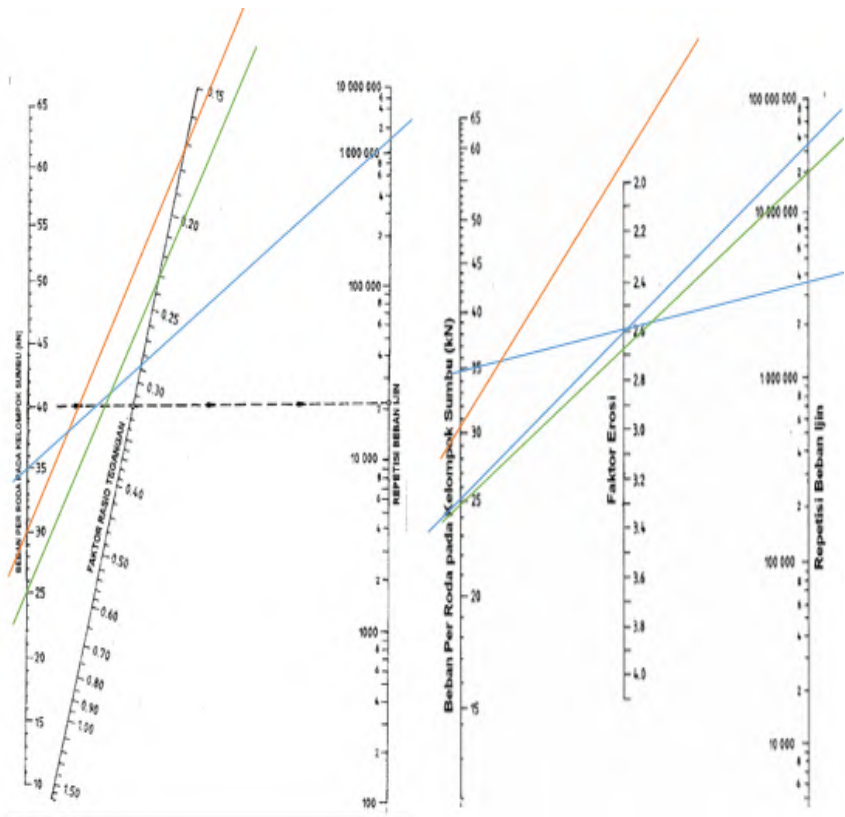
Tabel 4.33.
Perhitungan tebal pelat 23,5 cm

Jenis sumbu	Beban sumbu (ton)		Beban rencana per roda	Repetisi yang terjadi	Faktor tegangan erosi		Analisa fatik		Analisa erosi	
							Repetisi	persen	Repetisi	persen
							Ijin	rusak (%)	Ijin	rusak (%)
1	2		3	4	5		6	$7 = 4 \times 100/6$	8	$9 = 4 \times 100/6$
	Ton	kN	kN							
STRT	6	60	30	34310850	TE	0.715	TT		TT	
2	5	50	25	2537926	FRT	0.17875	TT		TT	
	4,2	42	21	32430954	FE	1.98	TT		TT	
	4	40	20	1993403			TT		TT	
	2,3	23	11.5	34310850			TT		TT	
STRG	14	140	35	1993403	TE	1.16	1500000	132.9	3500000	56.95
4	10	100	25	32430954	FRT	0.28875	TT		3.5E+07	92.66
					FE	2.58				
STdRG	20	200	25	2537926	TE	0.97	TT		2E+07	12.69
8					FRT	0.24125				
					FE	2.68				
							\sum Analisa fatik	132,9 > 100%	\sum Analisa erosi	162,3 > 100%

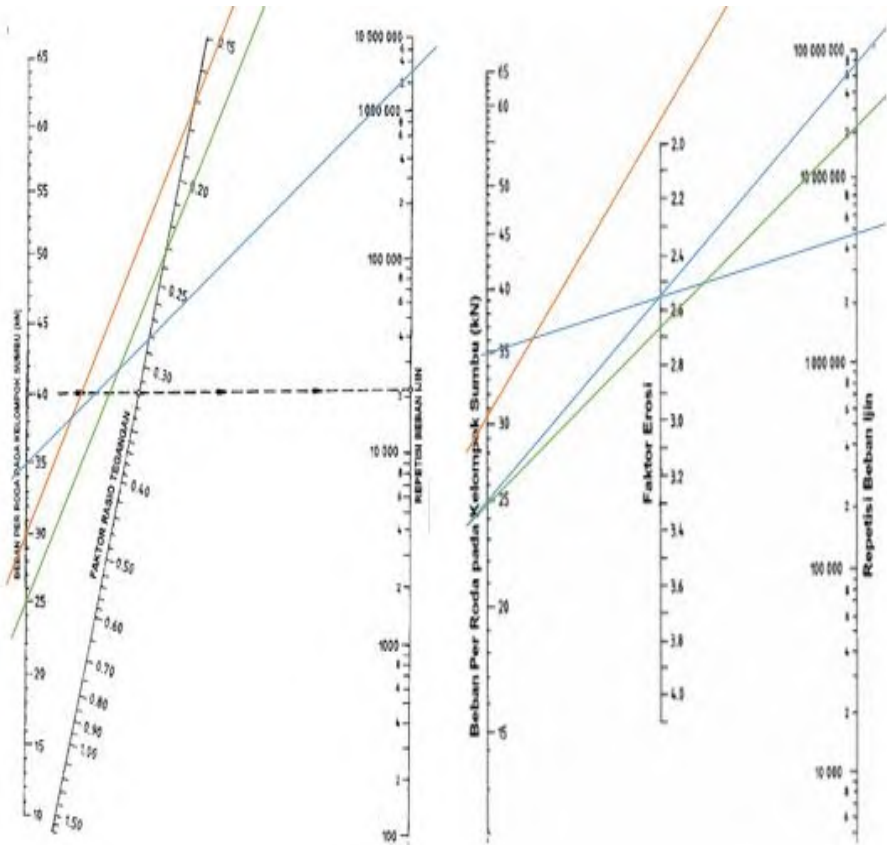
Tabel 4.34.
Perhitungan tebal pelat 24 cm

Jenis sumbu	Beban sumbu (ton)		Beban rencana per roda	Repetisi yang terjadi	Faktor tegangan erosi		Analisa fatik		Analisa erosi		
							Repetisi	persen	Repetisi	persen	
							Ijin	rusak (%)	Ijin	rusak (%)	
1	2		3	4	5		6	$7 = 4 \times 100 / 6$	8	$9 = 4 \times 100 / 6$	
	Ton	kN	kN								
STRT	6	60	30	34310850	TE	0.690	TT		TT		
2	5	50	25	2537926	FRT	0.1725	TT		TT		
	4,2	42	21	32430954	FE	1.95	TT		TT		
	4	40	20	1993403			TT		TT		
	2,3	23	11.5	34310850			TT		TT		
STRG	14	140	35	1993403	TE	1.12	3000000	66.4	4700000	42.41	
4	10	100	25	32430954	FRT	0.28	TT		7.8E+07	41.58	
					FE	2.55					
STdRG	20	200	25	2537926	TE	0.94	TT		2.2E+07	11.54	
8					FRT	0.235					
					FE	2.66					
							\sum Analisa fatik	66,4 < 100%	\sum Analisa erosi	95,53 < 100%	

Diambil tebal Plat 24 cm, karena analisa fatik dan erosi kurang dari atau mendekati 100 %.



Gambar 4.15. Analisa fatik dan beban repetisi ijin pelat 23,5 cm berdasarkan rasio tegangan tanpa bahu beton dan juga berdasarkan factor erosi tanpa bahu beton



Gambar 4.16. Analisa fatik dan beban repetisi ijin pelat 24 cm berdasarkan rasio tegangan tanpa bahu beton dan juga berdasarkan factor erosi tanpa bahu beton

- Uraian Perhitungan analisa fatik dan erosi dengan tebal plat 240 mm atau 24 cm.
 - Jenis Sumbu
 - Ada 3 macam jenis sumbu yaitu :
 - a. STRT (Sumbu Tunggal Roda Tunggal)
 - b. STRG (Sumbu Tunggal Roda Ganda)
 - c. STdRG (Sumbu Tandem Roda Ganda)
 - Beban Sumbu
 - Penentuan beban sumbu berdasarkan pada tabel pembagian beban sumbu/As (Berdasarkan Pengukuran Beban) berdasarkan sumber : Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga.
 - Beban Rencana Per Roda

$$\frac{\text{Beban Sumbu (KN)} \times Fkb}{2}$$

- Repetisi yang terjadi
 - Pada kolom ini angka yang diperoleh adalah berdasarkan (Pada Kolom 7)
- Faktor Tegangan Erosi
 - TE = Tegangan Ekivalen
 - FRT = Faktor Rasio Tegangan
 - FE = Faktor Erosi

- Repetisi Ijin Analisa Fatik
Angka yang diperoleh berdasarkan gambar analisa fatik dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, dengan / tanpa bahu beton.

