

TUGAS AKHIR

**EVALUASI PERANCANGAN SIMPANG SUSUN MAJAPAHIT
PADA JALAN TOL SEMARANG SEKSI C
SEMARANG**



Disusun Oleh :

ALVIN REGINAL
93 310 351
930051013114120345

TITO SATRIA
93 310 113
930051013114120110

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1998**

TUGAS AKHIR
EVALUASI PERANCANGAN SIMPANG SUSUN MAJAPAHIT
PADA JALAN TOL SEMARANG SEKSI C
SEMARANG

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh
derajat Sarjana Teknik Sipil

Oleh :

ALVIN REGINAL
93 310 351
930051013114120345

TITO SATRIA
93 310 113
930051013114120110

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERANCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1998

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**EVALUASI PERANCANGAN SIMPANG SUSUN MAJAPAHIT
PADA JALAN TOL SEMARANG SEKSI C
SEMARANG**

Disusun oleh :


ALVIN REGINAL
93 310 351
930051013114120345


TITO SATRIA
93 310 113
930051013114120110

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

IR. SUKARNO, SU
Dosen Pembimbing I

IR. ENDANG TANTRAWATI, MT
Dosen Pembimbing II


Tanggal : 4-1-99


Tanggal : 1-1-1999

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim,

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberi rahmat serta hidayah-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini. Adapun Tugas Akhir ini dilaksanakan sebagai syarat untuk memenuhi jenjang strata satu pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Permasalahan yang kami angkat dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah Evaluasi Perancangan Simping Susun Majapahit Pada Jalan Tol Semarang Seksi C. Dengan segala keterbatasan yang ada, kami berusaha menerapkan apa yang telah kami dapatkan untuk menyelesaikan masalah yang kami hadapi.

Selama melaksanakan Tugas Akhir ini, tentunya kami tidak lepas dari rintangan dan hambatan. Namun demikian berkat bantuan dan dorongan dari berbagai pihak akhirnya kami dapat mengatasi rintangan dan hambatan tersebut. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Widodo, MSc, Phd, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Bapak Ir. Tadjuddin BMA, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

3. Bapak Ir. Sukarno, SU, selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
4. Ibu Ir. Endang Tantrawati, MT, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
5. Semua pihak yang dengan tulus dan ikhlas telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Semoga Allah SWT membalas semua amalnya. Kami berharap penulisan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Amin.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, Desember 1998

Penyusun

DAFTAR ISI

JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR GRAFIK	xviii
INTISARI	xx
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	3
1.3 Sistematika Pembahasan	3
BAB II STUDI KELAYAKAN	
2.1 Evaluasi Ekonomi	5
2.1.1 Biaya Ekonomi	5
2.1.2 Keuntungan	6
2.1.3 Biaya Operasi Kendaraan (BOK)	7
2.1.4 Model Perhitungan BOK Dengan Metode PCI	8

2.2 Batas-batas Pemakaian BOK	8
2.2.1 Pemakaian Bahan Bakar	8
2.2.2 Pemakaian Bahan Pelumas	9
2.2.3 Perawatan Kendaraan	9
2.2.4 Pemakaian Ban Kendaraan	10
2.2.5 Penyusutan Harga Kendaraan	10
2.2.6 Bunga Modal	11
2.2.7 Asuransi	11
2.2.8 Overhead	12
2.3 Perhitungan Komponen BOK	12
2.4 Perhitungan BOK Model PCI	14
2.5 Nilai Waktu	19
2.6 Perhitungan Besar Keuntungan BOK	22
2.7 Evaluasi	24
2.8 Pembahasan	27
BAB III ANALISIS LALU LINTAS	
3.1 Umum	28
3.2 Survei Lalu Lintas	28
3.2.1 Survei Volume Lalu Lintas	29
3.2.2 Survei Asal Tujuan	32

3.2.3 Survei Waktu Perjalanan	34
3.3 Karakteristik Lalu Lintas	36
3.3.1 Volume Lalu Lintas	36
3.3.2 Asal Tujuan Perjalanan	36
3.3.3 Kecepatan Perjalanan	37
3.4 Prakiraan Lalu Lintas	38
3.5 Prakiraan Volume Lalu Lintas di Simpang Susun Majapahit	39
3.6 Pembahasan	40
 BAB IV BENTUK SIMPANG SUSUN	
4.1 Umum	41
4.2 Fungsi Simpang Susun	41
4.3 Bagian-bagian Simpang Susun	42
4.4 Jenis Simpang Susun	44
4.5 Prosedur Perancangan	46
4.6 Pembahasan	47
 BAB V PERANCANGAN GEOMETRIK	
5.1 Standar Perancangan	49
5.1.1 Kecepatan Rencana	49
5.1.2 Kendaraan Rencana	50
5.1.3 Jarak Pandangan	50

5.1.4	Penampang Melintang	51
5.1.5	Alinyemen Horizontal	56
5.1.6	Alinyemen Vertikal	60
5.2	Perhitungan Geometrik	65
5.2.1	Perancangan Jalan Penghubung	66
5.2.2	Perhitungan Alinyemen Horizontal	71
5.2.3	Perhitungan Alinyemen Vertikal	89
5.3	Kapasitas Jalan Dan Perancangan Jumlah Lajur	97
5.3.1	Kapasitas Jalan	97
5.3.2	Penentuan Jumlah Lajur	99
5.4	Pembahasan	102
 BAB VI PERANCANGAN PERKERASAN		
6.1	Umum	106
6.2	Jenis Perkerasan	106
6.3	Metoda Perancangan	108
6.3.1	Persentase Kendaraan Pada Lajur Rencana (C).....	108
6.3.2	Angka Ekuivalen (E).....	109
6.3.3	Lalu Lintas	110
6.3.4	Modulus Reaksi Tanah Dasar (k)	111
6.3.5	Indeks Permukaan (IP).....	111

6.3.6	Deviasi atau Simpangan (Z_R)	112
6.3.7	Gabungan Kesalahan Prediksi Lalu Lintas dan Tanah Dasar ..	113
6.3.8	Koefisien Drainasi (C_d).....	113
6.3.9	Modulus of Nepture Beton (Sc').....	114
6.3.10	Koefisien Transfer Beban (J).....	114
6.3.11	Modulus Elastisitas Beton (E_c).....	114
6.4	Perhitungan Tebal Perkerasan	115
6.5	Penulangan Slab Beton	119
6.6	Tebal Lapis Pondasi	120
6.7	Bahan dan Pelaksanaan Pekerjaan	120
6.7.1	Tanah Dasar	120
6.7.2	Lapisan Pondasi	123
6.7.3	Slab Beton	125
6.7.4	Baja Tulangan	129
6.7.5	Material Pengisi Sambungan	129
6.8	Pembahasan	130
 BAB VII PERANCANGAN DRAINASI		
7.1	Umum	132
7.1.1	Maksud dan Tujuan	132
7.1.2	Lingkup Perancangan	133

7.2 Metoda Perhitungan	133
7.2.1 Koefisien Pengaliran (C)	134
7.2.2 Intensitas Hujan (Ic)	135
7.3 Kriteria Perancangan	138
7.4 Analisis Hidrologi	143
7.5 Perhitungan Dimensi Saluran	154
7.5.1 Saluran Samping Pada Simpang Susun	154
7.5.2 Drainasi Bawah Tanah	156
7.6 Pembahasan	157
BAB VIII RAMBU DAN MARKA JALAN	
8.1 Pendahuluan	159
8.2 Rambu-rambu Lalu Lintas	159
8.2.1 Rambu Larangan	160
8.2.2 Rambu Peringatan	160
8.2.3 Rambu Penerangan atau Informasi	161
8.3 Marka Lalu Lintas	161
8.3.1 Marka Jalan	162
8.3.2 Benda Marka	164
8.4 Pembahasan	166

BAB IX RENCANA ANGGARAN BIAYA	
9.1	Pendahuluan 168
9.2	Uraian Jenis Pekerjaan 169
9.2.1	Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS) 169
9.2.2	Pekerjaan Tanah 170
9.2.3	Pekerjaan Drainasi 170
9.2.4	Pekerjaan Konstruksi Jalan 170
9.2.5	Pekerjaan Pelengkap 171
9.3	Volume Pekerjaan 171
9.4	Harga Satuan 173
9.4.1	Harga Satuan Upah Pekerjaan 173
9.4.2	Harga Satuan Bahan 174
9.4.3	Harga Satuan Penggunaan Peralatan 175
9.4.4	Keuntungan dan Biaya Tak Terduga 176
9.5	Perhitungan 177
9.6	Pembahasan 179
BAB X KESIMPULAN DAN SARAN	
10.1	Kesimpulan 180
10.2	Saran 183
DAFTAR PUSTAKA 185	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	: Nilai moneter Biaya Operasi Kendaraan dengan metode PCI	13
Tabel 2.2	: Harga Kendaraan Baru (Per Januari 1998)	13
Tabel 2.3	: Harga Ban Kendaraan Baru (Per Januari 1998)	13
Tabel 2.4	: Harga Kebutuhan Tenaga Kerja Kendaraan (Per Januari 1998)	14
Tabel 2.5	: Harga Kebutuhan Bahan Bakar dan Minyak Pelumas (Per Januari 1998).....	14
Tabel 2.6	: Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan pada Jalan Tol (per km) ...	18
Tabel 2.7	: Perhitungan BOK pada Jalan non Tol (per km).....	19
Tabel 2.8	: Perhitungan Nilai Waktu (<i>Time value</i>)	22
Tabel 2.9	: Perhitungan Besar Keuntungan BOK (BK BOK).....	23
Tabel 3.1	: Prosentase pembagian arah	36
Tabel 3.2	: Jumlah sampel survei asal tujuan	37
Tabel 3.3	: Prakiraan volume lalu lintas ruas jalan tol Semarang Seksi C	38
Tabel 5.1	: Tabel Jarak Pandangan Henti Minimum	50
Tabel 5.2	: Superelevasi (Bina Marga 1990)	53
Tabel 5.3	: Kelandaian Relatif Maksimum	55
Tabel 5.4	: Jari-jari Minimum (Bina Marga).....	56
Tabel 5.5	: Jari-jari Minimum tanpa Lengkung Peralihan	58
Tabel 5.6	: Jari-jari Minimum tanpa Superelevasi	59

Tabel 5.7 : Perlebaran Perkerasan pada Tikungan	60
Tabel 5.8 : Panjang Landai Kritis	61
Tabel 5.9 : Kapasitas Dasar (Co) untuk jalan Luar Kota (MKJI 1997)	97
Tabel 5.10 : Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Lebar Jalur Lalu lintas (FCw)..	98
Tabel 5.11 : Nilai Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisahan Arah (FCsp)..	98
Tabel 5.12 : Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping (FCsf)...	99
Tabel 6.1 : Tabel Penentuan Distribusi Kendaraan.....	109
Tabel 6.2 : Hubungan Tingkat Keyakinan (R) dan Simpangan (Z_R).....	112
Tabel 6.3 : Nilai R.....	113
Tabel 6.4 : Kondisi Drainasi.....	113
Tabel 6.5 : Nilai Cd	114
Tabel 6.6 : Persyaratan Gradasi untuk Pondasi (AASHTO M 147)	123
Tabel 7.1 : Harga Koefisien Pengaliran (C)	134
Tabel 7.2 : Harga Koefisien Perlambatan Permukaan	136
Tabel 7.3 : Kecepatan Saluran Ijin Saluran Lahan Terbuka	139
Tabel 7.4 : Data Intensitas Curah Hujan Stasiun Semarang (mm/jam)	140
Tabel 7.5 : Reduced Mean (Y_n)	141
Tabel 7.6 : Reduced Standart Deviation (S_n)	142
Tabel 7.7 : Hasil perhitungan intensitas hujan (mm/jam)	145
Tabel 7.8 : Periode Ulang (TR) 5 Tahun	150
Tabel 7.9 : Periode Ulang (TR) 10 Tahun	150

Tabel 7.10 : Periode Ulang (TR) 25 Tahun	151
Tabel 7.11 : Periode Ulang (TR) 50 Tahun	151
Tabel 7.12 : Perhitungan Intensitas Hujan Hasil Analisis (mm/jam)	154
Tabel 9.1 : Volume Unit Pekerjaan	172
Tabel 9.2 : Daftar upah pekerja berdasarkan tahun 1983	173
Tabel 9.3 : Daftar harga satuan bahan/material berdasarkan tahun 1983	174
Tabel 9.4 : Daftar harga satuan penggunaan peralatan	176
Tabel 9.5 : Perhitungan Biaya Simpan Susun Majapahit	177

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	: Lokasi Survei <i>Traffic Counting</i>	31
Gambar 3.2	: Lokasi Survei <i>Origin Dastination</i>	33
Gambar 3.3	: Lokasi Survei <i>Travel Time</i>	35
Gambar 3.4	: Prakiraan Lalu lintas Simpangan Susun Majapahit	39
Gambar 4.1	: Hubungan Langsung (<i>Direct</i>)	43
Gambar 4.2	: Hubungan Setengah Langsung (<i>Semi direct</i>)	43
Gambar 4.3	: Hubungan Langsung (<i>Indirect</i>)	43
Gambar 4.4	: Trumpet	45
Gambar 4.5	: Directional	45
Gambar 4.6	: Bundaran	46
Gambar 5.1	: Pengambilan Pencapaian Superelevasi Maksimum	55
Gambar 5.2	: Lengkung Vertikal Cembung dan Cekung	62
Gambar 5.3	: Profil <i>Ramp</i>	65
Gambar 5.4	: Lay out Simpang Susun Majapahit	68
Gambar 5.5	: Lengkung Horisontal Akses	71
Gambar 5.6	: Lengkung Horisontal Ramp A	76
Gambar 5.7	: Lengkung Horisontal Ramp B	82
Gambar 5.8	: Lengkung Horisontal Ramp C	86
Gambar 5.9	: Lengkung Horisontal Ramp D	87

Gambar 5.10	: Tipikal Penampang Melintang	96
Gambar 6.1	: Bagian-bagian Perkerasan Kaku	108
Gambar 7.1	: Potongan Saluran samping pada Ramp	154
Gambar 8.1	: Rambu Larangan	160
Gambar 8.2	: Rambu Peringatan	161
Gambar 8.3	: Rambu Penerangan dan Informasi	161
Gambar 8.4	: Garis Tengah	162
Gambar 8.5	: Tanda Panah	163
Gambar 8.6	: Penghalang	165
Gambar 8.7	: Kerucut Penghalang	165

DAFTAR GRAFIK

Grafik 5.1	: Panjang Lengkung vertikal cembung	63
Grafik 5.2	: Panjang Lengkung vertikal cekung	64
Grafik 7.1	: Lengkung Intensitas Hujan (Stasiun Hujan Semarang)	152
Grafik 7.2	: Lengkung Intensitas Hujan (Hasil Analisis)	153

INTISARI

Penulisan tugas akhir ini adalah untuk mempelajari tentang perancangan simpang susun dan mengevaluasi perancangan simpang susun yang telah ada. Data hasil rancangan konsultan dianalisis kebenarannya sesuai persyaratan dan dilakukan rancangan ulang dengan bentuk lain untuk membandingkan hasilnya dengan perancangan yang sudah ada. Evaluasi yang dilakukan meliputi studi kelayakan, analisis lalu lintas, tipe simpang susun, geometrik, perkerasan, drainasi, rambu dan marka jalan serta anggaran biaya.

Pada analisis terhadap studi kelayakan dengan menggunakan kriteria-kriteria investasi seperti NPV, B/C Ratio dan IRR. Hasil analisis menunjukkan hasil seperti yang diisyaratkan oleh ketiga kriteria tersebut, dimana keuntungan yang diperoleh lebih besar dari biaya yang digunakan. Analisis lalu lintas dilakukan dengan melihat hasil dari survei lalu lintas yang dilakukan oleh konsultan. Dari hasil analisis pelaksanaan survei yang dilakukan konsultan hanya dilakukan pada waktu tertentu saja dalam beberapa hari. Hal ini sebenarnya belum memenuhi standar survei yang telah ditentukan. Pada pemilihan tipe simpang susun yang digunakan penulis setuju dengan hasil rancangan konsultan yaitu tipe trumpet. Pada perancangan geometrik simpang susun membandingkan panjang lengkung dan jenis tikungan yang dipakai oleh konsultan. Perancangan perkerasan dengan menggunakan perkerasan kaku sebagai bahan perbandingan terhadap hasil rancangan konsultan yang menggunakan perkerasan lentur. Perancangan drainasi dengan memperkecil dimensi saluran hasil rancangan konsultan tetapi masih sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan. Rancangan anggaran biaya dihitung dari konstruksi hasil evaluasi yaitu sebesar : Rp. 11.622.517.000,-.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kodya Semarang dengan luas lebih kurang 373 kilo meter persegi dengan penduduk lebih dari 1,2 juta pada tahun 1992, merupakan ibu kota Propinsi Jawa Tengah, sekaligus kota terbesar ke lima di Indonesia setelah DKI Jakarta, Surabaya, Medan dan Bandung. Kodya Semarang terletak di pantai utara pulau Jawa merupakan kota pelabuhan terbesar di Jawa Tengah yang melayani Propinsi Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta.