- Persentase rusak Analisa Fatik

$$= \frac{\text{Repetisi yang terjadi} \times 100}{\text{Repetisi Ijin}}$$

Dikarenakan tidak terjadi repetisi ijin (Tidak terhingga) maka hasilnya adalah 0 (nol).

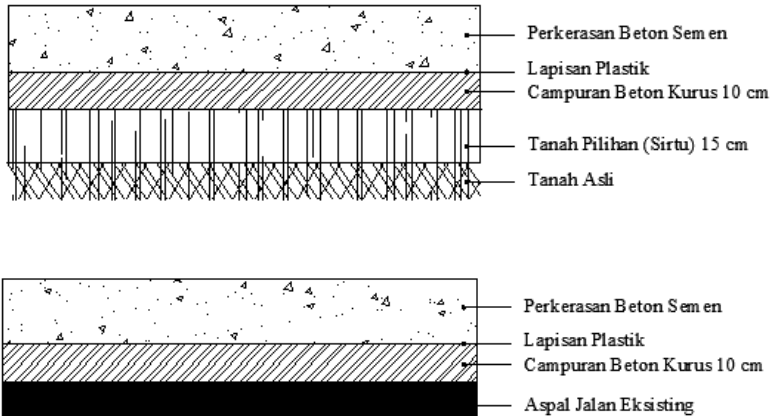
- Repetisi Ijin Analisa Erosi
Angka yang diperoleh berdasarkan gambar analisis faktor erosi dan jumlah repetisi ijin berdasarkan factor erosi, dengan bahu beton.

- Persentase rusak Analisa Erosi

$$= \frac{\text{Repetisi yang terjadi} \times 100}{\text{Repetisi Ijin}}$$

Dikarenakan tidak terjadi repetisi ijin (Tidak terhingga) maka hasilnya adalah 0 (nol).

Berdasarkan data di atas diambil tebal paling ekonomis dan memenuhi persyaratan % rusak fatik dan % erosi lebih kecil atau mendekati 100 % maka diambil tebal plat 24 cm.



Gambar 4.17. Lapisan Perkerasan diatas pelebaran dan diatas perkerasan lama

4.4.9. Perhitungan Tulangan

- Perhitungan beton bersambung dengan tulangan (BBDT)
 - a. Tebal pelat beton = 240 mm
 - b. Lebar pelat = $2 \times 3,5$
 - c. Kuat tekan beton (f_c') = 285 kg/m²
 - d. Tegangan leleh baja (f_y) = 2400 kg/m²
 - e. E_s/E_c (n) = 8 (dari tabel)
 - f. Koefisien gesek antara beton = 1,5 dan pondasi bawah (μ)
 - g. Kuat Tarik lentur beton f_{cf} = 4,0 MPa
 - h. Ambil $f_{cf} = 0,5$ $f_{cf} = 0,5 \times 40 = 20,00$ kg/m²

BJTU 24

- i. Kuat tarik leleh (f_y) = $0,6 \times 240$ MPa
- j. Kuat tarik ijin (f_s) = $0,6 \times 240$ MPa = 144 MPa
- k. Gravitasi = 9,81 m/dt²

Ruji yang digunakan diameter 36 mm, panjang 45 cm, jarak 30 cm.

Tabel 4.35. Diameter Ruji

No	Tebal Pelat beton, h (mm)	Diameter Ruji (mm)
1	$125 < h \leq 140$	20
2	$140 < h \leq 160$	24
3	$160 < h \leq 190$	28
4	$190 < h \leq 220$	33
5	$220 < h \leq 250$	36

➤ **Sambungan memanjang dengan tie bars**

Sambungan memanjang berfungsi untuk mengendalikan terjadinya retak memanjang.

$$A_t = 204 \times b \times h$$

$$A_t = 204 \times 3,5 \times 0,24$$

$$A_t = 171,36 \text{ mm}^2$$

Dengan Tulangan baja ulir diameter 13

$$A_i = 1/4 \times \pi \times d^2$$

$$A_i = 1/4 \times \pi \times 13^2$$

$$A_i = 132,66 \text{ mm}^2 < A_t = 171,36 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots(\text{OK})$$

Tulangan per meter

$$\frac{A_t}{A_i} = \frac{171,36}{132,66}$$

$$= 1,291$$

Maka jarak tulangan memanjang yang diperlukan adalah :

$$\text{Jarak antara tulangan (as – as tie bars)} = \frac{1000}{1,291}$$

$$= 774,188 \text{ mm}$$

Panjang tulangan pengikat

$$L = (38,2 \times D) + 75$$

$$L = (38,3 \times 13) + 75$$

$$L = 572,9 \text{ mm} \approx 580 \text{ mm}$$

Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 58 cm

➤ Tulangan Memanjang

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \frac{\mu \times L \times M \times g \times h}{2 \times f_s} \\ &= \frac{1,5 \times 15 \times 2400 \times 9,81 \times 0,240}{2 \times 144} \\ &= 441,45 \text{ mm}^2/\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As min} &= 0,1\% \times \text{Luas pelat} \\ &= 0,1\% \times 240 \times 1000 \\ &= 240 \text{ mm}^2/\text{m} \end{aligned}$$

Gunakan Tulangan Ø 12 (113,09 mm²) – 22,5 cm (Jarak Maksimal)

Tulangan besi yang diperlukan dalam 1 m adalah

$$= \frac{1000 \text{ mm}}{225 \text{ mm}} = 4,44 \text{ batang besi}$$

Total As yang ada

$$= 4,44 \times 113,09$$

$$= 502,622 \text{ mm}^2 > 441,45 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

➤ Tulangan Melintang

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \frac{\mu \times L \times M \times g \times h}{2 \times f_s} \\ &= \frac{1,5 \times 3,5 \times 2400 \times 9,81 \times 0,240}{2 \times 144} \\ &= 103,005 \text{ mm}^2/\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As min} &= 0,1\% \times \text{Luas pelat} \\
 &= 0,1\% \times 240 \times 1000 \\
 &= 240 \text{ mm}^2/\text{m}
 \end{aligned}$$

Gunakan Tulangan Ø 12 (113,09 mm²) – 35 cm (Jarak Maksimal)

$$\begin{aligned}
 \text{Tulangan besi yang diperlukan dalam 1 m adalah} \\
 = \frac{1000 \text{ mm}}{350 \text{ mm}} &= 2,857 \text{ batang besi}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total As yang ada} \\
 = 2,857 \times 113,09 \\
 = 323,114 \text{ mm}^2 > 240 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

4.5. Geometrik Jalan

Dalam perencanaan peningkatan jalan raya, perlu adanya geometrik jalan. Hal ini dipertimbangkan atas dasar kenyamanan dan keamanan pengendara, pada umumnya geometrik jalan terbagi dua yakni :

1. Alinyemen horizontal, dan
2. Alinyemen vertikal

Dalam perencanaan geometrik yang ada, terdapat keterbatasan data sehingga untuk membuat geometrik pada jalan kami menggunakan peta kontur dan kondisi eksisting jalan dari gambar PT. Yodya Karya.

4.5.1 Alinyemen Horisontal

Untuk alinyemen horisontal berdasarkan gambar layout jalan, maka pada ruas jalan maros – bone terdapat 20 lengkung horisontal dan ada 5 tikungan yang kami pilih untuk dibuat lengkung busur horisontal

Pada perencanaan lengkung horisontal terdapat beberapa sudut *tangen* yang relative kecil, sehingga kami

menggunakan tipe lengkung sederhana (*full circle*) dan selebihnya menggunakan lengkung peralihan (*spiral circle spiral*)

Lihat Lampiran...

4.5.2 Alinyemen Vertikal

a. Panjang Lengkung Vertikal

Berdasarkan persyaratan panjang lengkung vertikal, lengkung vertikal yang digunakan adalah 50 meter.

b. Perhitungan Jarak Pandangan

- $S < L$

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

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

$$S = \sqrt{\frac{50 \times 100 (\sqrt{2 \times 1.20} + \sqrt{2 \times 0.10})^2}{1.25}}$$

$$S = 126.2639 > L = 50 \rightarrow \text{TIDAK OK}$$

- $S > L$

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

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

$$S = \frac{50 + \frac{200 (\sqrt{1.20} + \sqrt{0.10})^2}{1.25}}{2}$$

$$S = 343.8513 > L = 50 \rightarrow \text{OK}$$

4.6. Perencanaan Drainase

Dalam perhitungan analisis curah hujan untuk menentukan besarnya intensitas curah hujan (i) terdekat sepanjangruas jalan maros – bone. Berikut disajikan tabel perhitungan stasiun batu bassi dan stasiun malino

Tabel 4.36.
Data curah hujan

No	Tahun	Stasiun		R _{max} (mm)	R _{rata-rata max} (mm)
		St. Batu Bassi	St. Malino		
1	2004	165.00	109.00	165.00	137.00
2	2005	123.00	187.00	187.00	155.00
3	2006	151.00	101.00	151.00	126.00
4	2007	210.00	185.00	210.00	197.50
5	2008	129.00	118.00	129.00	123.50
6	2009	161.00	145.00	161.00	153.00
7	2010	154.00	125.00	154.00	139.50
8	2011	136.00	163.00	163.00	149.50
9	2012	164.00	137.00	164.00	150.50
10	2013	89.00	82.00	89.00	85.50
				∑1573	∑1417

Tabel 4.37.
Perhitungan curah hujan stasiun

No	Tahun	Xi	(xi-x)	(xi-x rata) ²
1	2004	137.00	-4.70	22.09
2	2005	155.00	13.30	176.89
3	2006	126.00	-15.70	246.49
4	2007	197.50	55.80	3113.64
5	2008	123.50	-18.20	331.24
6	2009	153.00	11.30	127.69
7	2010	139.50	-2.20	4.84
8	2011	149.50	7.80	60.84
9	2012	150.50	8.80	77.44
10	2013	85.50	-56.20	3158.44
Jumlah		1417.00		7319.60

Untuk menentukan besarnya curah hujan pada priode T tahun digunakan persamaan

Priode ulang (T) = 5 tahun

Jumlah data (n) = 10 tahun

Yt = 1,4999 Dari tabel 2.15

Yn = 0,4952 Dari tabel 2.16

Sn = 0,9496 Dari tabel 2.17

- a. Tinggi curah hujan maksimum rata-rata

$$X = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$X = \frac{1417}{10}$$

$$X = 141,7$$

- b. Standar defiasi

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (X_i - X)^2}{n}}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{7319,60}{10}}$$

$$S_x = 27,05$$

Menentukan besarnya curah hujan pada priode ulang (T). priode ulang (T) untuk selokan samping ditentukan 5 tahun

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

$$X_t = 141,7 + \frac{27,05}{0,9496} (1,4999 + 0,4952)$$

$$X_t = 172 \text{ mm/jam}$$

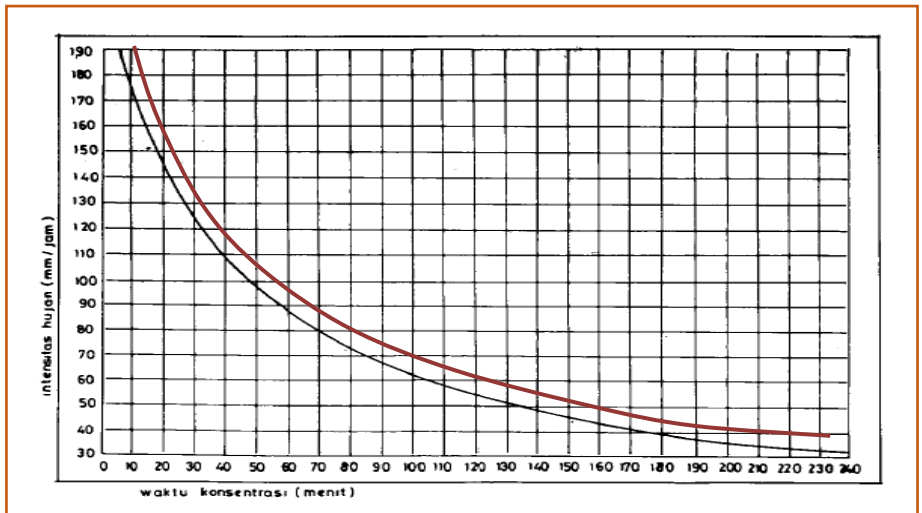
Bila curah hujan efektif dianggap mempunyai penyebaran seragam 4 jam, maka intensitas hujan (I) adalah :

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

$$I = \frac{90\% \times 172}{4}$$

$$I = 38,7 \text{ mm/jam}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan intensitas hujan (I) sebesar 38,7 mm/jam yang kemudian diplotkan pada t = 240 menit dan Tarik garis lengkung searah dan sejajar dengan lengkung basis sesuai dengan gambar 4.18 berikut ini :



Gambar 4.18. Kurva Basis

4.6.1 Analisa Hidrologi

Dalam analisa hidrologi panjang saluran dibagi menjadi beberapa bagian. Pembatasan ini berdasarkan letak gorong-gorong. Sehingga debit yang diperoleh merupakan debit aliran yang melewati masing-masing saluran.

1. Saluran Sta. 0+150 s/d sta. 0 + 925

Saluran 0+150 s/d sta. 0 + 925 merupakan saluran yang pada kondisi lapangan pemukiman penduduk.

a. Waktu Konsentrasi (T_c)

Saluran Sta0+150 s/d sta. 0 + 925 merupakan saluran yang pada kondisi lapangan pemukiman penduduk.

L_1 = permukaan badan jalan kemiringan 2%, lebar 3,5 m

L_2 = permukaan bahu jalan kemiringan 4%, lebar 1,5 m

L_3 = bagian luar jalan 2%, lebar 10 m

Hubungan kondisi permukaan dengan koefisien hambatan (n_d)

n_d perkerasan = 0,013

n_d bahu jalan = 0,2

n_d luar jalan = 0,02

Perhitungan waktu konsentrasi :

$$\begin{aligned}
 t_1 &= \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{nd}{\sqrt{S}} \right)^{0,167} \\
 t_{\text{perkerasan}} &= \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 3,5 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,02}} \right)^{0,167} \\
 &= 0,943 \text{ menit} \\
 t_{\text{bahu jalan}} &= \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 1,5 \times \frac{0,2}{\sqrt{0,04}} \right)^{0,167} \\
 &= 1,219 \text{ menit} \\
 t_{\text{luar jalan}} &= \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 10 \times \frac{0,02}{\sqrt{0,02}} \right)^{0,167} \\
 &= 1,207 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Jadi,

$$\begin{aligned}
 t_1 &= t_{\text{perkerasan}} + t_{\text{bahu jalan}} + t_{\text{luar jalan}} \\
 &= 0,943 + 1,219 + 1,207 \\
 &= 3,370 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Diperoleh V pasangan batu kali 1,5 m/s dan panjang saluran L = 775 m

$$\begin{aligned}
 t_2 &= \frac{L}{60 v} \\
 &= \frac{775}{60 \times 1,5} \\
 &= 8,61
 \end{aligned}$$

Maka diperoleh waktu konsentrasi,

$$\begin{aligned}
 T_c &= t_1 + t_2 \\
 &= 3,370 + 8,61 \\
 &= 11,98 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.38.
Perhitungan waktu konsentrasi (T_c)

Drainase Kiri							
Saluran	Panjang (m)	Kemiringan	t1			t2	Tc
			Perkerasan	Bahu Jalan	Persawahan		
0+150-0+925	775	0.0095	0.943	1.219	1.207	8.61	11.98
0+925-1+150	225	0.0216	0.943	1.219	1.207	2.50	5.87
1+150-1+475	325	0.0169	0.943	1.219	1.207	3.61	6.98
1+475-2+575	1100	0.0075	0.943	1.219	1.207	12.22	15.59
2+575-2+675	100	0.0371	0.943	1.219	1.207	1.11	4.48
2+675-2+975	300	0.0178	0.943	1.219	1.207	3.33	6.70
2+975-3+125	150	0.0283	0.943	1.219	1.207	1.67	5.04
3+125-3+925	800	0.0093	0.943	1.219	1.207	8.89	12.26
3+925-4+050	125	0.0320	0.943	1.219	1.207	1.39	4.76
4+050-4+250	200	0.0234	0.943	1.219	1.207	2.22	5.59
4+250-4+400	150	0.0283	0.943	1.219	1.207	1.67	5.04
4+400-5+000	600	0.0112	0.943	1.219	1.207	6.67	10.04
	4850						94.33

Drainase Kanan							
Saluran	Panjang (m)	Kemiringan	t1			t2	Tc
			Perkerasan	Bahu Jalan	Persawahan		
0+925-0+950	25	0.0341	0.943	1.219	1.207	0.28	3.65
0+950-1+475	525	0.0110	0.943	1.219	1.207	5.83	9.20
1+475-2+000	525	0.0242	0.943	1.219	1.207	5.83	9.20
2+000-2+200	200	0.0047	0.943	1.219	1.207	2.22	5.59
2+200-2+450	250	0.0064	0.943	1.219	1.207	2.78	6.15
2+450-3+125	675	0.0022	0.943	1.219	1.207	7.50	10.87
3+125-3+575	450	0.0044	0.943	1.219	1.207	5.00	8.37
3+575-4+125	550	0.0012	0.943	1.219	1.207	6.11	9.48
4+125-4+400	275	0.0169	0.943	1.219	1.207	3.06	6.43
4+400-4+700	300	0.0161	0.943	1.219	1.207	3.33	6.70
4+700-5+000	300	0.0076	0.943	1.219	1.207	3.33	6.70
	4075						82.35

a. Perhitungan Koefisien Pengaliran (C)

Perhitungan aliran rata-rata (C) berdasarkan luas catchment area dan kondisi permukaan tanah. Dalam hal ini, catchment area hanya pada bagian jalan karena bagian luar jalan tidak memungkinkan air masuk ke dalam selokan.