Peran Kotamadya Semarang sebagai kota pelabuhan dan pusat pemerintahan daerah propinsi Jawa Tengah, berkembang pula sebagai pusat industri, pusat perdagangan dan pemukiman. Sebagai kota terbesar di propinsi Jawa Tengah, kebutuhan akan jaringan jalan yang efisien dan memadai amat mendesak sejalan dengan kebutuhan jaringan jalan daerah-daerah urban di seluruh Indonesia. Pertumbuhan penduduk yang cepat dan perkembangan daerah urban Kodya Semarang dan sekitarnya menuntut penanganan segera pembenahan jaringan jalan sesuai kebutuhan masyarakat pengguna jasa transportasi darat, khususnya melalui jalan raya.

Pembangunan jalan tol Semarang adalah salah satu upaya perbaikan sistem jaringan jalan di Kodya Semarang dan sekitarnya. Saat ini telah selesai dibangun dan

beroperasi jalan tol Semarang Seksi A dan B yang berlokasi di bagian Barat dan selatan kota. Jalan tol Semarang Seksi A dan B melayani arus lalu lintas jarak jauh dari arah Barat kota dengan tujuan Jawa Tengah bagian Selatan dan Daerah Istimewa Yogyakarta dan sebaliknya. Sedangkan dari daerah Barat dan Selatan kota Semarang dengan tujuan Timur arah Surabaya masih dilayani dengan jalan arteri yang ada melalui jaringan jalan dalam kota yang berbaur antara lalu lintas jarak jauh dan lalu lintas lokal (*comuter*). Hal demikian sudah barang tentu akan sangat merugikan arus lalu lintas jarak jauh.

Jalan tol Semarang Seksi C sebagai lanjutan jalan tol Semarang Seksi A dan B, berperan dalam melayani arus lalu lintas dari Barat dan Selatan dengan tujuan Surabaya dan sebaliknya tanpa harus melalui jaringan jalan dalam kota.

Apabila jalan tol Semarang Seksi A, B dan C telah beroperasi, diharapkan akan memperlancar arus lalu lintas dari arah Jakarta dengan tujuan Jawa Tengah bagian Selatan dan Daerah Istimewa Yogyakarta serta arah Surabaya, dan sebaiknya. Untuk penduduk dalam kota Semarang sendiri dengan tujuan dalam dan luar kota dapat pula memilih jalan tol sebagai jalan alternatif, untuk menghindari kemacetan lalu lintas pada jaringan jaringan jalan non tol di dalam kota.

Dengan kondisi demikian PT. Jasa Marga sebagai Badan Usaha Milik Negara yang disertai tugas mengelola jalan tol bermaksud mengkaji kembali desain jalan tol Semarang Seksi C yang telah dibuat pada tahun 1980 disesuaikan dengan standar dan kebutuhan saat ini. Untuk maksud tersebut PT. Jasa Marga (Persero) telah menunjuk

PT. Bina Karya (Persero) melalui pelelangan terbatas untuk melaksanakan pekerjaan pengkajian ulang rencana teknik jalan tol Semarang Seksi C tersebut.

1.2 Tujuan

Tujuan penulisan ini adalah :

1. Mempelajari tentang perancangan simpang susun.
2. Mengevaluasi perancangan simpang susun yang sudah ada.

Evaluasi ditekankan pada perancangan akhir rekayasanya dan bukan pada prosedurnya. Data yang digunakan mengevaluasi adalah data sekunder yang didapat dari PT. Jasa Marga (pengelola jalan tol di Indonesia).

1.3 Sistematika Pembahasan

Pada penulisan Tugas Akhir ini mengambil judul :

“EVALUASI PERANCANGAN SIMPANG SUSUN MAJAPAHIT PADA
JALAN TOL SEMARANG SEKSI C”

Sistematika penulisan sebagai berikut :

- BAB I : Pendahuluan
- BAB II : Studi Kelayakan
- BAB III : Analisis Lalu Lintas
- BAB IV : Bentuk Simpang Susun
- BAB V : Perancangan Geometrik
- BAB VI : Perancangan Perkerasan
- BAB VII : Perancangan Drainasi

BAB VIII : Rambu dan Marka Jalan

BAB IX : Anggaran Biaya

BAB X : Kesimpulan dan Saran

BAB II

STUDI KELAYAKAN

2.1 Evaluasi Ekonomi

Evaluasi ekonomi suatu proyek menunjukkan biaya ekonomi proyek dan keuntungan-keuntungan dari proyek tersebut, kemudian dengan membandingkan biaya ekonomi dan keuntungan tersebut ditentukan layak atau tidaknya proyek tersebut dari segi ekonomi.

Dalam perbandingan biaya ekonomi dan keuntungan tersebut, untuk proyek jalan tol Semarang Seksi C, digunakan tiga metode yaitu :

1. Net Present Value (NPV)
2. Benefit Cost Ratio (B/C RATIO)
3. Internal Rate of Return (IRR)

2.1.1 Biaya Ekonomi (*Economic Cost*)

Biaya ekonomi didefinisikan sebagai semua biaya-biaya proyek tanpa pajak, bea dan subsidi. Biaya ekonomi ini didasarkan pada studi perkiraan biaya yang sudah dilakukan sebelumnya. Kemudian disesuaikan dengan jadwal pelaksanaan proyek, biaya ekonomi ini dibagi dalam beberapa tahap pengeluaran biaya (tahunan) sehingga diperoleh biaya tahunan.

Untuk evaluasi ekonomi, data-data biaya tahunan ini harus dikonversikan kedalam nilai/harga pada tahun dasar dengan menggunakan cara *single payment-*

present worth factor sehingga diperoleh hasil yang disebut *present value*. Cara *single payment-present worth factor* tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$P = F (1 + i)^{-n} \quad (2.1)$$

Dengan :

P = present value / nilai pada tahun dasar

F = future value / nilai pada tahun ke-n

i = interest rate / tingkat bunga

2.1.2 Keuntungan (*Benefit*)

Keuntungan adalah keuntungan yang diperoleh dengan beroperasinya suatu proyek. Dalam proyek-proyek jalan raya keuntungan-keuntungan yang termasuk penting adalah :

1. pengurangan biaya operasi kendaraan
2. penghematan waktu perjalanan
3. berkurangnya kecelakaan dan kerusakan kendaraan
4. rangsangan terhadap perkembangan ekonomi daerah sekitarnya

Tidak semua keuntungan tersebut diatas dihasilkan dari suatu proyek jalan raya, umumnya ada perbedaan antara proyek satu dengan lainnya. Juga tidak semua keuntungan tersebut dapat dinilai, keuntungan yang satu bisa lebih mudah dinilai dengan uang dari keuntungan yang lain.

Berdasarkan data yang dapat digunakan, maka untuk proyek jalan tol Semarang Seksi C, pengurangan biaya operasi kendaraan dan penghematan waktu adalah keuntungan yang terpenting dan dapat dinilai dengan uang.

2.1.3 Biaya Operasi Kendaraan

Biaya Operasi Kendaraan (BOK) terdiri dari *running cost* dan *standing cost*. Pengertian *Running Cost* adalah total biaya-biaya operasi kendaraan yang dipengaruhi oleh jarak perjalanan dan waktu, sedangkan *Standing Cost* adalah biaya-biaya karena memiliki kendaraan. Elemen-elemen dari BOK adalah :

- a. *Running Cost*, meliputi biaya-biaya :
 1. Konsumsi bahan bakar
 2. Konsumsi oli mesin
 3. Pemakaian ban
 4. Pemeliharaan (suku cadang dan upah kerja)
 5. Pengemudi (untuk kendaraan komersil)
 6. Depresiasi kendaraan
- b. *Standing Cost*, meliputi biaya-biaya :
 1. Bunga modal
 2. Asuransi
 3. *Overhead*

Biaya operasi kendaraan diperhitungkan berdasarkan data experimental dari kendaraan yang melakukan perjalanan pada jalan dengan perkerasan baik dan jalan

masuk terkontrol dibandingkan pada jalan arteri biasa untuk kecepatan-kecepatan yang bervariasi.

Untuk menghitung BOK (Biaya Operasi Kendaraan), dipilih tiga jenis kendaraan yang dianggap mewakili kendaraan yang akan melalui jalan tol Semarang Seksi C yaitu :

1. Golongan I (sedan)
2. Golongan IIA (Bis)
3. Golongan IIB (Truk)

2.1.4 Model Perhitungan BOK dengan Metode PCI

PCI atau Pasific Consultant International bekerja sama dengan PT. Jasa Marga pada tahun 1979 telah melakukan studi kelayakan pada ruas Jakarta Intra Urban yang akan dijadikan jalan tol antar kota Jakarta. Hasil studi ini menghasilkan rumus-rumus empiris untuk menghitung biaya operasi kendaraan secara sederhana. Model ini menyertakan satu variabel bebas yaitu kecepatan dalam perhitungannya, namun mempunyai tinjauan elemen yang cukup lengkap menyangkut bunga modal, asuransi dan overhead. PCI tidak menyertakan pengaruh kondisi perkerasan sehingga diperlukan model lain dalam tinjauannya.

2.2 Batas-batas Pemakaian BOK

2.2.1 Pemakaian Bahan Bakar (*Fuel Consumption = FL*)

Rumus yang dipergunakan untuk menghitung konsumsi bahan bakar adalah :

Jalan Tol

$$1. \text{ Golongan I} : 0.04376 S^2 - 4.94078 S + 207.0484 \quad (2.2)$$

$$2. \text{ Golongan IIA} : 0.14461 S^2 - 16.10285 S + 636.50343 \quad (2.3)$$

$$3. \text{ Golongan IIB} : 0.13485 S^2 - 15.12463 S + 592.60931 \quad (2.4)$$

Jalan Non Tol

$$1. \text{ Golongan I} : 0.05693 S^2 - 6.42593 S + 269.18567 \quad (2.6)$$

$$2. \text{ Golongan IIA} : 0.21692 S^2 - 24.15490 S + 954.78624 \quad (2.7)$$

$$3. \text{ Golongan IIB} : 0.21557 S^2 - 24.17699 S + 947.80862 \quad (2.8)$$

Dengan S adalah kecepatan atau speeds.

2.2.2 Pemakaian Bahan Pelumas

Jalan Tol

$$1. \text{ Golongan I} : 0.00029 S^2 - 0.03134 S + 1.69613 \quad (2.9)$$

$$2. \text{ Golongan IIA} : 0.00131 S^2 - 0.15257 S + 8.30869 \quad (2.10)$$

$$3. \text{ Golongan IIB} : 0.00118 S^2 - 0.13770 S + 7.54073 \quad (2.11)$$

Jalan Non Tol

$$1. \text{ Golongan I} : 0.00037 S^2 - 0.04070 S + 2.20403 \quad (2.12)$$

$$2. \text{ Golongan IIA} : 0.00209 S^2 - 0.24413 S + 13.29445 \quad (2.13)$$

$$3. \text{ Golongan IIB} : 0.00186 S^2 - 0.22035 S + 12.06486 \quad (2.14)$$

Dengan S adalah kecepatan atau speeds.

2.2.3 Perawatan Kendaraan

I. Biaya Suku Cadang

Jalan Tol dan Jalan Non Tol

$$1. \text{ Golongan I} : 0.0000064 S + 0.0005567 \quad (2.15)$$

$$2. \text{ Golongan IIA} : 0.0000332 S + 0.0020891 \quad (2.16)$$

$$3. \text{ Golongan IIB} : 0.0000191 S + 0.0016400 \quad (2.17)$$

Dengan S adalah kecepatan atau speeds.

II. Biaya Tenaga Kerja

Jalan Tol dan Jalan Non Tol

$$1. \text{ Golongan I} : 0.00362 S + 0.36267 \quad (2.18)$$

$$2. \text{ Golongan IIA} : 0.02311 S + 1.97733 \quad (2.19)$$

$$3. \text{ Golongan IIB} : 0.01511 S + 1.21200 \quad (2.20)$$

Dengan S adalah kecepatan atau speeds.

2.2.4 Pemakaian Ban Kendaraan

Rumus-rumus yang dipakai dalam perhitungan konsumsi ban kendaraan :

Jalan Tol dan Jalan Non Tol

$$1. \text{ Golongan I} : 0.0008848 S - 0.0045333 \quad (2.21)$$

$$2. \text{ Golongan IIA} : 0.0012356 S - 0.0065667 \quad (2.22)$$

$$3. \text{ Golongan IIB} : 0.0015553 S - 0.0059333 \quad (2.23)$$

Dengan S adalah kecepatan.

2.2.5 Penyusutan Harga Kendaraan (*Depresiation*)

Menurut rumusan PCI nilai depresiasi dihitung :

Jalan Tol dan Jalan Non Tol

$$1. \text{ Golongan I} : \frac{1}{(2.5 S + 125)} \quad (2.24)$$

$$2. \text{ Golongan IIA} : \frac{1}{(9.0 S + 450)} \quad (2.25)$$

$$3. \text{ Golongan IIB} : \frac{1}{(6.0 S + 300)} \quad (2.26)$$

Dengan S adalah kecepatan.

2.2.6 Bunga Modal (*Interest*)

Besarnya bunga modal dihitung berdasarkan $\frac{1}{2}$ nilai depresiasi kendaraan per 1000 kilometer. Untuk jalan non tol besarnya dianggap sama pada jalan tol, karena bunga modal berpengaruh kecil pada dua jenis jalan tersebut.

Rumus-rumus yang dipakai adalah :

Jalan Tol dan Jalan Non Tol

$$1. \text{ Golongan I} : \frac{150}{(500 S)} \quad (2.27)$$

$$2. \text{ Golongan IIA} : \frac{150}{(2572.42857 S)} \quad (2.28)$$

$$3. \text{ Golongan IIB} : \frac{150}{(1714.28571 S)} \quad (2.29)$$

Dengan S adalah kecepatan.

2.2.7 Asuransi (*Insurance*)

Dalam PCI asuransi ditentukan dengan rumusan yang sama antara jalan tol dan jalan non tol.

Rumus-rumus yang dipakai adalah :

dikalikan dengan setengah dari harga kendaraan baru. Untuk lengkapnya perhitungan nilai moneter Biaya Operasi Kendaraan dalam rupiah dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.1. Nilai moneter Biaya Operasi Kendaraan dengan metode PCI

Komponen BOK	Perhitungan BOK (dalam rupiah)
Konsumsi Bahan Bakar (Fbb)	$Fbb \times \text{Jarak} \times \text{Harga satuan Bahan Bakar} / 1000$
Konsumsi Minyak Pelumas (Fmp)	$Fmp \times \text{Jarak} \times \text{Harga satuan Minyak Pelumas} / 1000$
Konsumsi Ban (Fkb)	$Fkb \times \text{Jarak} \times \text{Harga satuan Ban} / 1000$
Pemeliharaan :	
• Biaya Suku Cadang (Fpc)	$Fpc \times \text{Jarak} \times \text{Harga Kendaraan terdepresiasi} / 1000$
• Biaya Tenaga Kerja (Fpk)	$Fpk \times \text{Jarak} \times \text{Harga upah mekanik per jam} / 1000$
Depresiasi (Fdp)	$Fdp \times \text{Jarak} \times 0.5 \text{ Harga kendaraan terdepresiasi} / 1000$
Bunga Modal (Fbm)	$Fbm \times \text{Jarak} \times 0.5 \text{ Harga kendaraan terdepresiasi} / 1000$
Asuransi (Fas)	$Fas \times \text{Jarak} \times 0.5 \text{ Harga kendaraan baru} / 1000$

Sumber : Jasa Marga dan LAPI-ITB

Tabel 2.2. Harga Kendaraan Baru (Per Januari 1998)

Jenis Kendaraan	Kendaraan Representatif (yang diambil)	Harga Kendaraan Baru (dalam Rupiah)
Golongan I (Sedan)	Sedan TIMOR type S 515	48,500,000
Golongan IIA (Bis)	Mercedes Benz OH 1521/60	249.147,000
Golongan IIB (Truk)	Mitsubishi FUSO Truck FM 517H	346.038,000

Sumber : Interview dengan Dealer yang terkait

Tabel 2.3. Harga Ban Kendaraan Baru (Per Januari 1998)

Jenis Kendaraan	Kendaraan Representatif (yang diambil)	Harga Ban Baru (dalam Rupiah)
Golongan I (Sedan)	Sedan TIMOR type S 515	223,000
Golongan IIA (Bis)	Mercedes Benz OH 1521/60	569,590
Golongan IIB (Truk)	Mitsubishi FUSO Truck FM 517H	569,590

Sumber : Interview dengan Dealer Bridgestone

Tabel 2.4. Harga Kebutuhan Tenaga Kerja Kendaraan (Per Januari 1998)

Kebutuhan Tenaga Kerja	Harga (Rupiah / jam)
Mekanik	1,900
Sopir Bis	2,050
Kondektur Bis	1,350
Sopir Truk	2,050
Kondektur Truk	1,075

Sumber : Interview dengan sumber terkait

Tabel 2.5. Harga Kebutuhan Bahan Bakar dan Minyak Pelumas (Per Januari 1998)

Kebutuhan Bahan Bakar dan Minyak Pelumas	Harga (Rupiah / jam)
Bensin	700
Solar	380
Minyak Pelumas	4,500

Sumber : Pertamina

2.4 Perhitungan BOK Model PCI

Contoh perhitungan Biaya Operasi Kendaraan ini diambil dari golongan I atau mobil penumpang/Sedan Timor.