• Perhitungan luas daerah aliran air :

Panjang	=	775 meter
Lebar jalan	=	3,5 meter
Lebar bahu	=	1,5 meter

A1 Luas jalan	=	775 m x 3,5 m
	=	2712,5m ²
A2 Luas bahu jalan	=	775 m x 1,5 m
	=	1162,5 m ²
A3 Luas luar jalan	=	75 m x 10 m
	=	7750 m ²

• Perhitungan koefisien pengaliran nilai C tergantung dari guna jalan.

C1 Perkerasan jalan	=	0,80
C2 Bahu jalan	=	0,50
C3 Bagian luar jalan	=	0,50

$$\begin{aligned}
 C &= \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2 + C_3 A_3}{A_1 + A_2 + A_3} \\
 &= \frac{0,8 \times 262,5 \text{ m}^2 + 0,5 \times 112,5 \text{ m}^2 + 0,5 \times 750 \text{ m}^2}{(262,5 + 112,5 + 750) \text{ m}^2} \\
 &= 0,57
 \end{aligned}$$

b. Debit Aliran (Q)

Nilai dari debit aliran tiap-tiap saluran berbeda tidak terpengaruhi nilai koefisien pengaliran yang sama. Akan tetapi dalam perhitungannya debit aliran yang masuk pada saluran merupakan penjumlahan antara debit air yang masuk dari jalan (perkerasan dan bahu jalan) dan bagian luar jalan (persawahan).

Diketahui :

$$A1 \text{ Luas jalan} = 775 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} = 2712,5 \text{ m}^2$$

$$A2 \text{ Luas bahu jalan} = 775 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} = 1162,5 \text{ m}^2$$

$$A3 \text{ Luas persawahan} = 775 \text{ m} \times 10 \text{ m} = 7750 \text{ m}^2$$

$$A \text{ Total} = 2712,5 + 1162,5 + 7750 = 11625 \text{ m}^2 \sim (11625 / 10^6 = 0,0116 \text{ km}^2)$$

$$\text{Koefisien pengaliran (C) jalan} = 0,57$$

$$\text{Intensitas Rencana (I)} = 190 \text{ mm/jam}$$

Perhitungan debit air (Q) :

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

$$Q = \frac{1}{3,6} 0,57 \times 190 \text{ mm/jam} \times 0,0116 \text{ km}^2$$

$$Q = 0,350 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Hasil dari perhitungan debit aliran untuk tiap-tiap saluran ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 4.39.
Perhitungan debit aliran (Q)

Drainase Kiri										
STA.	Badan jalan		Bahu jalan		Luar jalan		C koef. pengaliran	l rencana	A total	Debit
	panjang	lebar	koef	lebar	koef	lebar				
0+150-0+925	775	3.5	0.5	1.5	0.5	10	0.57	190	0.0116	0.350
0+925-1+150	225	3.5	0.5	1.5	0.5	10	0.57	190	0.0034	0.102
1+150-1+475	325	3.5	0.5	1.5	0.5	10	0.57	190	0.0049	0.147
1+475-2+575	1100	3.5	0.5	1.5	0.5	10	0.57	190	0.0165	0.496
2+575-2+675	100	3.5	0.5	1.5	0.5	10	0.57	190	0.0015	0.045
2+675-2+975	300	3.5	0.5	1.5	0.5	10	0.57	190	0.0045	0.135
2+975-3+125	150	3.5	0.5	1.5	0.5	10	0.57	190	0.0023	0.068
3+125-3+925	800	3.5	0.5	1.5	0.5	10	0.57	190	0.0120	0.361
3+925-4+050	125	3.5	0.5	1.5	0.5	10	0.57	190	0.0019	0.056
4+050-4+250	200	3.5	0.5	1.5	0.5	10	0.57	190	0.0030	0.090
4+250-4+400	150	3.5	0.5	1.5	0.5	10	0.57	190	0.0023	0.068
4+400-5+000	600	3.5	0.5	1.5	0.5	10	0.57	190	0.0090	0.271

Drainase Kanan										
STA.	Badan jalan		Bahu jalan		Luar jalan		C koef. pengaliran	l rencana	A total	Debit
	panjang	lebar	koef	lebar	koef	lebar				
0+925-0+950	25	3.5	0.5	1.5	0.5	10	0.57	190	0.0004	0.011
0+950-1+475	525	3.5	0.5	1.5	0.5	10	0.57	190	0.0079	0.237
1+475-2+000	525	3.5	0.5	1.5	0.5	10	0.57	190	0.0079	0.237
2+000-2+200	200	3.5	0.5	1.5	0.5	10	0.57	190	0.0030	0.090
2+200-2+450	250	3.5	0.5	1.5	0.5	10	0.57	190	0.0038	0.113
2+450-3+125	675	3.5	0.5	1.5	0.5	10	0.57	190	0.0101	0.305
3+125-3+575	450	3.5	0.5	1.5	0.5	10	0.57	190	0.0068	0.203
3+575-4+125	550	3.5	0.5	1.5	0.5	10	0.57	190	0.0083	0.248
4+125-4+400	275	3.5	0.5	1.5	0.5	10	0.57	190	0.0041	0.124
4+400-4+700	300	3.5	0.5	1.5	0.5	10	0.57	190	0.0045	0.135
4+700-5+000	300	3.5	0.5	1.5	0.5	10	0.57	190	0.0045	0.135

c. Perhitungan Dimensi Saluran

• Luas Basah Saluran

Berdasarkan Debit Aliran yang masuk ke saluran drainase dan kecepatan aliran yang melalui saluran dapat dihitung luas basah yang dibutuhkan pada saluran tersebut.

Diketahui :

$$Q = 0,350 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$V = 1,5 \text{ m/detik jenis material batu kali}$$

Maka,

$$Fd = \frac{Q}{V} \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} Fd &= \frac{0,350 \text{ m}^3/\text{s}}{1,5 \text{ m/s}} \\ &= 0,233 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

• Tinggi saluran yang tergenang air

$$\begin{aligned} d &= \sqrt{\frac{fd}{2}} \\ &= \sqrt{\frac{0,233}{2}} \\ &= 0,341 \end{aligned}$$

• Tinggi jagaan

$$\begin{aligned} w &= \sqrt{0,5d} \\ &= \sqrt{0,5 \times 0,341} \\ &= 0,412 \text{ m} \end{aligned}$$

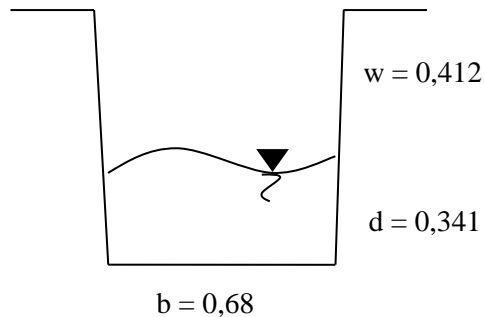
- Lebar saluran

$$\begin{aligned} b &= 2d \\ &= 2 \times 0,341 &= 0,68 \end{aligned}$$

- Dimensi saluran

$$\begin{aligned} H &= b \times (d+w) \\ &= 0,68 \times (0,341+0,412) &= 0,52 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Dari syarat perhitungan saluran tipe persegi didapat dimensi saluran $0,52 \text{ m}^2$. Jika terdapat perhitungan dimensi saluran pada kurang dari $0,5 \text{ m}^2$ maka digunakan luas penampang minimal yaitu $0,5 \text{ m}^2$.



Gambar 4.19. Dimensi Saluran Sta. 0+150 - 0+925

- Penentuan Kemiringan

Penentuan kemiringan saluran dilakukan dengan dua cara yakni dengan menghitung langsung sesuai kemiringan di lapangan yang disebut kemiringan lapangan dan kemiringan yang dihitung berdasarkan parameter-parameter yang terdapat pada saluran yang disebut kemiringan perhitungan.

- Kemiringan Lapangan

$$\begin{aligned}
 i &= \frac{\Delta H}{L} \\
 &= \frac{144,364 - 111,983}{775 \text{ m}} = 0,0417 \sim 4,17 \%
 \end{aligned}$$

- Kemiringan Perhitungan

Jari-jari Hidrolis Saluran (R)

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{d}{2} \\
 &= \frac{0,341}{2} = 0,17 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Kemiringan Saluran

Parameter yang digunakan dalam perhitungan kemiringan saluran adalah sebagai berikut :

Kecepatan Aliran (V) = 1,5 m/detik

Nilai n Rumus Manning = 0,020 (pasangan batu dengan penyelesaian)

Maka perhitungan kemiringan adalah :

$$\begin{aligned}
 i &= \left(\frac{V \cdot n}{R^{2/3}} \right)^2 \times 100\% \\
 i &= \left(\frac{1,5 \cdot 0,020}{0,17^{2/3}} \right)^2 \times 100\% \\
 i &= 0,0095 \sim 0,9481 \%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan ternyata kemiringan lapangan (0,0417) < kemiringan berdasarkan perhitungan (0,0095), maka saluran sta. 0+150 sampai sta. 0+925 tidak dibutuhkan pematah arus.

Berikut adalah daftar dimensi dan kemiringan saluran drainase keseluruhan yang dihitung dengan menggunakan program Microsoft Excel 2016 :

Tabel 4.40.

Daftar Kebutuhan Dimensi Saluran Drainase.

Drainase Kiri								
STA.	Fd (m)	d (m)	w (m)	B (m)	H (m)	R (m)	I rencana pada drainase	kecepatan aliran
0+150-0+925	0.2331	0.34	0.41	0.68	0.52	0.17	190	3.145
0+925-1+150	0.0677	0.18	0.3	0.37	0.18	0.09	190	1.366
1+150-1+475	0.0978	0.22	0.33	0.44	0.24	0.11	190	1.063
1+475-2+575	0.3309	0.41	0.45	0.81	0.70	0.20	190	1.738
2+575-2+675	0.0301	0.12	0.25	0.25	0.09	0.06	190	1.958
2+675-2+975	0.0903	0.21	0.33	0.42	0.23	0.11	190	1.530
2+975-3+125	0.0451	0.15	0.27	0.30	0.13	0.08	190	0.437
3+125-3+925	0.2407	0.35	0.42	0.69	0.53	0.17	190	1.127
3+925-4+050	0.0376	0.14	0.26	0.27	0.11	0.07	190	0.737
4+050-4+250	0.0602	0.17	0.29	0.35	0.16	0.09	190	1.168
4+250-4+400	0.0451	0.15	0.27	0.30	0.13	0.08	190	1.141
4+400-5+000	0.1805	0.30	0.39	0.60	0.41	0.15	190	1.221

Drainase Kanan

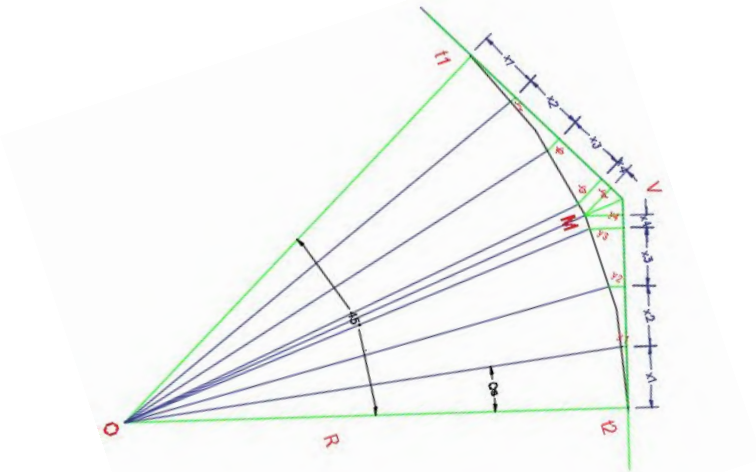
STA.	Fd (m)	d (m)	w (m)	B (m)	H (m)	R (m)	I rencana pada drainase	kecepatan aliran
0+925-0+950	0.0075	0.06	0.18	0.12	0.03	0.03	190	0.905
0+950-1+475	0.1579	0.28	0.37	0.56	0.37	0.14	190	1.418
1+475-2+000	0.1579	0.28	0.37	0.56	0.37	0.14	190	2.103
2+000-2+200	0.0602	0.17	0.29	0.35	0.16	0.09	190	0.674
2+200-2+450	0.0752	0.19	0.31	0.39	0.20	0.10	190	0.844
2+450-3+125	0.2031	0.32	0.4	0.64	0.46	0.16	190	0.695
3+125-3+575	0.1354	0.26	0.36	0.52	0.32	0.13	190	0.854
3+575-4+125	0.1655	0.29	0.38	0.58	0.38	0.14	190	0.475
4+125-4+400	0.0827	0.20	0.32	0.41	0.21	0.10	190	1.415
4+400-4+700	0.0903	0.21	0.33	0.42	0.23	0.11	190	1.422
4+700-5+000	0.0903	0.21	0.33	0.42	0.23	0.11	190	0.981

BAB V METODE PELAKSANAAN

5.1 Metode Busur Lingkaran/ Lapangan

Busur lingkaran/lapangan bertujuan untuk menghubungkan dua arah jalan raya, jalan kereta api, atau saluran baru yang berpotongan sehingga perpindahan dari arah satu ke arah lainnya berjalan mulus. Tentunya ini juga tergantung antar hubungan kecepatan dan radius lengkungan. Dari busur lingkaran ini ditentukan titik-titiknya dengan jumlah yang cukup, sehingga letak busur lingkaran itu dilapangan bisa terlihat jelas.

5.1.1 Metode Selisih Absis Sama Panjang



Gambar 5.1 Absis Sama Panjang

a = absis pada sumbu x

Detail :

- $X_1 = R \sin(\Delta\varphi)$
- $X_1 = 205 \sin(6,991)$
= 25
- $y_1 = R - \sqrt{R^2 - (X_1)^2}$
- $y_1 = 205 - \sqrt{205^2 - 25^2}$
= 1,53

- $X_2 = R \sin(2\Delta\varphi)$
- $X_2 = 205 \sin(2 \times 6,991)$
= 50
- $y_2 = R - \sqrt{R^2 - (X_2)^2}$
- $y_2 = 205 - \sqrt{205^2 - 50^2}$
= 6,19

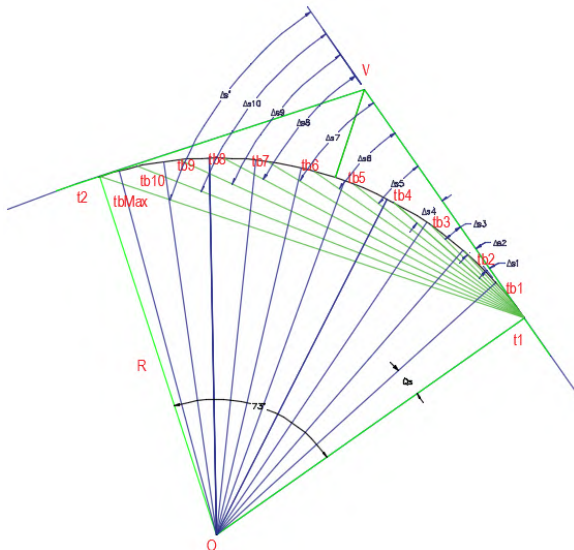
- $X_3 = R \sin(3\Delta\varphi)$
- $X_3 = 205 \sin(3 \times 6,991)$
= 75
- $y_3 = R - \sqrt{R^2 - (X_3)^2}$
- $y_3 = 205 - \sqrt{205^2 - 75^2}$
= 14,21

- $X_m = R \sin(1/2\Delta\varphi)$
- $X_m = 205 \sin(3,945)$
= 12,5
- $y_m = R - \sqrt{R^2 - (X_m)^2}$
- $y_m = 205 - \sqrt{205^2 - 12,5^2}$
= 0,38

Cara pelaksanaan di lapangan, setelah titik-titik T_1 , T_2 dan titik V ditentukan di lapangan, maka pelaksanaan penentuan titik-titik detail busur dapat ditentukan :

- Letakkan alat theodolite di atas titik T_1 , sentring alat, arahkan ke titik V
- Bidik arah V , ukur jarak X_1 , X_2 , X_3 dan seterusnya sampai X_M , maka akan dapat ditentukan absis X_1 , X_2 , X_3 dst.
- Dari titik-titik absis X_1 , X_2 , X_3 dst. dirikan alat theodolite, sentring, arahkan ke V , atur sudut $0^\circ 0' 0''$, putar sudut searah jarum jam sebesar sudut $90^\circ 0' 0''$ (buat sudut siku-siku), diukur jarak Y_1 , Y_2 , Y_3 dst, maka akan ketemu letak titik-titik detail di busur titik 1, 2, 3,4 sampai titik M .

5.1.2 Metode Kordinat Polar



Gambar 5.2 Kordinat Polar

- $tb_1 = 2R. \sin^{1/2} \Delta\varphi = 24,996 \text{ m}$; $^{1/2} \Delta\varphi = 3,495$
- $tb_2 = 2R. \sin^{2/2} \Delta\varphi = 49,856 \text{ m}$; $^{2/2} \Delta\varphi = 6,991$
- $tb_3 = 2R. \sin^{3/2} \Delta\varphi = 74,743 \text{ m}$; $^{3/2} \Delta\varphi = 10,485$
- $tb_4 = 2R. \sin^{4/2} \Delta\varphi = 99,015 \text{ m}$; $^{4/2} \Delta\varphi = 13,980$
- $tb_5 = 2R. \sin^{5/2} \Delta\varphi = 123,123 \text{ m}$; $^{5/2} \Delta\varphi = 17,475$
- $tb_6 = 2R. \sin^{6/2} \Delta\varphi = 146,698 \text{ m}$; $^{6/2} \Delta\varphi = 20,970$
- $tb_7 = 2R. \sin^{7/2} \Delta\varphi = 169,822 \text{ m}$; $^{7/2} \Delta\varphi = 24,465$
- $tb_8 = 2R. \sin^{8/2} \Delta\varphi = 192,208 \text{ m}$; $^{8/2} \Delta\varphi = 27,960$
- $tb_9 = 2R. \sin^{9/2} \Delta\varphi = 213,979 \text{ m}$; $^{9/2} \Delta\varphi = 31,455$
- $tb_{10} = 2R. \sin^{10/2} \Delta\varphi = 234,848 \text{ m}$; $^{10/2} \Delta\varphi = 34,950$

$$\blacksquare \quad tb_M = 2R \cdot \sin\left(\frac{1}{2} \Delta\phi'\right) = 245,918 \text{ m} \quad ; \quad \frac{1}{2} \Delta\phi' = 3,1$$