A. Jalan TOL

Langkah-langkah perhitungan Biaya Operasi Kendaraan dengan metode PCI adalah :

1. Menentukan besarnya kecepatan yang digunakan kendaraan tersebut.

Misal : $V = 60$ km/jam

2. Menghitung faktor-faktor komponen Biaya Operasi Kendaraan seperti berikut :

a. Faktor Konsumsi Bahan Bakar (Fbb). (2.2)

$$Fbb = (0,04376.60^2) - (4,94078.60) + 207,0408 = 88,57787$$

b. Faktor Konsumsi Minyak Pelumas (Fmp) (2.9)

$$Fmp = (0,00029.60^2) - (0,03134.60) + 1,69613 = 1,09403$$

c. Faktor Konsumsi Ban (Fkb) (2.21)

$$Fkb = (0,0008848.60) - 0,0045333 = 0,0485547$$

d. Faktor Biaya Suku Cadang (Fpc) (2.15)

$$Fpc = (0,0000064.60) (0,0005567) = 0,0009407$$

e. Faktor Biaya Tenaga Kerja (Fpk) (2.18)

$$Fpk = (0,00362.60) + 0,36267 = 0,57987$$

f. Faktor Depresiasi (Fdp) (2.24)

$$Fdp = \frac{1}{(2,5.60) + 125} = 0,003636364$$

g. Faktor Bunga Modal (Fbm) (2.27)

$$Fbm = \frac{150}{500.60} = 0,005$$

h. Faktor Asuransi (Fas) (2.30)

$$Fas = \frac{38}{500.60} = 0,001266667$$

3. Menghitung Biaya Operasi Kendaraan

a. Konsumsi Bahan Bakar

$$= Fbb \times \text{Jarak} \times \text{Harga satuan Bahan Bakar} / 1000$$

$$= 88,1376 \times 9,557 \times 700 / 1000$$

$$= \text{Rp. } 455,8337302$$

b. Konsumsi Minyak Pelumas

$$= F_{mp} \times \text{Jarak} \times \text{Harga satuan pelumas} / 1000$$

$$= 0,85973 \times 9,557 \times 5000 / 1000$$

$$= \text{Rp. } 41,08219805$$

c. Konsumsi Ban

$$= F_{kb} \times \text{Jarak} \times \text{Harga satuan Ban} / 1000$$

$$= 0,0485547 \times 9,557 \times 223300 / 1000$$

$$= \text{Rp. } 103,6195219$$

d. Biaya Suku Cadang

$$= F_{pc} \times \text{Jarak} \times \text{Harga kendaraan terdepresiasi} / 1000$$

$$= 0,0009407 \times 9,557 \times (48.500.000 \times 0,003636364) / 1000$$

$$= \text{Rp. } 1,585556691$$

e. Biaya Tenaga Kerja

$$= F_{pk} \times \text{Jarak} \times \text{Harga upah mekanik per jam} / 1000$$

$$= 0,57987 \times 9,557 \times 1900 / 1000$$

$$= \text{Rp. } 10,52945342$$

f. Depresiasi

$$= F_{dp} \times \text{Jarak} \times 0,5 \times \text{Harga kendaraan terdepresiasi} / 1000$$

$$= 0,003636364 \times 9,557 \times 0,5 \times (48.500.000 \times 0,003636364) / 1000$$

$$= \text{Rp. } 3,064558678$$

g. Bunga Modal

$$= F_{bm} \times \text{Jarak} \times 0,5 \times \text{Harga kendaraan terdepresiasi} / 1000$$

$$= 0,005 \times 9,557 \times (48.500.000 \times 0,003636364) / 1000$$

$$= \text{Rp. } 4,21376818$$

h. Asuransi

$$= F_{as} \times \text{Jarak} \times 0,5 \times \text{Harga kendaraan baru} / 1000$$

$$= 0,001266667 \times 9,557 \times 0,5 \times 48500000 / 1000$$

$$= \text{Rp. } 293,559183$$

i. Overhead

Karena pada golongan I dianggap merupakan *private car* atau dikendarai sendiri untuk overheadnya dianggap = 0

4. Menjumlahkan Biaya Operasi Kendaraan dari hasil pada point 3, yaitu sebesar Rp. 913,4480 / km untuk golongan I (dengan kendaraan representatif Sedan Timor).

B. Jalan NON TOL

Langkah-langkah perhitungan Biaya Operasi Kendaraan jalan non tol sama dengan jalan tol dengan menggunakan rumus-rumus no : 2.6 – 2.8 dan 2.12 – 2.32.

Perhitungan komponen dari Biaya Operasi Kendaraan berdasarkan variasi kecepatan kendaraan ditampilkan dari tabel 2.7(jalan tol) dan tabel 2.8(jalan non tol).

Tabel 2.6. Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan pada Jalan Tol per km

KECEPATAN (km/jam)	BIAYA OPERASI KENDARAAN		
	Golongan I (Rp)	Golongan IIA (Rp)	Golongan IIB (Rp)
10	2.987,7100	2.733,8477	8.765,5798
15	2.256,5254	2.389,0769	6.377,2443
20	1.843,7215	2.130,1768	5.106,5914
25	1.567,5384	1.924,8585	4.300,9857
30	1.367,3677	1.762,3470	3.742,8437
35	1.217,2229	1.638,0177	3.338,8941
40	1.104,1045	1.549,5546	3.042,4894
45	1.020,7869	1.495,6686	2.827,7071
50	962,9326	1.475,5851	2.678,9895
55	927,7802	1.488,8102	2.586,4332
60	913,4880	1.535,0140	2.543,4344
65	918,7803	1.613,9677	2.545,4199
70	942,7458	1.725,5079	2.589,1224
75	984,7160	1.869,5143	2.672,1453
80	1.044,1894	2.045,8967	2.792,6908
85	1.120,7824	2.254,5861	2.949,3839
90	1.214,1965	2.495,5285	3.141,1548

Tabel 2.7. Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan pada Jalan Non Tol per km

KECEPATAN (km/jam)	BIAYA OPERASI KENDARAAN		
	Golongan I (Rp)	Golongan IIA (Rp)	Golongan IIB (Rp)
10	4.4887,7804	5.732,1027	14.713,4799
15	3.756,2457	5.018,6091	10.982,2510
20	3.098,3455	4.454,9279	8.916,0685
25	2.647,5353	3.993,7088	7.557,8640
30	2.314,9351	3.619,1505	6.588,5586
35	2.062,4366	3.324,4711	5.871,3737
40	1.870,9765	3.106,2744	5.337,9023
45	1.729,9588	2.962,6701	4.950,1300
50	1.633,0226	2.892,5221	4.685,2417
55	1.576,1184	2.895,1060	4.528,7149
60	1.556,5454	2.969,9382	4.470,8650
65	1.572,4330	3.116,6833	4.504,9857
70	1.622,4447	3.335,1014	4.626,2855
75	1.705,6002	3.625,0162	4.831,2501
80	1.821,1639	3.986,2954	5.117,2430
85	1.968,5734	4.418,8377	5.482,2476
90	2.147,3911	4.922,5643	5.924,6954

2.5 Nilai Waktu (*Time Value*)

Perhitungan nilai waktu pendekatan yang diambil berdasarkan Herbert Mohring, yaitu pengendara cenderung mencari rute dengan Biaya Operasi Kendaraan minimum dari beberapa alternatif jalan yang tersedia. Teori ini menyebutkan bahwa total biaya perjalanan dapat diumuskan sebagai berikut :

$$C = F(\underline{S}, N, Z) \frac{L}{S(\underline{S}, N, Z)} \quad (2.33)$$

dengan,

- L = Nilai Waktu sesuai dengan jenis kendaraan (Rp/jam),
- F = Biaya Operasi Kendaraan, tidak termasuk waktu (Rp/km).
- C = Total Biaya Operasi Kendaraan (Rp/km),
- S = Kecepatan Selama Perjalanan (km/jam),
- \underline{S} = Kecepatan yang diinginkan pengendara (km/jam),
- N = Volume lalu lintas,
- Z = Faktor-faktor lain yang berpengaruh.

Kemudian berdasarkan pendekatan bahwa pertumbuhan kendaraan diikuti oleh perbaikan jalan, diasumsikan bahwa \underline{S} hampir sama dengan S, sedangkan N dan Z tidak terlalu berpengaruh, sehingga persamaan berubah menjadi :

$$C = F(S) \times L/S \quad (2.34)$$

Apabila pemakai jalan bermaksud memperkecil Biaya Operasi Kendaraan, maka :

$$\frac{dC}{dS} = \alpha \times \frac{dF}{dS} - \frac{L}{S^2} = 0 \quad (2.35)$$

$$L = S^2 \times \frac{dF}{dS} \times \alpha \quad (2.36)$$

$$T_v = L \times t \times fr \quad (2.37)$$

$$\alpha = \frac{BOK_{total}}{BOK_{bahan\ bakar}} \quad (2.38)$$

Dengan,

$$T_v = \text{Time Value (Rp)},$$

t = Waktu tempuh (jam),

f_r = Faktor regional.

Salah satu koreksi dalam menentukan nilai waktu adalah adanya suatu faktor regional yang ditentukan dari besarnya pendapatan masing-masing daerah. Dengan rumus sebagai berikut :

$$f_r = \frac{PDRB}{PRPB} \quad (2.39)$$

Dengan,

f_r = Faktor regional,

PDRB = Pendapatan Daerah Rata-rata Bruto (dari daerah dalam lokasi jalan tol)

PRPB = Pendapatan Rata-rata Pusat Bruto (dari DKI Jakarta)

(PDRB dan PRPB dalam satuan rupiah)

Jika Biaya Operasi Kendaraan yang bergerak di jalan tol dan jalan non tol serta nilai waktu dari masing-masing kendaraan telah diketahui maka Besar Keuntungan Biaya Operasi Kendaraan (BKBOOK) dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$BKBOOK = [(BOK_n \times D_n) - (BOK_t \times D_t)] + [(D_n/V_n - D_t/V_t) \times T_v] \quad (2.40)$$

dengan :

BKBOOK = Besar Keuntungan Biaya Operasi Kendaraan (Rp),

BOK_n = Biaya Operasi Kendaraan di jalan non tol (Rp/km),

BOK_t = Biaya Operasi Kendaraan di jalan tol (Rp/km),

- D_n = Jarak jalan non tol (km),
 D_t = Jarak jalan tol (km),
 V_n = Kecepatan di jalan non tol (km/jam),
 V_t = Kecepatan di jalan tol (km/jam),
 T_v = *Time Value* atau nilai waktu dari kendaraan (Rp/jam).

Hasil perhitungan nilai waktu ditampilkan pada tabel 2.9 yang dihitung dengan rumus no : 2.36 – 2.39.

Tabel 2.8. Perhitungan Nilai Waktu (*Time Value*)

Jenis Kendaraan	Biaya Operasi Kendaraan (rupiah / menit)
1. Mobil Penumpang (Gol I)	29,795
2. Bis (Gol IIA)	44,708
3. Truk (Gol IIB)	71,168

2.6 Perhitungan Besar Keuntungan Biaya Operasi Kendaraan (BKBOOK)

Contoh perhitungan BKBOOK untuk Sedan Timor (Golongan I) dengan menggunakan rumus 2.40 adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{BKBOOK} &= [(BOK_n \times D_n) - (BOK_t \times D_t)] + [(D_n / V_n - D_t / V_t) \times T_v] \\
 &= [(1543,66 \times 14,015) - (904,7 \times 9,557)] + [(14,015 / 30 - 9,557 / 75) \times 29,795] \\
 &= \text{Rp.1369,15}
 \end{aligned}$$

Tabel 2.10 : Perhitungan Besar Keuntungan Biaya Operasi Kendaraan (BKBOK)

Jenis Kendaraan	D non tol (km)	D tol (km)	V non tol (km/jam)	V tol (km/jam)	Tv (Rp./jam)	BOK non tol (Rp./km)	BOK tol (Rp./km)	BKBOK (Rp.)	BKBOK per km (Rp./km)
Gol I	14,015	9,557	30	75	0,4965896	1.556,5454	913,4880	13084,9480	1369,1481
Gol IIA	14,015	9,557	20	60	1,1861406	4.470,8650	2.543,4344	38352,2127	4012,9970
Gol IIB	14,015	9,577	20	60	0,7451282	2.892,5221	1.475,5851	26436,9336	2766,2377

2.7 Evaluasi

1. *Net Present Value* (NPV)

Merupakan perhitungan selisih antara keuntungan dengan biaya berdasarkan nilai pada *base year* atau tahun dasar. NPV dirumuskan sebagai berikut :

$$NPV = B_0 - C_0$$

Dimana : B_0 = total keuntungan pada tahun dasar

C_0 = total biaya pada tahun dasar

Suatu proyek dikatakan layak jika mempunyai nilai $NPV > 0$. Perhitungan NPV ini menggunakan *discount rate* atau bunga (i) 15%.

Menghitung *Cost* atau biaya (C_0)

Biaya konstruksi, pemeliharaan (P) = Rp. 156,828 milyar

i = 15%

n = 3 tahun

$$C_0 = A = P (A/P, i, n)$$

$$= 156,828 (A/P, 15\%, 3)$$

$$= 156,828 (0,4380)$$

$$= \text{Rp. } 66,687 \text{ milyar / tahun}$$

Menghitung *benefit* atau keuntungan

Jumlah kendaraan yang lewat pada jalan tol adalah 8141 kendaraan/hari.

- Prosentase kendaraan Gol I = 37,5% \Rightarrow 3053 kendaraan/hari
- Prosentase kendaraan Gol IIA = 28% \Rightarrow 2279 kendaraan/hari

- Prosentase kendaraan Gol IIB = 34,5% \Rightarrow 2809 kendaraan/hari

$$B_0 = [(13084,9480 \times 3053) + (38352,2127 \times 2279) + (26436,9336 \times 2809)]$$

$$= \text{Rp. } 73,5893 \text{ milyar}$$

$$NPV = B_0 - C_0$$

$$= 73,5893 - 66,687$$

$$= \text{Rp. } 6,9023 \text{ milyar} > 0 \Rightarrow \text{OK}$$

2. B/C Ratio

Merupakan nilai perbandingan dari keuntungan dan biaya dari proyek. *B/C Ratio* dirumuskan sebagai berikut :

$$B/C \text{ Ratio} = \frac{B_0}{C_0} > 1$$

$$= \frac{73,5893}{66,687}$$

$$= 1,1035 > 1 \Rightarrow \text{OK}$$

3. Internal Rate of Return (IRR)

Internal Rate of Return adalah nilai discount rate – I yang membuat NPV dari suatu proyek sama dengan 0 (nol) ditulis :

$$\sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1 + IRR)^t} = 0$$

IRR dapat dianggap sebagai tingkat keuntungan atas investasi bersih dari suatu proyek, dan proyek dianggap layak, nilai IRR lebih besar dari/sama dengan *social discount rate*.

Menghitung Benefit

Didapat dari biaya masuk tol selama umur rencana :

$$\text{Gol I} = 10449 \text{ kend/hari} \times \text{Rp. } 1000 \times 20 \times 365 = \text{Rp. } 76,278 \text{ milyar}$$

$$\text{Gol IIA} = 3042 \text{ kend/hari} \times \text{Rp. } 1500 \times 20 \times 365 = \text{Rp. } 33,310 \text{ milyar}$$

$$\text{Gol IIB} = 7848 \text{ kend/hari} \times \text{Rp. } 2000 \times 20 \times 365 = \text{Rp. } 114,580 \text{ milyar}$$

Maka total benefit adalah : Rp. 224,168 milyar

Menghitung Biaya

Didapat dari biaya pembangunan dan pemeliharaan yaitu Rp. 156,828 milyar.

$$F(P/F, i, n) - 156,828 = 0$$

$$224,168 (P/F, i, 20) - 156,828 = 0$$

$$\text{Dicoba : } i = 14\%$$

$$224,168 (0,7276) - 156,828 = \text{Rp. } 6,2766 \text{ milyar}$$

$$\text{Dicoba : } i = 15\%$$

$$224,168 (0,0611) - 156,828 = -\text{Rp. } 143,1313 \text{ milyar}$$

Dari hasil perhitungan di atas dapat dilihat bahwa : $14\% < i < 15\%$.

Dengan interpolasi didapat harga $i = 14,042\%$.

2.8 Pembahasan

Pada perhitungan Biaya Operasi Kendaraan (BOK) penulis tidak sepakat dengan konsultan mengenai pemilihan kendaraan sedan Timor dengan kapasitas 1000 cc karena sekitar 33% kendaraan yang sedang diproduksi di Indonesia adalah merk Toyota. Biaya Operasi Kendaraan (BOK) pada jalan tol lebih kecil daripada jalan non tol. Dari tabel 2.7 dan 2.8 didapat kesimpulan yang menghasilkan bahwa jenis Kendaraan yang paling rendah pada kecepatan 60 km/jam, Toyota dengan kapasitas 1000 cc km/jam Biaya Operasi Kendaraan rata-rata, semakin tinggi kecepatan kendaraan pada jalan non tol ini dapat mengakibatkan pemakaian jalan tol yang lebih kecil daripada jalan tol. Disamping itu penggunaan kendaraan lebih efektif dan segi waktu yang lebih cepat karena akan mengalami konsumsi lebih BOK lebih besar. Bila kendaraan rata-rata perkilometer maka BOK pada jalan tol lebih kecil. Proyek jalan tol Semarang-Suksesi harus dilaksanakan dari segi pembiayaan untuk transportasi dan dari segi Biaya Operasi Kendaraan.

Proyek dikatakan layak jika mempunyai nilai NPV > 0 , dimana keuntungan yang diperoleh lebih besar dari biaya. Dari hasil perhitungan NPV untuk proyek ini menunjukkan nilai > 0 , sehingga proyek layak untuk dilaksanakan.

Proyek dikatakan layak jika mempunyai B/C Ratio > 0 , dimana keuntungan yang diperoleh lebih besar dari biaya. Dari hasil perhitungan B/C Ratio menunjukkan nilai > 0 dan hasil perhitungan IRR menunjukkan > 0 , sehingga proyek dianggap layak untuk dilaksanakan.

BAB III

ANALISIS LALU LINTAS

3.1 Umum

Lalu lintas secara langsung mempengaruhi perancangan, seperti penentuan lebar lajur, alinyemen, kelandaian dan lain-lain. Keterangan tentang lalu lintas dipakai sebagai beban untuk perancangan.

Pelaksanaan pembangunan jalan tol Semarang Seksi C dilaksanakan dengan dua tahap, tahap I dari simpang susun Jangli sampai dengan persimpangan dengan jalan Kaligawe termasuk simpang susun Majapahit dengan disain tahun perencanaan 2008. Sedangkan tahap II, ruas Kaligawe sampai Tanjung Emas, termasuk simpang susun Citarum yang mempertemukan jalan tol dengan jalan Citarum-Pedurungan. Disain tahap II adalah dengan tahun perencanaan 2018.

3.2 Survei Lalu Lintas

Data mengenai lalu lintas diperlukan untuk berbagai hal. Untuk dapat melakukan survei secara efisien, maka maksud atau sasaran survei harus jelas dulu. Suatu survei dapat terbatas pada satu lokasi atau kelompok penduduk saja dan bisa juga merupakan suatu pengamatan terhadap pola pergerakan dalam daerah yang luas.

Metoda survei lalu lintas, biasanya dipengaruhi oleh :

1. Tujuan atau sasaran survei.
2. Dana dan peralatan yang tersedia.

3. Luas daerah survei.
4. Waktu yang tersedia.

Survei yang dilaksanakan konsultan adalah :

1. Survei *Traffic Counting* (Survei Volume Lalu Lintas)
2. Survei *Origin Destination* (Survei Asal Tujuan)
3. Survei *Travel Time* (Survei Waktu Perjalanan)

3.2.1 Survei Volume Lalu Lintas

Mengukur volume lalu lintas dari berbagai tipe/jenis kendaraan yang melalui jalan yang ada baik kendaraan bermotor maupun tidak bermotor.

3.2.1.1 Tujuan Survei

Untuk mendapatkan karakteristik lalu lintas pada jalan arteri dan jalan persimpangan guna keperluan peramalan lalu lintas.

3.2.1.2 Lokasi Survei

Survei dilaksanakan pada 10 lokasi yaitu 5 lokasi untuk survei di jalan arteri dan 5 lokasi untuk survei di persimpangan. (Gambar 3.1)

3.2.1.3 Metodologi Survei

Untuk survei volume lalu lintas di jalan arteri dilaksanakan dalam periode perhitungan 24 jam (24.00-24.00) atau 16 jam (06.00-22.00). Sedangkan untuk volume lalu lintas di persimpangan dilaksanakan pada jam sibuk pagi (06.00-10.00) dan jam sibuk sore (14.00-18.00).

Survei volume lalu lintas di jalan arteri dilaksanakan dengan membagi kendaraan menjadi 13 jenis yaitu :

1. Mikrolet (umum)
2. Taksi
3. Sedan, Jeep
4. Combi (pribadi)
5. Mikro Bis
6. Bis
7. Pick Up
8. Mikro Truk
9. Truk 2 As
10. Truk 3 As
11. Trailer
12. Sepeda motor, Skuter
13. Kendaraan tak bermotor (sepeda, becak, dokar, gerobak)

Sedangkan survei volume lalu lintas di persimpangan dilaksanakan dengan membagi kendaraan menjadi 4 golongan yaitu :

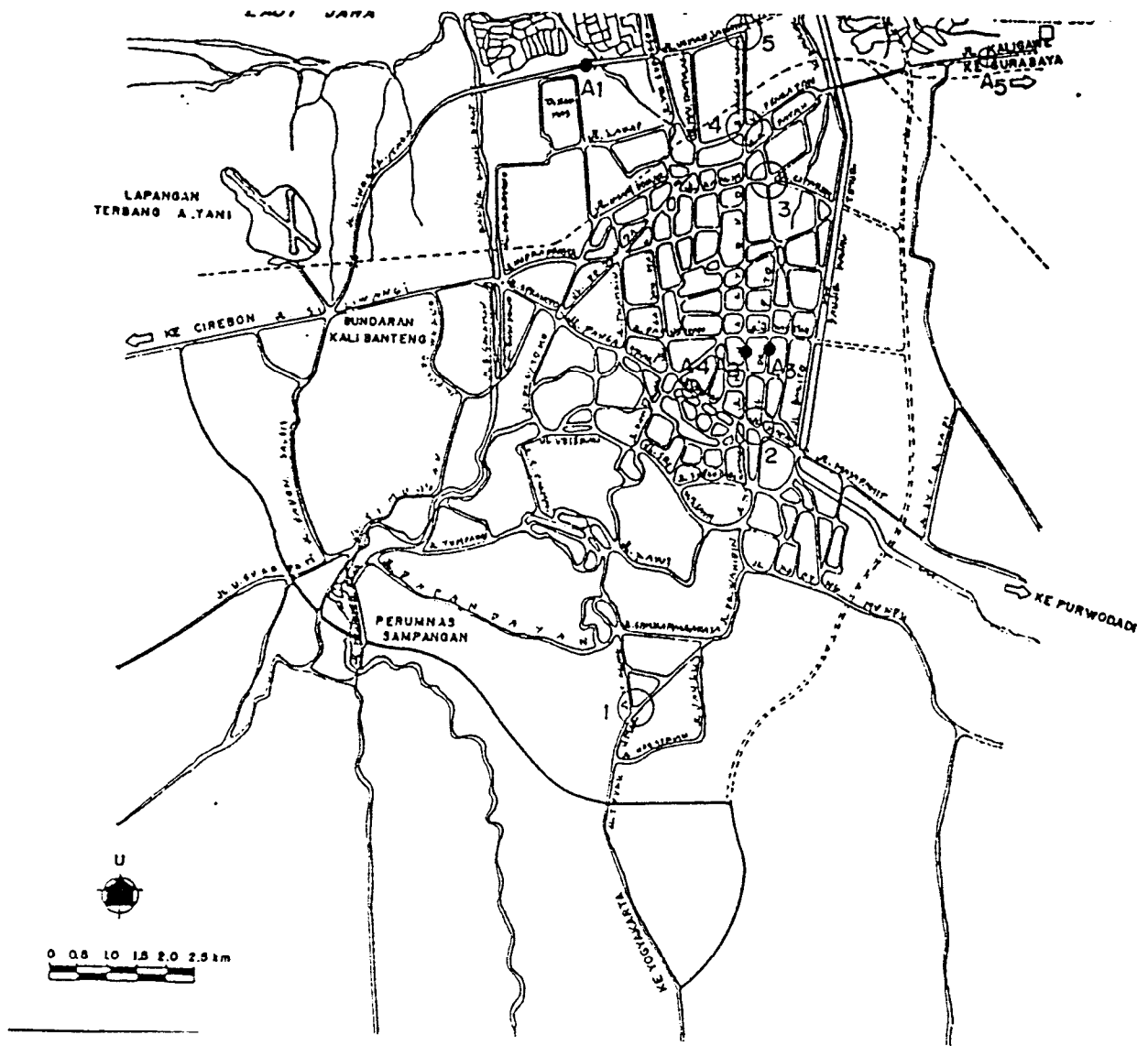
1. Kendaraan ringan, yaitu :

Sedan, jeep, station wagon, opelet, combi, pick up, mikro truk.

2. Kendaraan berat, yaitu :

Bis, truk berat dan trailer.

3. Sepeda motor.
4. Kendaraan tak bermotor, yaitu :
Sepeda, becak, dokar dan gerobak.



Gambar 3.1 : Lokasi Survei Traffic Counting

3.2.2 Survei Asal Tujuan

Maksud survei adalah untuk mengetahui jenis barang/jasa dari lokasi/zona yang diukur juga untuk mengetahui pola asal tujuan dari lalu lintas yang melewati lokasi/zona terukur. Survei asal tujuan lalu lintas ini hanya dilakukan untuk kendaraan bermotor roda empat atau lebih sesuai dengan golongan kendaraan.

3.2.2.1 Tujuan Survei

Untuk memperoleh informasi mengenai pola distribusi perjalanan lalu lintas, volume lalu lintas, variasi volume lalu lintas dalam satu hari guna keperluan peramalan lalu lintas.

3.2.2.2 Lokasi Survei

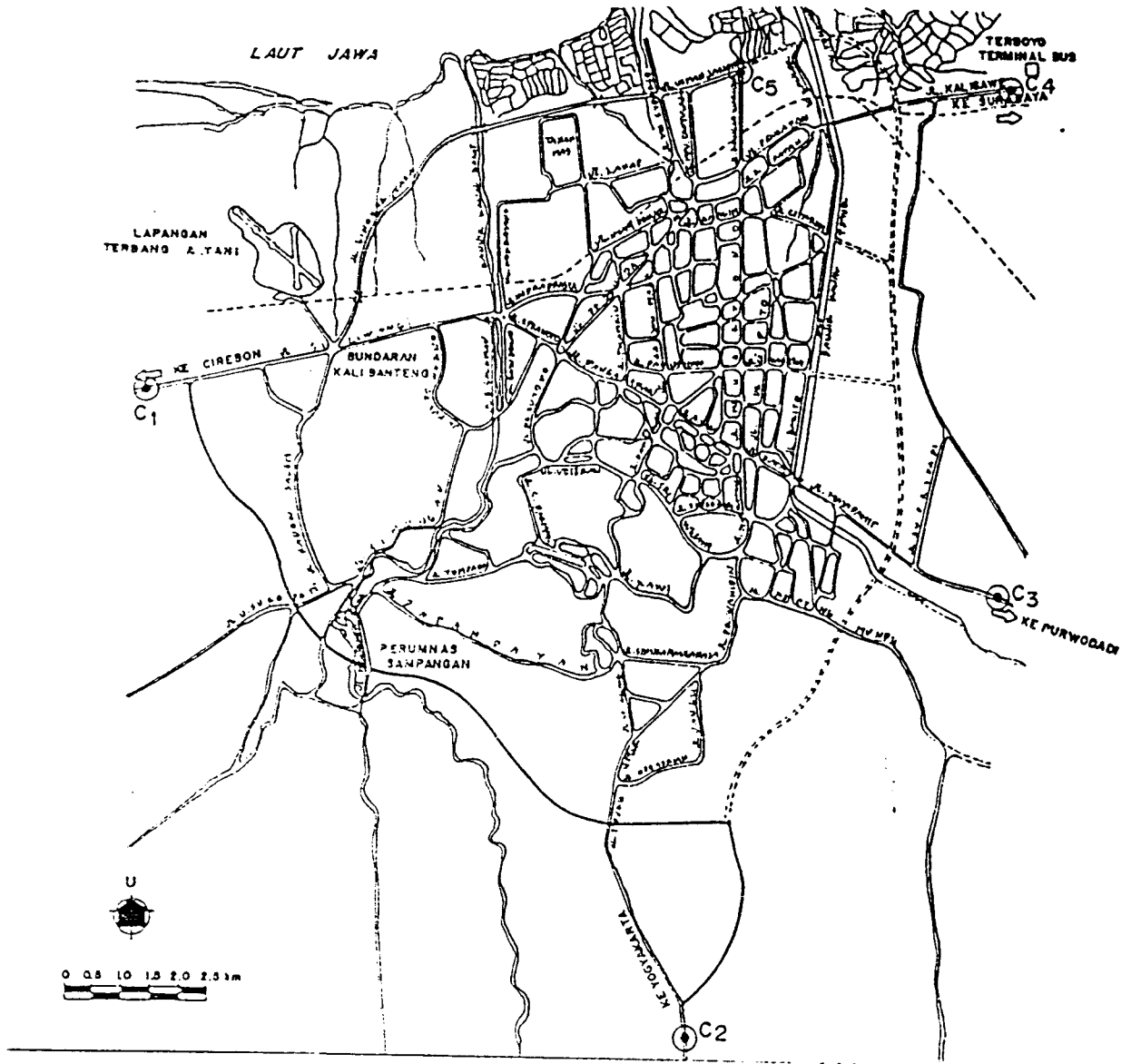
Survei dilaksanakan pada 5 titik gerbang kota. (Gambar 3.2)

3.2.2.3 Metodologi Survei

Survei ini terdiri dari dua bagian yaitu :

1. Survei wawancara di tepi jalan.
2. Survei volume lalu lintas.

Survei wawancara di tepi jalan dilaksanakan dalam periode 12 jam (06.00-18.00). Sedangkan survei volume lalu lintas dilaksanakan dalam periode 24 jam. Informasi yang diminta sewaktu wawancara adalah asal perjalanan, tujuan perjalanan, maksud perjalanan, berat dan tipe komoditi yang diangkut kendaraan pengangkut barang dan juga tipe kendaraan dan jumlah penumpang.



Gambar 3.2 : Lokasi Survei Origin Destination

3.2.3 Survei Waktu Perjalanan

Maksud survei ini adalah untuk memperoleh data yang berupa lama waktu perjalanan rata-rata dan kecepatan perjalanan rata-rata dari kendaraan bermotor yang beroda empat atau lebih yang lewat jalan yang disurvei.

3.2.3.1 Tujuan Survei

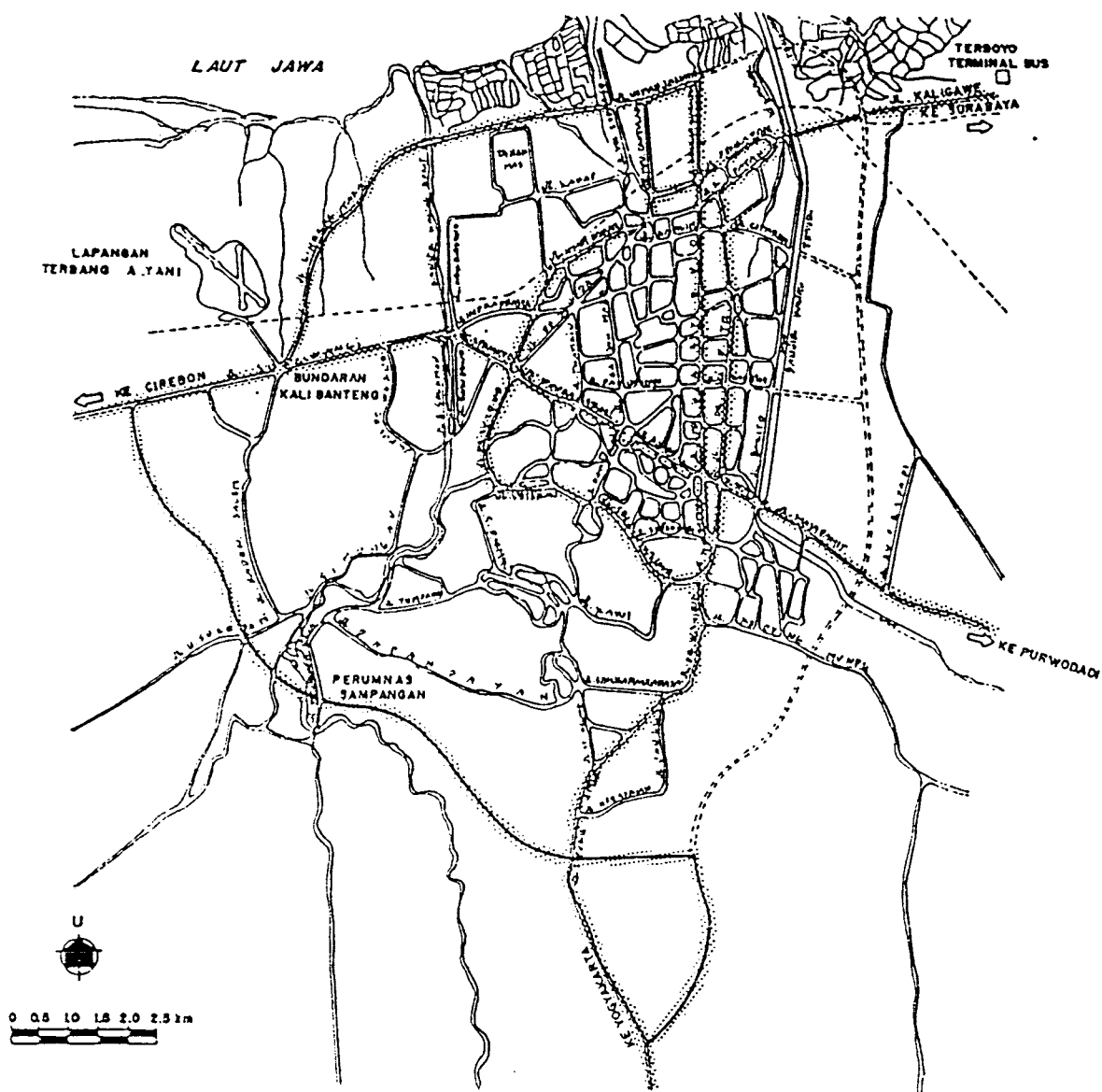
Untuk menentukan kecepatan perjalanan rata-rata untuk proses alokasi lalu lintas.