Cara Membuat Busur dengan Metode Polar :

- Alat ukur Theodolith di titik T_1 , sentring, arahkan ke V, atur sudut $0^\circ 0' 0''$;
- Putar sudut searah jarum jam sebesar $\frac{1}{2} \Delta\phi = \dots^\circ \dots'$ “
- Bidik arah, ukur jarak sebesar $tb_1 = 2R \cdot \sin \frac{1}{2} \Delta\phi = \dots$ m, akan ketemu titik detail 1 pada busur.
- Alat tetap, putar searah jarum jam sehingga besar sudut $2 \times \frac{1}{2} \Delta\phi = \dots^\circ \dots' \dots''$ “
- Bidik arah, ukur jarak sebesar $tb_2 = 2R \cdot \sin(2 \times \frac{1}{2} \Delta\phi) = \dots$ m, akan ketemu titik detail 2 pada busur
- Begitu seterusnya sampai sudut $\phi = \dots^\circ \dots' \dots''$, bidik arahnya, ukur jarak tb maksimum, $tb_{max} = 2R \cdot \sin \frac{1}{2} \phi$, harus sama/berimpit dengan titik singgung T_2

5.2 Metode Statemen

Pada metode statemen ini pembuatan jalan beton dapat dilaksanakan dengan sistem separuh jalan sehingga sisa jalan sebelahnya dapat dipakai untuk lalu lintas kendaraan, setelah separuh pengecoran beton selesai dan dapat digunakan untuk menahan beban kendaraan maka proses pembuatan jalan dapat dilanjutkan pada bagian sebelahnya sehingga semuanya bisa selesai dengan baik.

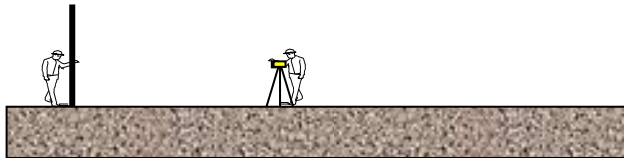
5.2.1 Pelaksanaan Pekerjaan lantai Kerja

1. Melakukan pembersihan dan pelebaran jalan pada kedua sisi jalan yang awalnya lebar eksisting (badan dan bahu) 9 meter menjadi 10 meter. Itu berarti dilakukan penimbunan tanah selebar 50 cm kearah sisi kiri dan kanan.

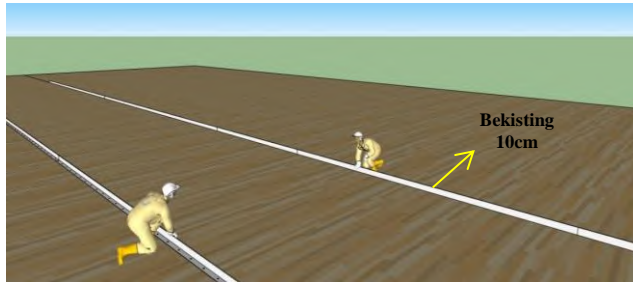


Gambar 5.3 Pembersihan dan pelebaran jalan

2. Melakukan pekerjaan pengukuran selama pekerjaan berlangsung untuk menentukan elevasi ketinggian konstruksi, kontrol kedataran, kebenaran posisi lebar jalan, dan yang lainnya.

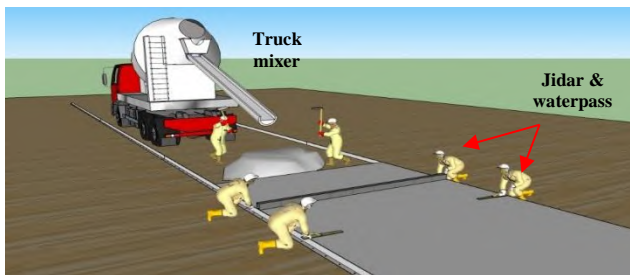


3. Pekerjaan urugan dan timbunan tanah untuk stabilisasi pondasi bawah dan juga untuk meratakan elevasi jalan dengan tinggi sesuai perencanaan.
4. Pemasangan bekisting pelat campuran beton krus setebal 10 cm



Gambar 5.5 Pemasangan bekisting

5. Selanjutnya penghampanan campuran beton krus dan finishing permukaan beton



Gambar 5.6 Pengecoran beton krus

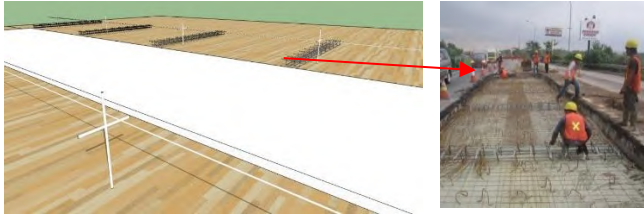
6. Melakukan proses curing pada beton krus



Gambar 5.7 Proses curing

5.2.2 Pelaksanaan Pekerjaan Perkerasan Beton

1. Pemasangan plastik dan besi tulangan diatas pondasi beton kurus



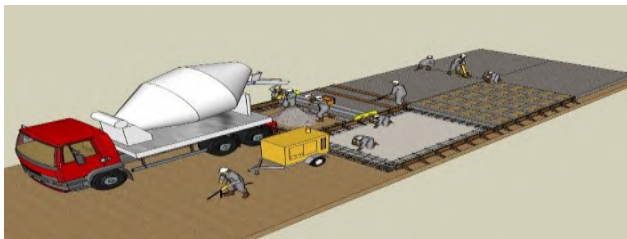
Gambar 5.8 Proses pemasangan plastik dan besi tulangan

2. Pemasangan papan bekisting pada tepi cor diatas CBK



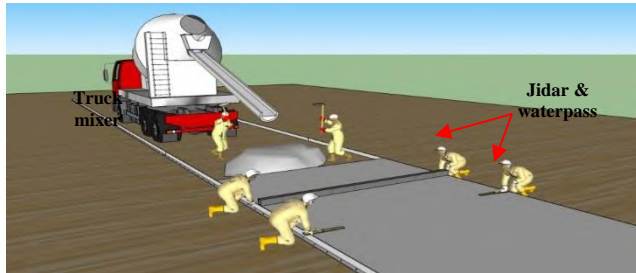
Gambar 5.9 Pemasangan bekisting pelat beton

3. Proses pengecoran beton



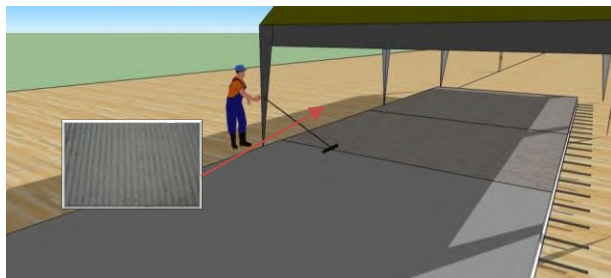
Gambar 5.10 Proses pengecoran beton

4. Perataan permukaan jalan beton dilakukan saat cor masih basah menjelang kering.



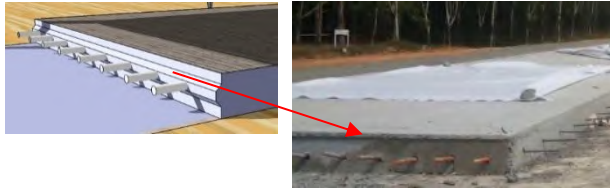
Gambar 5.11 Proses finishing permukaan beton

5. Pekerjaan grooving permukaan beton



Gambar 5.12 Proses grooving

6. Penundaan proses pengeringan jalan beton agar tidak mengalami keretakan dapat menambahkan bahan kimia pada adukan, atau dengan menutup permukaan beton dengan kain karung basah.



Gambar 5.13 Perawatan beton dengan kain basah

7. Jalan yang sudah di cor beton sebaiknya digunakan minimal 28 hari setelah pengecoran, karena pada saat itu jalan beton sudah mengeras dengan sangat baik.
8. Tahap akhir adalah membuat marka jalan pada beton.