3.2.3.2 Lokasi Survei

Survei dilaksanakan pada jalan-jalan arteri primer dan sekunder, kolektor primer dan jalan tol Seksi A dan B yang diperkirakan nanti akan terpengaruh dengan adanya jalan tol Seksi C. (Gambar 3.3)

3.2.3.3 Metodologi Survei

Survei dilaksanakan dengan metode kendaraan contoh. Metode ini adalah menggunakan kendaraan contoh yang dikendarai pada arus lalu lintas dengan kondisi operasi pengemudi mengatur kecepatan sesuai dengan perkiraan kecepatan arus kendaraan.



Gambar 3.3 : Lokasi Survei *Travel Time*

3.3 Karakteristik Lalu Lintas

3.3.1 Volume Lalu Lintas

Hasil survei volume lalu lintas di jalan arteri dan dari survei asal tujuan menunjukkan bahwa prosentase pembagian arah lalu lintas dalam 24 jam adalah :

Tabel 3.1 : Prosentase pembagian arah

Jalan	Arah	Pembagian Arah (%)
Jl. Yos Sudarso	B/T	48/52
Jl. Ahmad Yani	B/T	48/52
Jl. Kaligawe	B/T	43/57
Jl. Raya Mangkang	B/T	52/48
Jl. Majapahit	B/T	48/52
Jl. Demak Km 8	B/T	48/52
Jl. MT. Haryono / Dr. Cipto	U/S	55/45
Jl. Perintis Kemerdekaan	S/U	50/50
Jl. ronggowasito	S/U	52/48

3.3.2 Asal Tujuan Perjalanan

Dari hasil survei asal tujuan wawancara di tepi jalan, 10623 kendaraan yang diwawancari, 10594 diantaranya yang dapat dipakai dalam analisa. Jumlah sampel yang diwawancari per lokasi adalah :

Tabel 3.2 : Jumlah sampel survei asal tujuan

Stasiun	Lokasi	Volume lalu lintas terhitung	Kendaraan Diwawancarai	Tingkat Prosentase Sampel
C1	Jl. Raya Mangkang	12832	2768	21,57%
C2	Jl. Perintis Kemerdekaan	26292	1988	7,56%
C3	Jl. Majapahit	27225	2198	8,07%
C4	Jl. Demak Km 8	23776	2781	11,70%
C5	Jl. Ronggowasito	8667	859	9,91%
Total		98792	10594	10,72%

3.3.3 Kecepatan Perjalanan

Hasil survei menunjukkan bahwa pada umumnya kecepatan perjalanan rata-rata untuk di jalan arteri primer berkisar antara 29 – 39 km/jam kecuali di jalan Dr. Setiabudi, Jl. Siliwangi, Jl. Perintis Kemerdekaan dan Jl. DR. Wahidin kecepatannya dapat lebih dari 40 km/jam. Di jalan tol Seksi A dan B, kecepatan perjalanan rata-rata adalah 53 km/jam.

Sedangkan di jalan arteri sekunder kecepatan perjalanan rata-rata adalah 26 – 38 km/jam, kecuali di jalan Tawang 40 km/jam. Untuk jalan kolektor primer kecepatan perjalanan rata-rata adalah 19 – 21 km/jam, kecuali di jalan Majapahit sekitar 32 – 37 km/jam.

3.4 Prakiraan Lalu Lintas

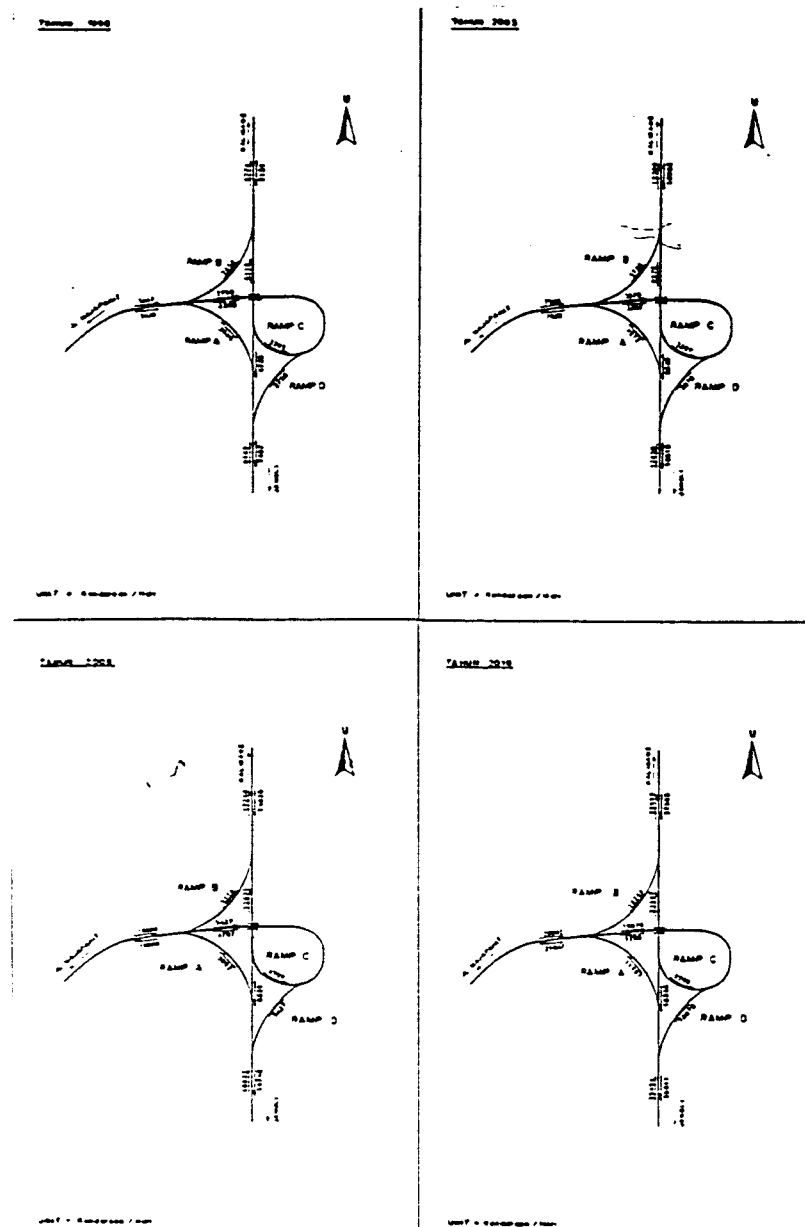
Hasil survei lalu lintas, data jalan tol Seksi A dan B dianalisa dan dengan prosentase pembagian arah dan komposisi kendaraan serta faktor pertumbuhan 7% maka didapatkan prakiraan lalu lintas untuk jalan tol Semarang Seksi C. Analisis dilakukan untuk tahun 1998 yang mana merupakan tahun pembukaan pengoperasian jalan tol Seksi C, tahun 2003, tahun 2008 dan tahun 2018. Hasil prakiraan lalu lintas ditunjukkan dalam tabel 3.3.

Tabel 3.3 : Prakiraan volume lalu lintas ruas jalan tol Semarang Seksi C

Ruas	Tahun 1998 (Kend/hari)	Tahun 2003 (Kend/hari)	Tahun 2008 (Kend/hari)	Tahun 2018 (Kend/hari)
Tanjung Emas-Kaligawe				
Arah Utara-Selatan	4277	5999	8414	16551
Arah Selatan-Utara	5263	7382	10353	20366
Kaligawe-Majapahit				
Arah Utara-Selatan	7131	10002	14028	27595
Arah Selatan-Utara	8774	12306	17260	33953
Majapahit-Jangli				
Arah Utara-Selatan	7497	10515	14748	29011
Arah Selatan-Utara	9162	12850	18023	35454

3.5 Prakiraan Volume Lalu Lintas di Simpang Susun Majapahit

Prakiraan volume lalu lintas di simpang susun Majapahit untuk tahun 1998, 2003, 2008 dan 2018 ditunjukkan dalam gambar 3.4 atau tabel 3.3.



Gambar 3.4 : Prakiraan lalu lintas di simpang susun Majapahit

3.6 Pembahasan

Guna mendapatkan data sebagai pendukung perancangan jalan tol Semarang Seksi C perlu sekali dilakukan survei dan analisis lalu lintas dikota Semarang. Survei dan analisis lalu lintas harus mempunyai sasaran dan metode yang tepat agar mendapatkan data yang lengkap dan teliti sehingga perancangan yang dihasilkan mampu mendukung beban lalu lintas sampai akhir umur rencana.

Pelaksanaan survei yang dilakukan konsultan pada pos-pos pengamatan hanya dilakukan pada waktu tertentu saja dalam beberapa hari. Hal ini sebenarnya belum memenuhi standar survei yang telah ditentukan. Misalnya untuk survei LHR, untuk perancangan jalan bebas hambatan dengan layanan yang baik digunakan LHR tahunan, sedang untuk jalan tol Semarang Seksi C hanya dilakukan selama beberapa hari yang ditentukan saja.

Selain melakukan survei konsultan juga melakukan analisis lalu lintas yaitu menentukan proyeksi lalu lintas dan umur rencana. Proyeksi lalu lintas didapat dari analisis hasil survei lalu lintas dan data dari jalan tol Seksi A dan B. Untuk analisis umur rencana ditetapkan 20 tahun untuk menjaga perubahan dalam tata guna tanah, jumlah penduduk dan ekonomi.

Hasil analisis survei lalu lintas selain untuk perancangan jalan tol Semarang Seksi C juga digunakan untuk perancangan simpang susun Majapahit, dengan hasil analisis dan survei dapat diketahui data lalu lintas, proyeksi lalu lintas dan umur rencana dari simpang susun tersebut.

BAB IV

BENTUK SIMPANG SUSUN

4.1 Umum

Agar fungsi, kemampuan dan volume pelayanan dari jalan tol dapat beroperasi secara maksimal, maka arus yang masuk dan keluar dari jalan tol tersebut harus dapat terkontrol secara penuh. Dalam hal ini maka efisiensi tergantung dari perencanaan persimpangan. Jalan keluar untuk mengatasi masalah ini adalah membuat satu persimpangan tidak sebidang (*grade separated*).

Untuk jalan tol Semarang Seksi C ini, salah satu titik persimpangan yang menghubungkan jalan tol dengan kota Semarang adalah Simpang Susun Majapahit (*Majapahit Interchange*).

4.2 Fungsi Simpang Susun

Fungsi dari simpang susun :

1. Merupakan fasilitas membelok untuk kendaraan yang akan keluar masuk jalan tol.
2. Mengurangi kemacetan.
3. Bagi lalu lintas yang menerus tidak perlu untuk mengurangi kecepatan pada titik pertemuan, hal ini memberi keuntungan antara lain : penghematan waktu, penghematan biaya operasi kendaraan dan kenyamanan.

4. Lebih lugas dalam perencanaan, artinya dapat disesuaikan dengan semua sudut pertemuan jalan, selain itu dapat mereduksi alinyemen vertikal yang terlalu tajam.

4.3 Bagian-bagian Simpang Susun

Sesuai dengan fungsinya bagian-bagian simpang susun dapat digolongkan sebagai berikut :

- a. Jalur Utama (*Main Lane*)

Jalur utama adalah jalur yang dibebani lalu lintas terbesar. Jalur utama pada simpang susun Majapahit ini adalah Utara – Selatan, yaitu arah Kaligawe – Jangli.

- b. Jalur Percepatan/Perlambatan

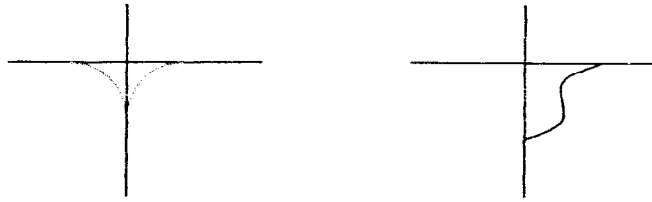
Jalur ini berfungsi untuk menyesuaikan kecepatan dari situasi di belakangnya ke situasi di depannya. Jalur percepatan digunakan menuju arus utama (*main lane*) dan jalur perlambatan digunakan meninggalkan arus utama.

- c. Jalur Penghubung (*Ramp*)

Jalur ini adalah jalur penghubung dari dua jalur utama. Ada tiga macam *ramp* :

1. Hubungan Langsung (*Direct*)

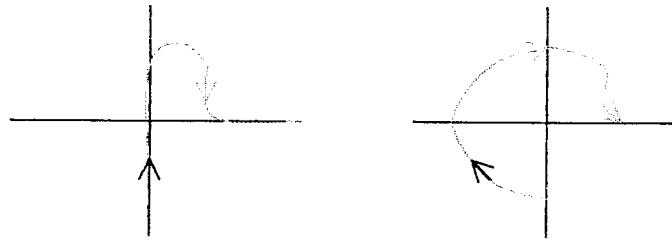
Berbelok langsung ke arah tujuan, sebelum titik pusat simpang susun (lihat gambar 4.1).



Gambar 4.1 Hubungan Langsung (*Ramp Direct*)

2. Hubungan Setengah Langsung (*Semi Direct*)

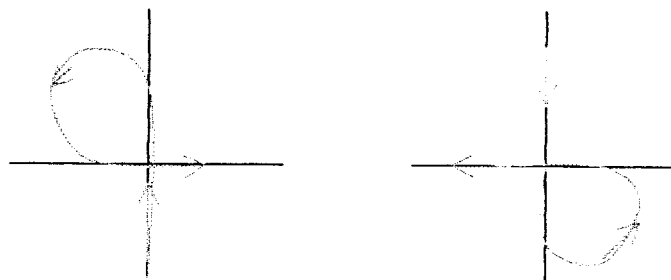
Dalam mencapai arah tujuan, melewati ataupun mengelilingi titik pusat dahulu dan memotong salah satu arus lain (lihat gambar 4.2).



Gambar 4.2. Hubungan setengah langsung (*Ramp Semi Direct*)

3. Hubungan Tidak Langsung (*Indirect*)

Dalam mencapai arah tujuan, berbelok ke arah berlawanan dahulu dan memutar 270° (lihat gambar 4.3).



Gambar 4.3. Hubungan tidak langsung (*Indirect*)

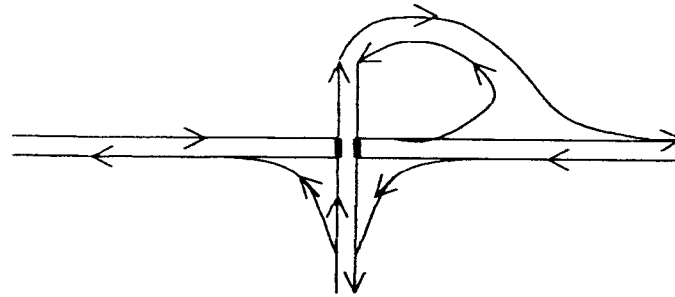
4.4 Jenis Simpang Susun

Simpang susun terdiri dari beberapa tipe. Pemilihan bentuk ditentukan oleh : jumlah kaki pada persimpangan, volume lalu lintas yang terus dan berbelok, topografi, kultur dan inisiatif perencana. Simpang susun direncanakan menurut kebutuhan untuk menghasilkan kondisi lalu lintas yang diharapkan. Sebaiknya simpang susun yang ada sepanjang jalan bebas hambatan tersebut mempunyai pola yang sama, sehingga si pengendara lebih mudah memahami pola tersebut dan dapat lebih mudah melihat jalur untuk keluar dari jalan tol tersebut. Tetapi hal ini tidaklah berarti bahwa semua simpang susun yang dibuat sepanjang jalan tol tersebut harus terdiri dari satu tipe saja.

Pada jalan tol Semarang Seksi C persimpangan yang terjadi untuk menghubungkan Semarang (Jalan Majapahit) dengan jalan tol adalah persimpangan tiga kaki. Sistem persimpangan dengan tiga kaki ini biasanya terdiri dari tiga tipe yaitu :

1. Trumpet

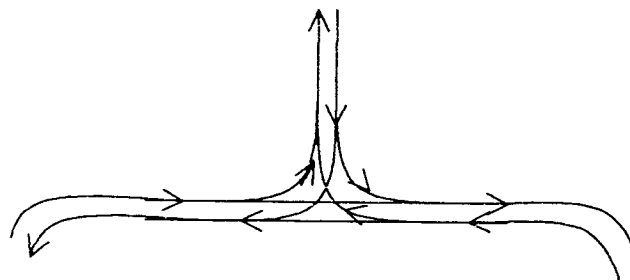
Apabila 2 dari 3 kaki persimpangan adalah jalan yang lurus dan satu kaki yang lainnya membentuk sudut yang tidak terlalu kecil dengan jalan tersebut, maka pemilihan tipe trumpet lebih tepat (lihat gambar 4.4).



Gambar 4.4. Trumpet

2. Directional

Apabila ketiga kaki persimpangan mempunyai bentuk dan karakter yang sama atau sudut antara 2 kaki kecil dan volume lalu lintas yang besar di ketiga kakinya, maka tipe directional lebih sesuai diterapkan (lihat gambar 4.5).

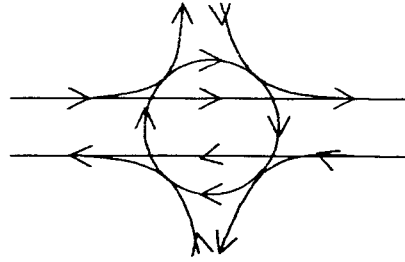


Gambar 4.5. Directional

3. Bundaran (lihat gambar 4.6)

Suatu bundaran biasanya ditempatkan pada persimpangan tiga buah cabang atau lebih. Pada dasarnya bundaran adalah suatu jalan satu arah yang mengelilingi sebuah pulau tengah. Bundaran berfungsi sebagai rangkap ruas menyelip yang berbentuk melengkung dan ditempatkan saling bersambungan.