BAB VI RENCANA ANGGARAN BIAYA

6.1. Volume Pekerjaan

1. Pekerjaan Tanah

a. Pembersihan dan pembongkaran

Satuan pekerjaan (m^2)

- Lebar jalan : $3,5 \text{ m} \times 2 = 7 \text{ m}$
- Lebar bahu jalan : $1,5 \text{ m} \times 2 = 3 \text{ m}$
- Total : 10 m

Volume keseluruhan : $5000 \times 10 \text{ m} = 50000 \text{ m}^2$

b. Galian Tanah Pelebaran

Satuan pekerjaan (m^3)

Di daerah pelebaran digali untuk di ganti stabilisasi dan pondasi sedalam 30 cm

$$0,3 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 5000 \text{ m} \times 2 = 7500 \text{ m}^3$$

2. Pekerjaan Perkerasan Berbutir

a. CBK di daerah pelebaran

$$0,10 \text{ m} \times 5000 \text{ m} \times 3 \text{ (ka/ki)} = 2500 \text{ m}^3$$

b. CBK di daerah perkerasan lentur

$$0,10 \text{ m} \times 5000 \text{ m} \times 5 \text{ m (ka/ki)} = 2500 \text{ m}^3$$

c. Timbunan area pelebaran (Sirtu)

$$1,5 \text{ m} \times 2 \times 5000 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} = 4500 \text{ m}^3$$

3. Pekerjaan Beton

a. Beton K-285

Satuan pekerjaan (m^3)

- Lebar jalan : 7 m
- Panjang jalan : 5000 m
- Total : 35000 m

$$\text{Volume beton} : 7 \text{ m} \times 0,24 \text{ m} \times 5000 \text{ m} = 8400 \text{ m}^3$$

b. Pekerjaan penulangan

Satuan pekerjaan (kg)

- Dowel : $7,99 \text{ kg} \times 15 \text{ buah} \times 200 \text{ segment} \times 2 = 27769 \text{ kg}$

- T.memanjang : $0,888 \text{ kg} \times 20 \text{ buah} \times 200 \text{ segment} \times 2 = 124320 \text{ kg}$

- T.melintang : $0,888 \text{ kg} \times 43 \text{ buah} \times 200 \text{ segment} \times 2 = 88789 \text{ kg}$

- Tie Bar : $1,04 \text{ kg} \times 21 \text{ buah} \times 200 \text{ segment} \times 2 = 3897 \text{ kg}$

4. Pekerjaan Drainase

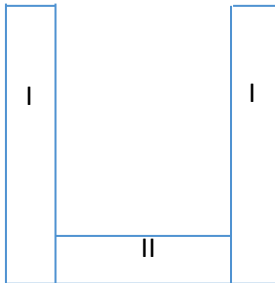
a. Galian tanah untuk drainase

Satuan pekerjaan (m^3)Volume = 4130 m^3

b. Pekerjaan pasangan batu kali drainase

Sebagai berikut :

Perhitungan Volume Batu Kali



Tabel 6.1.
Daftar Kebutuhan Dimensi Saluran Drainase.

Drainase Kanan						
STA.	panjang (m)	tinggi (m)	tebal (m)	lebar (m)	volume I (m3)	volume II (m3)
0+925-0+950	25	0.24	0.20	0.12	2.36	0.61
0+950-1+475	525	0.66	0.20	0.56	137.73	59.01
1+475-2+000	525	0.66	0.20	0.56	137.73	59.01
2+000-2+200	200	0.47	0.20	0.35	37.43	13.88
2+200-2+450	250	0.51	0.20	0.39	50.53	19.39
2+450-3+125	675	0.72	0.20	0.64	193.80	86.03
3+125-3+575	450	0.62	0.20	0.52	111.75	46.83
3+575-4+125	550	0.67	0.20	0.58	146.71	63.28
4+125-4+400	275	0.52	0.20	0.41	57.45	22.37
4+400-4+700	300	0.54	0.20	0.42	64.60	25.49
4+700-5+000	300	0.54	0.20	0.42	64.60	25.49
					1004.70	421.40
Total					1426.10	
Drainase Kiri						
STA.	panjang (m)	tinggi (m)	tebal (m)	lebar (m)	volume I (m3)	volume II (m3)
0+150-0+925	775	0.75	0.2	0.68	233.93	105.84
0+925-1+150	225	0.49	0.2	0.37	43.85	16.56
1+150-1+475	325	0.55	0.2	0.44	71.97	28.74
1+475-2+575	1100	0.86	0.2	0.81	377.41	178.98
2+575-2+675	100	0.37	0.2	0.25	14.81	4.91
2+675-2+975	300	0.54	0.2	0.42	64.60	25.49
2+975-3+125	150	0.42	0.2	0.30	25.46	9.01
3+125-3+925	800	0.76	0.2	0.69	244.27	111.01
3+925-4+050	125	0.40	0.2	0.27	19.95	6.86
4+050-4+250	200	0.47	0.2	0.35	37.43	13.88
4+250-4+400	150	0.42	0.2	0.30	25.46	9.01
4+400-5+000	600	0.69	0.2	0.60	165.12	72.10
					1324.25	582.38
Total					1906.63	

5. Pekerjaan minor dan pengembalian kondisi marka jalan
 - a. Marka tengah : asumsi 1 km = $16,2 \text{ m}^2 \times 5 = 81 \text{ m}^2$
 - b. Marka tepi : $0,12 \text{ m} \times 2 \times 5000 \text{ m} = 1200 \text{ m}^2$
 - c. Total : $81 + 1200 = 1281 \text{ m}^2$

6.2. Harga Satuan Pokok Kegiatan

1. Pekerjaan Tanah

Tabel 6.2.

Harga Satuan Pekerjaan Pembersihan dan Pembongkaran.

Pembersihan dan Pembongkaran (m2)					
No	Uraian	Koefisien	Satuan	Harsat	Total
A	Upah				
	Mandor	0.014	O.H	85,000	1,190
	Pembantu Tukang	0.007	O.H	63,000	441
				total	1,631
B	Bahan				
C	Alat				
	Wheel loader	0.004	jam	323,592	1,133
	Dump truck	0.003	jam	136,880	370
	Bulldozer	0.012	jam	536,257	6,328
	Alat bantu	1.000	Ls		-
				total	7,830
Total (Rp)					9,461
Overhead profit (10%)					946
Total harga satuan pekerjaan (Rp)					10,407

Tabel 6.3.
Harga Satuan Pekerjaan Galian Tanah.

Galian Tanah (m3)					
No	Uraian	Koefisien	Satuan	Harsat	Total
A	Upah				
	Mandor	0.046	O.H	85,000	3,919
	Pembantu Tukang	0.092	O.H	63,000	5,815
				total	9,733
B	Bahan				
C	Alat				
	Dump truck	0.046	jam	136,880	6,310
	Bulldozer	0.033	jam	536,257	17,643
	Alat bantu	1.000	Ls		-
				total	23,953
Total (Rp)					33,686
Overhead profit (10%)					3,369
Total harga satuan pekerjaan (Rp)					37,055

2. Pekerjaan Pondasi

Tabel 6.4.
Harga Satuan Pekerjaan Campuran Beton Kurus.

Campuran Beton Kurus (CBK)					
No	Uraian	Koefisien	Satuan	Harsat	Total
A	Upah				
	Mandor	0.060	O.H	85,000	5,100
	Pembantu	0.903			
	Tukang	0.180	O.H	63,000	56,889
	Tukang			80,000	14,400
				total	76,389
B	Bahan				
	Batu pecah	1.200	m3	204,750	245,700
	Pasir cor	0.485	m3	169,250	82,086
	Semen	202.000	kg	1,175	237,350
				total	565,136
C	Alat				
	Whell loader	0.482	jam	323,592	155,939
	Dump truck	0.054	jam	136,880	7,419
	Bulldozer	0.482	jam	536,257	258,422
	Alat bantu	1.000	Ls		-
				total	421,780
Total (Rp)					1,063,306
Overhead profit (10%)					106,331
Total harga satuan pekerjaan (Rp)					1,169,636

Tabel 6.5.
Harga Satuan Pekerjaan Timbunan Tanah Bahu Jalan.

Timbunan Tanah Bahu Jalan					
No	Uraian	Koefisien	Satuan	Harsat	Total
A	Upah				
	Mandor	0.220	O.H	85,000	18,700
	Pembantu Tukang	0.013	O.H	63,000	819
				total	19,519
B	Bahan				
	Sirtu	1.200	m3	181,000	217,200
				total	217,200
C	Alat				
	Dump truck	0.013	jam	136,880	1,779
	Wheel loader	0.166	jam	323,592	53,555
	Motor grider	0.009	jam	463,412	4,263
	Pneumatic tire roller	0.012	jam	295,981	3,404
	Vibrator roller	0.008	jam	332,921	2,663
	Water tanker	0.038	jam	143,998	5,515
	Alat bantu	1.000	Ls		-
				total	71,180
Total (Rp)					307,899
Overhead profit (10%)					30,790
Total harga satuan pekerjaan (Rp)					338,689

3. Pekerjaan Beton

Tabel 6.6.
Harga Satuan Pekerjaan Beton.