Gambar 4.6. Bundaran

Sistem persimpangan pada Simpang susun Majapahit ini adalah tiga kaki dan simpang susun yang dipilih oleh Konsultan adalah tipe Trumpet.

4.5 Prosedur Perancangan

Pada perancangan persimpangan, beberapa faktor yang dianggap besar pengaruhnya pada proses seleksi adalah :

1. Karakteristik operasi.
2. Biaya konstruksi.
3. Volume pelayanan terhadap kondisi VJP/LHR.
4. Daerah yang harus dibebaskan.
5. Keamanan.
6. Kesederhanaan pada ramp.
7. Biaya operasi kendaraan.
8. Pentahapan pembangunan.

Beberapa faktor yang diasumsikan sama nilainya untuk setiap alternatif adalah :

1. Keadaan topografi.
2. Operasi Tol.
3. Arah arus yang sama.

4.6 Pembahasan

Agar fungsi, kemampuan dan layanan jalan tol dapat beroperasi dengan maksimal maka arus lalu lintas yang keluar masuk harus dikontrol secara penuh. Simpang susun sebagai titik kontrol untuk kendaraan yang keluar masuk berfungsi untuk mengurangi kemacetan pada titik persimpangan dan memberi fasilitas membelok bagi kendaraan yang keluar masuk jalan tol. Jadi dengan adanya simpang susun ini memberikan keuntungan antara lain penghematan waktu, biaya operasi murah dan kenyamanan. Simpang susun Majapahit merupakan titik pertemuan antara jalan tol seksi A dan B (arah Jangli) dan Kaligawe dengan jalan Majapahit yang menghubungkan Semarang kota. Bagian dari simpang susun Majapahit adalah jalan utama (arus lalu lintas arah Jangli dan Kaligawe), jalur perlambatan dan percepatan dan jalur penghubung.

Pemilihan jenis simpang susun pada suatu titik pertemuan disesuaikan dengan kebutuhan sehingga dapat menghasilkan lalu lintas yang diharapkan, selain itu hendaknya dipilih jenis simpang susun yang sama disepanjang jalan tol agar pengendara lebih mudah memahami jalur keluar masuk dari jalan tol tersebut. Jenis simpang susun yang dipilih oleh konsultan untuk simpang susun Majapahit adalah

persimpangan tiga kaki. Persimpangan tiga kaki terdiri dari tipe trumpet, directional, dan bundaran. Dari ketiga tipe tersebut Konsultan telah mengambil dan mempertimbangkan banyak hal seperti : biaya konstruksi yang relatif murah, pembebasan tanah tidak terlalu besar dan pentahapan pembangunan pada ramp dapat disesuaikan dengan tuntutan volume lalu lintas yang akan datang, maka dipilih bentuk trumpet.

BAB V

PERANCANGAN GEOMETRIK

5.1 Standar Perancangan

Dalam hal ini dipergunakan standar perancangan yang berasal dari beberapa sumber dan disesuaikan dengan sifat masing-masing jalan, agar diperoleh bentuk geometrik yang memenuhi persyaratan kekuatan, keamanan dan kenyamanan.

Standar perancangan yang dipergunakan adalah :

1. Spesifikasi Standar Untuk Perencanaan Geometrik Jalan Luar Kota, Dinas Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 1990
2. Indonesian Highway Capacity Manual Part-II, Interurban Roads, No. 05/T/BT/1995, Directorate General of Highway, Ministry of Public Works.
3. A Policy on Geometric Design of Rural Highway, AASHTO 1994

Adapun aspek-aspek perancangan geometriknya adalah sebagai berikut :

5.1.1 Kecepatan Rencana

Karena daerah sepanjang jalan ini dikategorikan daerah berbukit maka kecepatan rencana pada :

- Jalan utama (*Freeway*) : 80 km/jam
- Jalan Penghubung (*Ramp*) : 40 km/jam
- Jalan keluar-masuk (*Acces Road*) : 60 km/jam, sebagai penerapan jalan kelas II menurut standar Bina Marga.

5.1.2 Kendaraan Rencana

Jenis kendaraan yang menjadi dasar perancangan pada proyek ini adalah mobil penumpang (*Single Unit*) atau disingkat (SU).

5.1.3 Jarak Pandangan

Jarak pandangan ini meliputi :

1. Jarak Pandangan Henti, yaitu jarak minimum yang diperlukan pengemudi untuk menghentikan kendaraan yang sedang berjalan setelah melihat adanya rintangan pada lajur yang dilaluinya. Untuk mengukur jarak pandangan henti diasumsikan, ketinggian mata pengemudi 1,25 meter dan ketinggian penghalang adalah 0,10 meter sesuai dengan standar Bina Marga maka jarak pandangan henti yang diambil adalah :
 - Jalan utama : pada kecepatan 80 km/jam adalah sebesar 120 m.
 - Jalan penghubung : pada kecepatan 40 km/jam adalah sebesar 40 m.
 - Jalan keluar-masuk : pada kecepatan 60 km/jam adalah sebesar 75 m.

Secara umum untuk menghitung jarak pandangan henti dapat digunakan tabel 5.1 (Bina Marga 1990).

Tabel 5.1 Tabel jarak pandangan henti minimum

Kecepatan rencana (km/jam)	80	60	50	40	30	20
Jarak pandangan minimum (m)	120	75	55	40	25	15

2. Jarak Pandangan Menyiap (untuk jalan dua lajur), yaitu jarak yang diperlukan pengemudi untuk menyiapkan kendaran di depannya dengan menggunakan lajur

lalu lintas lawan. Diasumsikan ketinggian mata pengemudi dan ketinggian penghalang sama yaitu 1.25m.

5.1.4 Penampang Melintang

1. Lebar R.O.W/ Daerah Penguasa Jalan (DPJ) minimum, R.W.O ini diperlukan untuk pengamanan dan keperluan pelebaran jalan di masa mendatang. Lebar R.O.W. yang diperlukan untuk jalan utama 4 lajur adalah 60 m.

2. Lebar Perkerasan

Lebar perkerasan pada proyek ini diambil 3.6 m per lajur untuk jalan utama, sedangkan untuk simpangannya untuk dua lajur digunakan 4.0 m dan untuk satu lajur juga 4.0 m, dan jalan aksesnya 3.5 m per lajurnya.

3. Lebar Bahu

Bahu jalan diperlukan untuk memberikan kebebasan samping dan tempat pemberhentian sementara bagi pengemudi dalam keadaan darurat, serta untuk meminimumkan pengaruh yang ditimbulkan akibat adanya kendaraan mogok.

Lebar bahu jalan yang diambil masing-masing adalah :

- Jalan Utama : Bahu luar 3.0 m dan bahu dalam 1.00 m
- Jalan Sim pang Susun : Bahu luar 3.0 m dan bahu dalam 0.50 m
- Jalan Akses : Bahu luar 3.0 m dan bahu dalam 0.25 m

4. Lebar Median

Median yang diperlukan sebagai ruang bebas – antara dan juga untuk pemasangan rambu, lampu dan pilar jembatan. Besarnya median disini adalah :

- Jalan Utama : 3.0 m
- Jalan Simpang Susun : 0.6 m
- Jalan Akses : 0.6 m

5. Kemiringan Perkerasan dan Bahu jalan

Kemiringan perkerasan dan bahu jalan diperlukan untuk mengalirkan air permukaan ke samping/bahu jalan dan seterusnya ke drainasi yang telah dipersiapkan. Kemiringan perkerasan pada jalan normal 2%, sedangkan pada bahu jalan 4%. Untuk kemiringan samping *Side Slope* diambil sebagai berikut :

- Jalan Utama : 2 : 1
- Jalan Simpang Susun : 2 : 1
- Jalan Akses : 2 : 1

6. Superelevasi

Superelevasi maksimum yaitu kemiringan melintang maksimum yang terdapat pada suatu tikungan dan dimaksudkan untuk mengimbangi gaya dorongan radial keluar tikungan pada kendaraan sebagai akibat gaya sentrifugal.

Harga superelevasi maksimum adalah 10%, sedangkan superelevasi yang diperlukan di setiap tikungan dapat ditentukan dengan menurut tabel 5.2 atau dihitung dengan rumus :

$$e = (V^2 / 127R) - f$$

dengan : e = superelevasi(m/m)

V= kecepatan rencana (km/jam)

R = jari-jari tikungan (m)

f = koefisien gesekan

Tabel 5.2 Superelevasi (Bina Marga 1990)

	Kecepatan Rencana (km/jam)						Super Elevasi (%)
	80	60	50	40	30	20	
(R) Jari	$230 \leq R < 280$	$120 \leq R < 150$	$80 \leq R < 100$	$50 \leq R < 65$	-	-	10
	$280 \leq R < 330$	$150 \leq R < 190$	$100 \leq R < 130$	$65 \leq R < 80$	-	-	9
	$330 \leq R < 380$	$190 \leq R < 230$	$130 \leq R < 160$	$80 \leq R < 100$	$30 \leq R < 40$	$15 \leq R < 20$	8
	$380 \leq R < 450$	$230 \leq R < 270$	$160 \leq R < 200$	$100 \leq R < 130$	$40 \leq R < 60$	$20 \leq R < 30$	7
	$450 \leq R < 540$	$270 \leq R < 330$	$200 \leq R < 240$	$130 \leq R < 160$	$60 \leq R < 80$	$30 \leq R < 40$	6
	$540 \leq R < 670$	$330 \leq R < 420$	$240 \leq R < 310$	$160 \leq R < 210$	$80 \leq R < 110$	$40 \leq R < 50$	5
	$670 \leq R < 870$	$420 \leq R < 560$	$310 \leq R < 410$	$210 \leq R < 280$	$110 \leq R < 150$	$50 \leq R < 70$	4
	$870 \leq R < 1240$	$560 \leq R < 800$	$410 \leq R < 590$	$280 \leq R < 400$	$150 \leq R < 220$	$70 \leq R < 100$	3
(m)	$1240 \leq R < 3500$	$800 \leq R < 2000$	$590 \leq R < 1300$	$400 \leq R < 800$	$220 \leq R < 500$	$100 \leq R < 200$	2

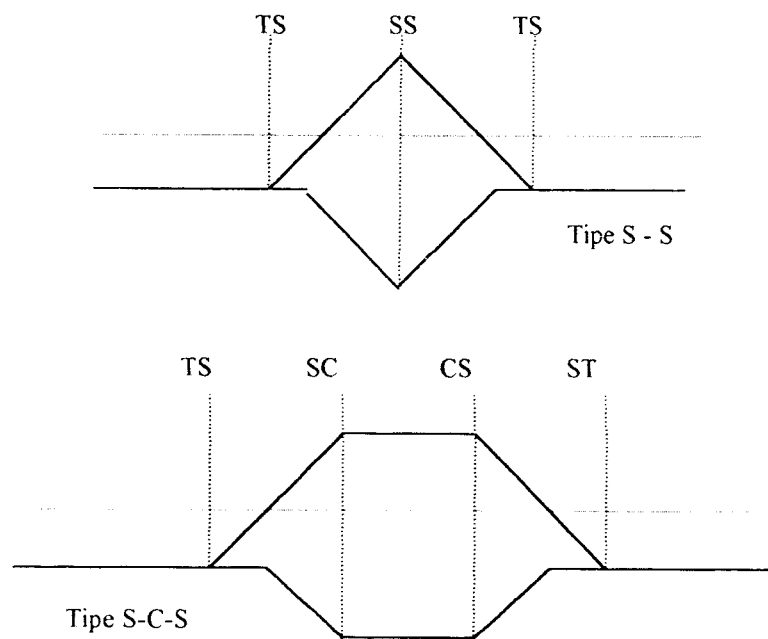
Untuk mencapai kemiringan penuh, dimulai dari bentuk permukaan jalan normal dapat dilakukan dengan 3 cara :

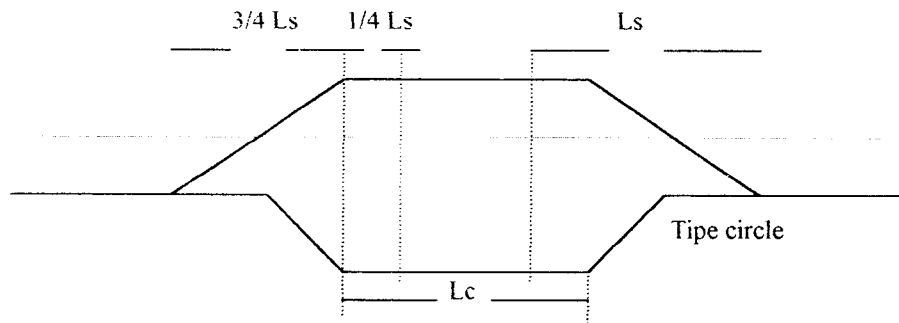
- Memutar perkerasan jalan terhadap profil sumbu.
- Memutar perkerasan jalan terhadap tepi dalam.
- Memutar perkerasan jalan terhadap tepi luar

Pada profil ini, untuk jalan yang masing-masing arah dibagi/terpisah dipergunakan cara kedua, sedang untuk jalan dua lajur dua arah dipakai cara kesatu. Dalam pencapaian itu sendiri dilakukan secara bertahap agar dipenuhi syarat keamanan dan kenyamanan pemakai jalan. Pencapaian superelevasi

maksimum (*Superelevation run off*) pada lengkung tikungan menurut cara Bina Marga adalah sebagai berikut:

Untuk tikungan dengan lengkung peralihan, perubahan dilakukan sepanjang lengkung peralihan hingga superelevasi maksimum dicapai pada permulaan circle pada tipe Spiral-Circle-Spiral (S-C-S) atau pada titik SS untuk tikungan tipe spiral-spiral (S-S). Untuk tikungan tanpa lengkung peralihan (tipe Full Circle), perubahan dilakukan pada 3/4 bagian lajur yang lurus dan 1/4 bagian lagi bagian tikungan yang berupa lingkaran. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 5.1 berikut :





Gambar 5.1 Pengambilan pencapaian superelevasi maksimum

Untuk pencapaian superelevasi maksimum, Bina Marga mensyaratkan panjang lengkung peralihan minimum dihitung dengan rumus :

$$L_s = b.m.e ; \quad b = \text{lebar jalur}$$

m = satu perlandai relatif maksimum

e = kemiringan total maksimum ($e_a + e_{mak}$)

Tabel 5.3 Kelandaian relatif maksimum

Kecepatan rencana (km/jam)	Kelandaian relatif maksimum (1/m)
	Bina Marga (luar kota)
20	1/50
30	1/75
40	1/100
50	1/115
60	1/125
80	1/150
100	-

Pada proyek ini diambil harga relatif maksimum antara tepi perkerasan sebagai berikut :

- Jalan Utama = Kecepatan 80 km/jam diambil 1/50
- Jalan penghubung = Kecepatan 40 km jam diambil 1/100

5.1.5 Alinyemen Horisontal

Perancangan alinyemen horisontal ini sebagian besar menyangkut masalah tikungan, selengkapnya adalah sebagai berikut :

1. Jari – jari horisontal minimum

Besarnya jari – jari minimum ditentukan oleh besarnya kecepatan rencana seperti ditunjukkan pada tabel 5.4.

Tabel 5.4 Jari – jari minimum (Bina Marga)

Kecepatan Rencana (km/jam)	80	60	50	40	30	20
Jari-jari lengkung minimum (m)	210	115	80	50	30	15

Besarnya jari – jari minimum menentukan besarnya super elevasi maksimum, seperti diperlihatkan pada tabel 5.2.

Harga yang diperoleh dengan mempergunakan $e_{mak} = 10\%$ adalah sebagai berikut :

- Jalan utama dengan kecepatan 80 km/jam, $R_{min} = 210\text{ m}$
- Jalan penghubung dengan kecepatan 40 km/jam, $R_{min} = 50\text{ m}$

2. Panjang lengkung peralihan

Lengkung peralihan adalah lengkung pada tikungan yang digunakan untuk mengadakan peralihan dari bagian jalan yang mempunyai jari-jari kelengkungan tertentu.

Menurut Bina Marga besarnya lengkung peralihan minimum ditentukan oleh dua hal :

1. Jarak pencapaian kemiringan yang cukup untuk perubahan dan kemiringan jalan normal sampai mencapai kemiringan tikungan yang dipilih.
2. Panjang lengkung peralihan ditentukan dengan rumus :

$$L = V \cdot t = \frac{V}{3,6} t, \text{ dengan :}$$

L = panjang lengkung peralihan minimum (m)

V = kecepatan rencana (km/jam)

t = waktu tempuh pada lengkung peralihan (detik),

umumnya besar t berkisar antara 3 – 5 detik, untuk perencanaan Bina Marga mengambil $t = 2$ detik.

Lengkung peralihan lainnya yang banyak diterapkan pada jalan-jalan bebas hambatan adalah lengkung spiral. Pada lengkung spiral gaya sentrifugal yang terjadi pada kecepatan konstan dimulai dari nol, lalu membesar hingga mencapai $\frac{mV^2}{R}$ secara berangsur-angsur.

Dengan demikian pemakai jalan akan merasakan gaya percepatan sentrifugal sebesar : $\alpha_c = V^2 / R$

Persamaan dasar lengkung spiral adalah $R.L = 1/c = A^2$.

Parameter lengkung peralihan (A) adalah suatu konstanta dimensi yang menunjukkan besarnya spiral.

3. Jari - jari horisontal minimum tanpa lengkung peralihan

Bila jari - jari lengkung besar maka tidak diperlukan lengkung peralihan. Jika lengkung peralihan dipasang, alinyemen mendatar bergeser dari garis singgung ke suatu lengkung. Nilai pergeseran tergantung pada panjang lengkung peralihan dan jari - jari lengkung. Jika jari-jari besar maka pergeseran kecil, pergeseran dapat diadakan di dalam lebar jalur, maka tidak dibutuhkan lengkung peralihan. Rumus dibawah ini, untuk mendapatkannya dengan perubahan kurang dari 20 cm. Besarnya jari-jari tersebut direkomendasi Bina Marga, terlihat pada tabel 5.5.

$$S = (124) \times (L^2/R), \text{ dengan:}$$

S = Nilai pergeseran (m)

R = Jari-jari horisontal minimum tanpa lengkung peralihan (m)

L = Panjang lengkung peralihan (m)

Tabel 5.5 Jari-jari minimum tanpa lengkung peralihan

Kecepatan rencana (km/jam)	80	60	50	40	30	20
Jari-jari lengkung (m)	900	500	350	250	130	60

4. Jari-jari horisontal minimum tanpa superelevasi

Besar jari-jari tersebut dapat dilihat pada tabel 5.6 atau dihitung dengan rumus :

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

R = Jari-jari horisontal minimum tanpa superelevasi (m)

V = kecepatan rencana (km/jam)

e = kemiringan perkerasan (en)

f_m = koefisien gesekan melintang

Tabel 5.6 Jari-jari minimum tanpa superelevasi

Kecepatan rencana (km/jam)	80	60	50	40	30	20
Jari-jari (m)	3500	2000	1300	800	500	200

5. Pelebaran perkerasan pada tikungan

Pelebaran perkerasan pada tikungan diperlukan agar pengoperasian kendaraan di tikungan sama dengan pada jalan lurus. Untuk menghitung lebar perkerasan pada tikungan dapat dipergunakan spesifikasi standar Bina Marga 1990, dihitung dengan menggunakan rumus atau dengan menggunakan tabel 5.7

Tabel 5.7 Perlebaran perkerasan pada tikungan

Jari-jari lengkung R (m)		Perlebaran perlajur (m)
Kelas 1	Kelas 2,3,4	
280>R≥150	160>R≥90	0,25
150>R≥100	90>R≥60	0,50
100>R≥70	60>R≥45	0,75
70>R≥50	45>R≥32	1,00
	32>R≥26	1,25
	26>R≥21	1,50
	21>R≥19	1,75
	19>R≥16	2,00
	16>R≥15	2,25

6. Pandangan bebas pada tikungan

Pandangan bebas ini dibuat dengan jalan memberikan kebebasan samping atau membatasi jarak penghalang ditepi tikungan dalam jalan yang bersangkutan.

Besarnya jarak pandangan bebas dapat dihitung dari rumus :

$$E = \frac{d^2}{8R}$$

E = Jarak pandang bebas pada tikungan (m)

d = Jarak pandangan henti (m)

R = Jari-jari tikungan (m)

5.1.6 Alinyemen Vertikal

Perancangan alinyemen vertikal ini meliputi masalah kelandaian jalan, lengkung vertikal dari pertemuan dua macam kelandaian dan jarak pandangan.

1. Landai maksimum dan panjang landai kritis

Besarnya landai maksimum yang dirancang pada proyek ini diambil sebagai berikut :

-landai maksimum jalan utama = 5 %

-landai maksimum jalanpenghubung = 5 %

Pembatasan kelandaian maksimum ini dimaksudkan untuk mengurangi efek menurunnya kecepatan lalu lintas terutama untuk kendaraan berat. Apabila keadaan memaksa digunakan landai maksimum, maka panjang landai dibatasi, biasanya disebut panjang landai kritis, yaitu dapat mengakibatkan pengurangan kecepatan maksimum sebesar 25 km/jam. Menurut standar perancangan Bina Marga maka panjang landai kritis seperti pada tabel 5.8 berikut :

Tabel 5.8 : Panjang landai kritis

Landai (%)	3	4	5	6
Panjang kritis (m)	480	330	250	200

2. Panjang minimum lengkung vertikal

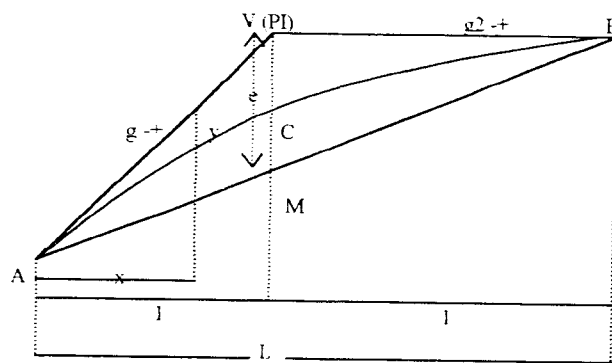
Lengkung ini digunakan untuk merubah secara bertahap antara dua macam kelandaian, agar diperoleh keamanan, kenyamanan dan memenuhi persyaratan drainasi yang baik. Lengkung vertikal ini pada dasarnya ada dua tipe yaitu langkung vertikal cembung dan lengkung vertikal cekung (lihat gambar 5.2).

Persamaan lengkung yang digunakan adalah lengkung para bola sederhana tingkat - 2 yaitu :

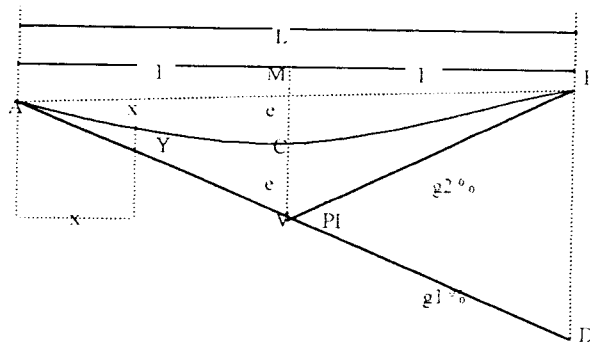
$$A = G_1 - G_2 \quad (5.1)$$

$$Ev = A \cdot \frac{Lv}{800} \quad (5.2)$$

Lengkung vertikal cembung

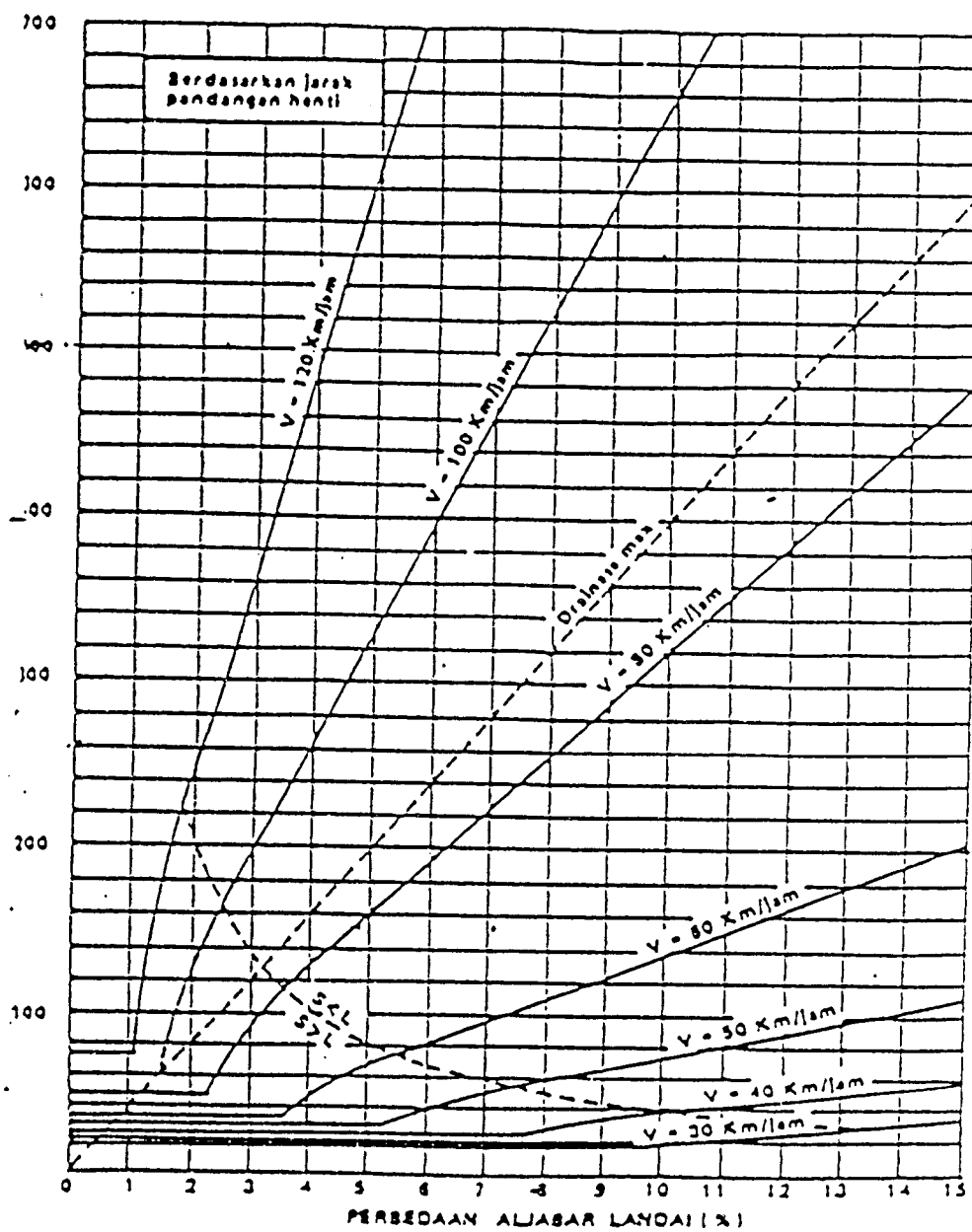


Lengkung vertikal cekung

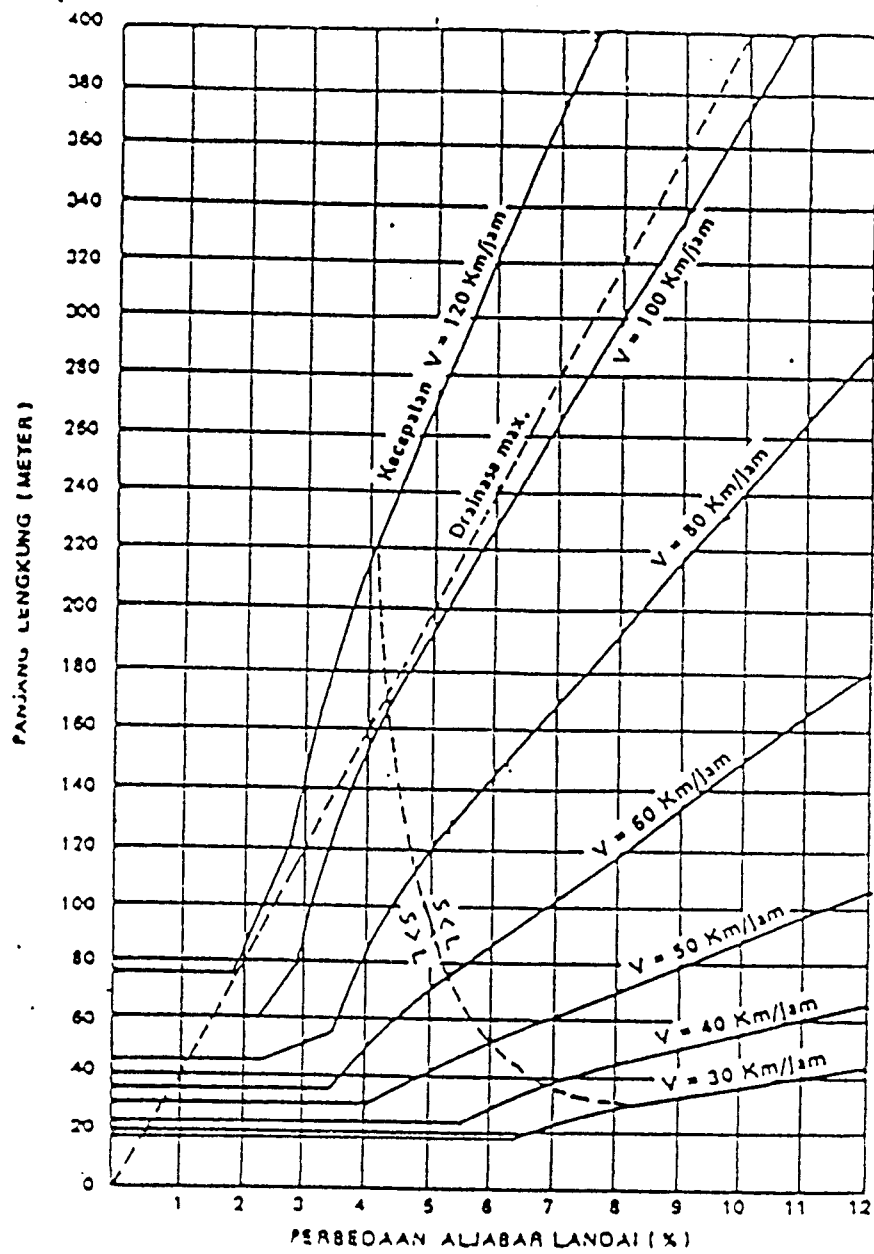


Gambar 5.2 : Lengkung vertikal cembung dan lengkung vertikal cekung

Panjang minimum lengkung vertikal, dapat ditentukan menurut grafik 5.1 dan 5.2 berikut, sesuai dengan perancangan Bina Marga.



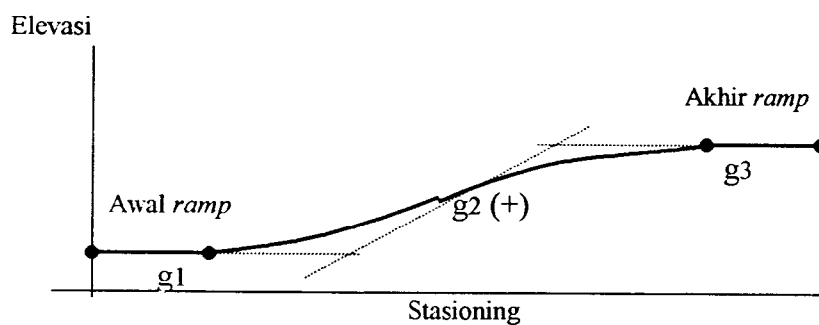
Grafik 5.1 : Panjang lengkung vertikal cembung



Grafik 5.2 : Panjang lengkung vertikal cekung

3. Profil jalan penghubung (*ramp*)

Elemen – elemen dari jalan utama berfungsi untuk mengontrol terhadap rancangan profil *ramp*. Profil memanjang biasanya mempunyai bentuk seperti huruf S, perubahan kelandaian ditandai oleh dua lengkung vertikal yaitu lengkung vertikal cekung pada terminal yang rendah dan lengkung vertikal cembung yang lebih tinggi (lihat gambar 5.3).



Gambar 5.3 : Profil *ramp*

5.2 Perhitungan Geometrik

Dalam perancangan jalan, standar perancangan mengambil beberapa sumber selain standar perancangan Bina Marga. Pertama-tama dalam perancangan persimpangan (*Interchange*) adalah memilih garis awal (*base line*) dari masing-masing kaki simpang susun dengan memperhatikan kriteria perancangan yang telah ditetapkan.

Berdasarkan gambar situasi / topografi skala, dibuat sket rencana trase *ramp* simpang susun dengan beberapa alternatif. Kemudian diadakan peninjauan lapangan

untuk melihat kemungkinan-kemungkinan penerapannya, pemilihan alternatif didasar pada :

1. Bentuk terbaik
2. Mudah pengoperasiannya
3. Luas daerah terkecil, sehubungan dengan biaya yang relatif rendah.

5.2.1 Perancangan Jalan Penghubung (*Ramp*)

Komponen-komponen jalan penghubung yang merupakan terminal pada masing-masing kaki, berupa jalan penghubung berbentuk lengkung, parameter-parameter adalah :

5.2.1.1 Kecepatan rencana

Kecepatan rencanan pada *ramp* tergantung pada kecepatan rencana jalan utamanya (*freeway*) dan tidak kurang dari 50% dari kecepatan rencana jalan utama. Kecepatan rencana pada jalan utama adalah 80 km/jam, maka kecepatan rencana di *ramp* berkisar antara 40 – 60 km/jam.

5.2.1.2 Jarak pandang henti

Jarak pandang henti di *ramp* untuk kecepatan rencana 40 km/jam diambil sebesar 40 m , sesuai dengan persyaratan Bina Marga.

5.2.1.3 Potongan melintang

a. Lebar perkerasan

Lebar perkerasan pada *ramp* diambil sebesar 7,50 meter untuk dua lajur dan 4,5 meter untuk satu lajur.

- b. Lebar bahu Bahu jalan disediakan di sebelah kiri pada *ramp* satu arah (*one way ramp*), sedangkan bahu di sebelah kanan disediakan sebagai kebebasan samping (*lateral clearance*).

Diambil : - lebar bahu kiri = 3,00 meter

- lebar bahu kanan = 0,6 meter

- c. Lebar median.

Sesuai dengan peraturan Bina Marga maka untuk *ramp* 2 lajur- 2 arah tidak diberikan median.