Pekerjaan Beton					
No	Uraian	Koefisien	Satuan	Harsat	Total
A	Upah				
	Mandor	0.481	O.H	85,000	40,885
	Pembantu	7.228	O.H	63,000	455,364
	Tukang	1.445	O.H	80,000	115,600
				total	611,849
B	Bahan				
	Batu pecah	1.020	m3	155,000	158,100
	Pasir cor	0.481	m3	150,000	72,150
	Semen	420.000	kg	1,175	493,500
				total	723,750
C	Alat				
	Concrete mixer	0.482	jam	64,543	31,104
	Water tanker	0.054	jam	143,998	7,805
	Concrete vibrator	0.482	jam	41,616	20,055
	Alat bantu	1.000	Ls		-
				total	58,963
Total (Rp)					1,394,562
Overhead profit (10%)					139,456
Total harga satuan pekerjaan (Rp)					1,534,018

Tabel 6.7.
Harga Satuan Pekerjaan Tulangan Polos dan Ulir.

Pekerjaan Tulangan Polos					
No	Uraian	Koefisien	Satuan	Harsat	Total
A	Upah				
	Mandor	0.035	O.H	85,000	2,975
	Pembantu	0.105	O.H	63,000	6,615
	Tukang	0.035	O.H	80,000	2,800
				total	12,390
B	Bahan				
	Besi beton polos	1.100	kg	10,500	11,550
	Kawat beton	0.010	kg	23,000	230
				total	11,780
Total (Rp)					24,170
Overhead profit (10%)					2,417
Total harga satuan pekerjaan (Rp)					26,587

Pekerjaan Tulangan Ulir					
No	Uraian	Koefisien	Satuan	Harsat	Total
A	Upah				
	Mandor	0.035	O.H	85,000	2,975
	Pembantu	0.105	O.H	63,000	6,615
	Tukang	0.035	O.H	80,000	2,800
				total	12,390
B	Bahan				
	Besi beton ulir	1.100	m3	11,000	12,100
	Kawat beton	0.010	kg	23,000	230
				total	12,330

Total (Rp)	24,720
Overhead profit (10%)	2,472
Total harga satuan pekerjaan (Rp)	27,192

4. Pekerjaan Drainase

Tabel 6.8.

Harga Satuan Pekerjaan Pasangan Batu Kali.

Pekerjaan pasangan batu kali					
No	Uraian	Koefisien	Satuan	Harsat	Total
A	Upah				
	Mandor	0.480	O.H	85,000	40,800
	Pembantu	7.228	O.H	63,000	455,364
	Tukang	1.445	O.H	80,000	115,600
				total	611,764
B	Bahan				
	Batu pecah	1.021	m3	155,000	158,255
	Pasir cor	0.481	m3	150,000	72,150
	Semen	367.500	kg	1,175	431,813
				total	662,218
C	Alat				
	Alat bantu	1.000	Ls		-
				total	-
Total (Rp)					1,273,982
Overhead profit (10%)					127,398
Total harga satuan pekerjaan (Rp)					1,401,380

Tabel 6.9.
Harga Satuan Pekerjaan Galian Tanah.

Galian Tanah (m3)					
No	Uraian	Koefisien	Satuan	Harsat	Total
A	Upah				
	Mandor	0.046	O.H	85,000	3,919
	Pembantu Tukang	0.092	O.H	63,000	5,815
				total	9,733
B	Bahan				
C	Alat				
	Dump truck	0.046	jam	136,880	6,310
	Bulldozer	0.033	jam	536,257	17,643
	Alat bantu	1.000	Ls		-
				total	23,953
Total (Rp)					33,686
Overhead profit (10%)					3,369
Total harga satuan pekerjaan (Rp)					37,055

5. Pekerjaan Marka Jalan

Tabel 6.10.
Harga Satuan Pekerjaan Marka Jalan.

Pekerjaan Marka Jalan					
No	Uraian	Koefisien	Satuan	Harsat	Total
A	Upah				
	Mandor	0.600	O.H	85,000	51,000
	Pembantu	0.300	O.H	63,000	18,900
	Tukang	0.100	O.H	80,000	8,000
				total	77,900
B	Bahan				
	Thermoplastic	2.678	kg	44,400	118,881
	Glass bead	0.473	kg	39,000	18,428
				total	137,309
C	Alat				
	Peralatan marka	0.482	jam	134,937	65,026
	Alat bantu	1.000	Ls		-
				total	65,026
Total (Rp)					280,235
Overhead profit (10%)					28,023
Total harga satuan pekerjaan (Rp)					308,258

6.3. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

Tabel 6.11.
Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya.

No	Jenis Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
1	Pekerjaan Tanah Pembersihan & pembongkran	50,000	m2	10,407	520,354,003
	Galian Tanah	7,500	m3	37,055	277,913,069
2	Pekerjaan Pondasi Campuran beton kurus (CBK)	5,000	m3	1,169,636	5,848,180,483
	Timbunan tanah bahu jalan	4,500	m3	338,689	1,524,098,311
3	Pekerjaan Beton Pekerjaan Beton	8,400	m3	1,534,018	12,885,754,002
	Pekerjaan tulangan polos	240,879	kg	26,587	6,404,239,046
	Pekerjaan tulangan ulir	3,897	kg	27,192	105,967,224
4	Pekerjaan Drainase Galian Tanah	7,497	m3	1,401,380	10,506,143,236
	Pekerjaan pemasangan batu kali	3,333	m3	37,055	123,504,568
5	Pekerjaan Marka Jalan Pekerjaan Marka Jalan	1,281	m2	308,258	394,878,632
Sub Total					38,591,032,574

“Halaman ini Sengaja di Kosongkan”

BAB VII PENUTUP

7.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan perencanaan ulang dengan menggunakan perkerasan kaku ruas maros – bone sta. 115+600 – sta. 120+600 kabupaten bone, provinsi sulawesi selatan dengan panjang jalan 5000 m dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan analisa kapasitas jalan pada kondisi eksisting 2/2 UD dengan lebar jalan 5 m pada tahun 2013 tidak perlu dilebarkan. Namun, berdasarkan perhitungan pelebaran dibutuhkan lebar 7 m agar jalan ini dapat digunakan dengan baik sampai akhir umur rencana pada tahun 2039
2. Peningkatan jalan menggunakan perkerasan kaku dengan menggunakan beton K-285 dengan tebal pelat beton 24 cm dengan pondasi bawah berupa CBK 10 cm, tulangan memanjang menggunakan diameter 12 mm jarak 22,5 cm dan tulangan melintang menggunakan diameter 12 mm jarak 35 cm.
3. Perencanaan saluran tepi drainase menggunakan bentuk persegi dengan bahan pasangan batu kali.
4. Metode statemen jalan dilapangan dilaksanakan dengan sistem separuh jalan sehingga sisa jalan sebelahnya dipakai untuk lalu lintas, setelah separuh pengecoran beton selesai dan dapat digunakan untuk menahan beban kendaraan maka proses pembuatan jalan dapat dilanjutkan pada bagian sebelahnya sehingga semuanya bisa selesai dengan baik.
5. Rencana anggaran biaya untuk perencanaan ulang dengan menggunakan perkerasan kaku ruas maros – bone sta. 115+600 – sta.120+600 adalah sebesar **Rp. 38,591,030,000** (Terbilang Tiga Puluh Delapan Milyar Lima Ratus Sembilan Puluh Satu juta Tiga Puluh Ribu Rupiah).

7.2. Saran

Dari hasil uraian di atas, ada beberapa yang perlu diperhatikan yaitu :

1. Agar didapatkan nilai pertumbuhan lalu lintas yang lebih akurat, diperlukan data-data volume lalu lintas di daerah ruas jalan Maros – Bone minimal 3 tahun sebelum jalan dibangun.
2. Hendaknya perlu menggunakan harga satuan pekerjaan yang paling baru untuk mendapatkan taksiran harga yang lebih efektif dan sesuai dengan kondisi terkini.
3. Untuk pengecekan nilai Derajat Kejenuhan (DS) dapat menggunakan aplikasi KAJI terbaru untuk kontrol.
4. Dalam memilih *selected material* dan metode untuk stabilisasi tanah diperlukan penelitian yang lebih lanjut, sehingga dalam tugas akhir ini tidak dijelaskan tentang stabilisasi tanah.

DAFTAR PUSTAKA

Departemen Pekerjaan Umum, 1994, Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan (SNI 03-3424-1994), Direktorat Jenderal Bina Marga Indonesia.

Departemen Pekerjaan Umum, 1997, Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), Direktorat Jenderal Bina Marga Indonesia.

Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2003, Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T-14-2003. Departemen Kimpraswil

Hamang, Abdul, 2005, Metode Statistika. Graha Ilmu: Yogyakarta

Sukirman, Silvia, 1999, Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan, Nova: Bandung.

Saodang, Hamirhan, 2005, Konstruksi Jalan Raya II, Nova: Bandung.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006.

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Ujung pandang, 12 Maret 1993, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Hardiyanti Makassar, SD Inpres Kantisang Makassar, SMP Negeri 12 Makassar dan STM Negeri 01 Makassar. Setelah lulus dari STM Negeri 01 Makassar tahun 2011, Penulis melanjutkan studi di Diploma 3 Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Ujung Pandang pada tahun 2011.

Lulus pada tahun 2014, kemudian penulis melanjutkan studi di Diploma 4 Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Di jurusan Diploma 4 Teknik Sipil ITS, penulis terdaftar dengan Nrp. 3114040608. Penulis dapat dihubungi dengan melalui email : isfanry12@gmail.com