- d. Kemiringan perkerasan dan bahu

Harga kemiringan perkerasan dan bahu ini pada kemiringan normal diambil 2,0 % dan 4,0 %.

- e. Superelevasi

Harga superelevasi maksimum dan syarat pencapaiannya diambil sesuai dengan standar perencanaan Bina Marga yaitu sebesar 8 %.

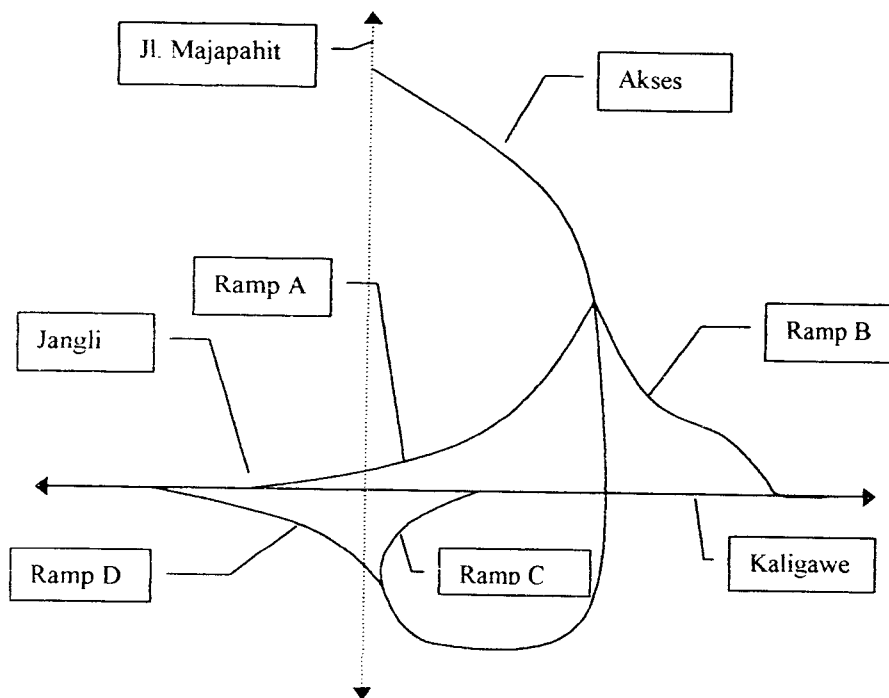
- f. Landai relatif maksimum.

Landai relatif antara tepi perkerasan dan garis sumbu diambil 1 : 100.

- g. Pemberian nama.

Tipe *Interchange* yang dipilih adalah tipe trompet (gambar 5.4), untuk memudahkan pembahasan selanjutnya ditetapkan penamaan masing – masing bagian sebagai berikut :

- Jalan utama untuk lalu lintas menerus disebut : *Highway*
- Jalan keluar masuk yang menghubungkan ke jalan Majapahit disebut *akses road*
- Jalan penghubung dari arah Jangli ke Majapahit disebut *Ramp A*
- Jalan penghubung dari Majapahit ke Kaligawe disebut *Ramp B*
- Jalan penghubung dari arah Kaligawe ke jalan Majapahit disebut *Ramp C*
- Jalan penghubung dari Majapahit ke arah Jangli disebut *Ramp D*



Gambar 5.4 : Lay Out Simpang susun Majapahit

h. Elemen-elemen lengkung horizontal

Rumus *Modified Short Formula* :

$$L_s = 0,022 \frac{V^3}{R.c} - 2,727 \frac{V.e}{c} \quad (5.3)$$

Ls diperiksa dengan landai relatif masimum = $\frac{1}{100}$

$$\frac{h}{Ls} = \frac{1}{100} \quad ; \quad Ls = 100.h$$

$$h = (e_n \times b) + (e \times b) \quad (5.4)$$

$$\theta_s = \frac{90 Ls}{\pi R} \quad (5.5)$$

$$\Delta c = \Delta - 2\theta_s \quad (5.6)$$

$$Lc = \frac{\Delta c \cdot 2\pi \cdot R}{360} \quad (5.7)$$

$$P = \frac{Ls^2}{6R} - R(1 - \cos\theta_s) \quad (5.8)$$

$$K = Ls - \frac{Ls^3}{(40 \times R^2)} - R \sin\theta_s \quad (5.9)$$

$$Ts = (R + p) \tan(0,5 \Delta l) + K \quad (5.10)$$

$$Es = \frac{R + p}{\cos 0,5 \Delta l} - R \quad (5.11)$$

$$Tc = R \tan \frac{1}{2} \Delta \quad (5.12)$$

$$Ec = Tc \tan \frac{1}{2} \Delta \quad (5.13)$$

$$Lc = \frac{\pi}{180} \cdot \Delta \cdot R \quad (5.14)$$

5.2.1.4 Alinyemen horisontal

a. Jari-jari minimum.

Diambil sesuai dengan standar Bina Marga, untuk kecepatan rencana 40 km/jam yaitu:

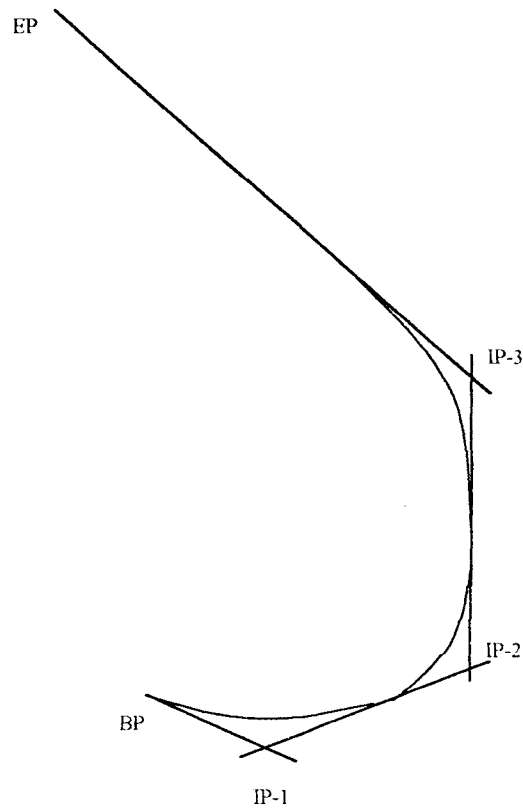
- Jari-jari minimum dengan lengkung peralihan sebesar 50 meter
- Jari-jari minimum tanpa lengkung peralihan sebesar 300 meter
- Jari-jari minimum tanpa kemiringan tikungan sebesar 420 meter

b. Parameter lengkung peralihan

Lengkung peralihan yang dipergunakan adalah spiral, besar parameter yang disyaratkan adalah A berkisar antara 50 s/d 120 meter, pada proyek ini diambil $A_{\min} = 50$ meter.

5.2.2 Perhitungan Alinyemen Horizontal

5.2.2.1 Jalan keluar masuk (*access ramp*)



Gambar 5.4 : Lengkung horizontal Akses

Koordinat BP (9137,80000 ; 8557,00000)

IP-1 (9492,82071 ; 9080,77196)

IP-2 (9894,51626 ; 9046,96780)

IP-3 (9861,42447 ; 8835,50807)

EP (9837,15000 ; 8816,10000)

Azimut : BP = $34^{\circ}07'48,09''$ $\Delta_1 = 60^{\circ}40'49,06''$

IP-1 = $94^{\circ}48'37,14''$ $\Delta_2 = 94^{\circ}05'02,06''$

$$IP-2 = 188^{\circ}53'39,20'' \quad \Delta_3 = 42^{\circ}27'42,37''$$

$$IP-3 = 231^{\circ}21'21,74''$$

Jarak : $d(BP - IP-1) = 632,75333 \text{ m}$

$$d(IP-1 - IP-2) = 403,11541 \text{ m}$$

$$d(IP-2 - IP-3) = 214,03634 \text{ m}$$

$$d(IP-3 - EP) = 35,95470 \text{ m}$$

1. Tikungan I

Dirancang dengan menggunakan lengkung S-C-S

$$V_{rencana} = 40 \text{ km / jam} \quad e_{maks} = 0,08$$

$$\Delta_1 = 60^{\circ}40'49,06'' \quad R_{rencana} = 80,0000 \text{ m}$$

Dari tabel III-10, AASHTO 1994 didapat :

$$e = 0,072 \quad L_s = 37 \text{ m}$$

L_s diperiksa dengan rumus *Modified Short Formula* :

$$L_s = 0,022 \frac{V^3}{R \cdot c} - 2,727 \frac{V \cdot e}{c} \quad (5.3)$$

$$= 0,022 \frac{40^3}{80 \cdot 0,4} - 2,727 \frac{40 \cdot 0,072}{0,4} = 24,3656 \text{ m} < 37 \text{ m} \dots \text{ok}$$

L_s diperiksa dengan landai relatif maksimum = $\frac{1}{100}$

$$\frac{h}{L_s} = \frac{1}{100} \quad ; \quad L_s = 100 \cdot h$$

$$h = (0,02 \times 3,5) + (0,072 \times 3,5) \quad (5.4)$$

$$= 0,322$$

$$L_s = 100 \times 0,322$$

$$= 32,2 \text{ m} < 37 \text{ m} \dots \text{ok}$$

$$\theta_s = \frac{90 L_s}{\pi R} = \frac{90}{\pi} \times \frac{37}{80} = 13,24965 = 13^\circ 14' 58,74'' \quad (5.5)$$

$$\Delta c = \Delta i - 2\theta_s = 60^\circ 40' 49,06'' - 2(13^\circ 14' 58,74'') = 34^\circ 10' 48'' \quad (5.6)$$

$$L_c = \frac{\Delta c \cdot 2\pi R}{360} = \frac{34^\circ 10' 48'' \times 2\pi \times 80}{360} = 47,72428 \text{ m} \quad (5.7)$$

$$P = \frac{L_s^2}{6R} - R(1 - \cos \theta_s) = \frac{37^2}{6 \times 80} - 80(1 - \cos 13^\circ 14' 58,74'') = 0,72254 \text{ m} \quad (5.8)$$

$$K = L_s - \frac{L_s^3}{(40 \times R^2)} - R \sin \theta_s = 37 - \frac{37^3}{40 \times 80^2} - 80 \sin 13^\circ 14' 58,74''$$

$$= 18,46658 \text{ m} \quad (5.9)$$

$$T_s = (R + p) \tan(0,5 \Delta i) + K = (80 + 0,72254) \tan 30^\circ 20' 24,52'' + 18,46658$$

$$= 65,71293 \text{ m} \quad (5.10)$$

$$E_s = \frac{R + p}{\cos 0,5 \Delta i} - R = \frac{80 + 0,72254}{\cos 30^\circ 20' 24,52''} = 13,53259 \text{ m} \quad (5.11)$$

2. Tikungan II

Dirancang dengan menggunakan lengkung S-C-S

$$V_{rencana} = 40 \text{ km / jam} \quad e_{maks} = 0,08$$

$$\Delta_2 = 94^\circ 05' 2,08'' \quad R_{rencana} = 150,00 \text{ m}$$

Dari tabel III-10, AASHTO 1994 didapat :

$$e = 0,054 \quad L_s = 28 \text{ m}$$

L_s diperiksa dengan rumus *Modified Short Formula* :

$$L_s = 0,022 \frac{V^3}{R \cdot c} - 2,727 \frac{V \cdot e}{c} \quad (5.3)$$

$$= 0,022 \frac{40^3}{150 \cdot 0,4} - 2,727 \frac{40 \cdot 0,054}{0,4} = 8,7412 \text{ m} < 28 \text{ m} \dots \text{ ok}$$

$$L_s \text{ diperiksa dengan landai relatif maksimum} = \frac{1}{100}$$

$$\frac{h}{L_s} = \frac{1}{100} \quad ; \quad L_s = 100 \cdot h$$

$$h = (0,02 \times 3,5) + (0,054 \times 3,5) \quad (5.4)$$

$$= 0,259$$

$$L_s = 100 \times 0,259$$

$$= 25,9 \text{ m} < 28 \text{ m} \dots \text{ ok}$$

$$\theta_s = \frac{90 L_s}{\pi R} = \frac{90}{\pi} \times \frac{28}{150} = 5,3476 = 5^\circ 20' 51,36'' \quad (5.5)$$

$$\Delta c = \Delta_2 - 2\theta_s = 94^\circ 05' 2,08'' - 2(5^\circ 20' 51,36'') = 83^\circ 23' 19,32'' \quad (5.6)$$

$$L_c = \frac{\Delta c \cdot 2\pi \cdot R}{360} = \frac{83^\circ 23' 19,32'' \times 2\pi \times 150}{360} = 218,3111 \text{ m} \quad (5.7)$$

$$P = \frac{L_s^2}{6R} - R(1 - \cos \theta_s) = \frac{28^2}{6 \times 150} - 150(1 - \cos 5^\circ 20' 51,36'') = 0,21825 \text{ m} \quad (5.8)$$

$$K = L_s - \frac{L_s^3}{(40 \times R^2)} - R \sin \theta_s = 37 - \frac{28^3}{40 \times 150^2} - 80 \sin 5^\circ 20' 51,36''$$

$$= 13,99594 \text{ m} \quad (5.9)$$

$$T_s = (R + p) \tan(0,5 \Delta_2) + K = (150 + 0,21825) \tan 94^\circ 05' 2,08'' + 13,99594$$

$$= 125,32194 \text{ m} \quad (5.10)$$

$$Es = \frac{R + p}{\cos 0,5\Delta_2} - R = \frac{150 + 0,21825}{\cos 94^{\circ}05'2,08''} = 70,43503 \text{ m} \quad (5.11)$$

3. Tikungan III

Dirancang dengan menggunakan lengkung *Full Circle*

$$V_{rencana} = 40 \text{ km / jam} \quad e_{maks} = 0,08$$

$$\Delta_3 = 42^{\circ}27'42,37'' \quad R_{rencana} = 70,00 \text{ m}$$

$$Tc = R \tan \frac{1}{2}\Delta_3 = 70 \tan 21,23089 = 27,1946 \text{ m} \quad (5.12)$$

$$Ec = Tc \tan \frac{1}{2}\Delta_3 = 27,1946 \tan 21,23089 = 10,56498 \text{ m} \quad (5.13)$$

$$Lc = \frac{\pi}{180} \cdot \Delta_3 \cdot R = \frac{\pi}{180} \cdot 42^{\circ}27'42,37'' = 51,82690 \text{ m} \quad (5.14)$$

Stasioning :

$$BP = 0 + 000$$

$$TS_1 = (D_{BP-P11} - Ts) = 567,0404 \text{ m}$$

$$SC = (0 + 567,0404) + Ls = 604,0404 \text{ m}$$

$$CS = (0 + 604,0404) + Lc = 651,7647 \text{ m}$$

$$ST_1 = (0 + 651,7647) + Ls = 688,7647 \text{ m}$$

$$TS_2 = (0 + 688,7647) + (d_{IP1-IP2} - Ts_1 - Ts_2) = 850,8472 \text{ m}$$

$$SC = (0 + 850,8472) + Ls = 878,8472 \text{ m}$$

$$CS = (0 + 878,8472) + Lc = 1097,1583 \text{ m}$$

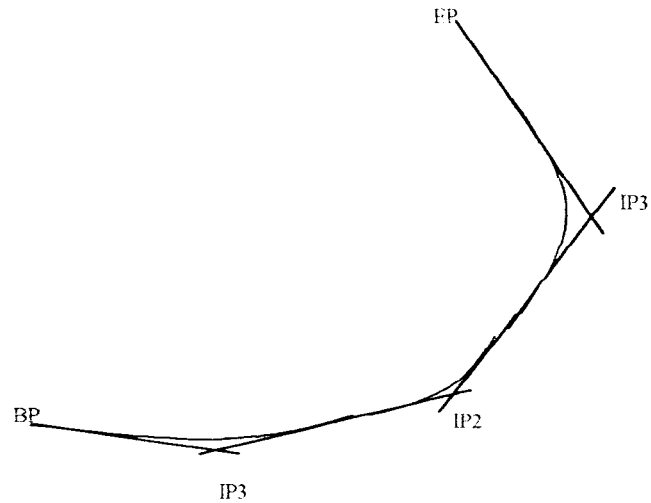
$$ST_2 = (1 + 097,1583) + Ls = 1125,1583 \text{ m}$$

$$TC = (1 + 125,1583) + (d_{IP2-IP3} - Ts_2 - Tc) = 1136,7651 \text{ m}$$

$$CT = (1 + 136,7651) + Lc = 1188,55203 \text{ m}$$

$$EP = (1 + 188,55203) - (d_{IP3-EP} - Tc) = 1193,3166 \text{ m}$$

5.2.2.2 Ramp A



Gambar 5.5 : Lengkung horizontal ramp A

Koordinat BP (9679,7884 ; 8817,6438)

IP-1 (9677,6890 ; 8866,4214)

IP-2 (9654,8887 ; 9027,5573)

IP-3 (9499,9407 ; 9071,8581)

EP (9837,15000 ; 8816,10000)

Azimut : BP = 357°32'07,80" $\Delta_1 = 05°35'24,87''$

IP-1 = 351°56'42,94" $\Delta_2 = 65°58'58,07''$

IP-2 = 285°57'44,87" $\Delta_3 = 67°07'28,77''$

IP-3 = 218°50'16,09"

Jarak : d(BP - IP-1) = 48,8228 m

d(IP-1 - IP-2) = 162,7212 m

$$d(\text{IP-2} - \text{IP-3}) = 161,1621 \text{ m}$$

$$d(\text{IP-3} - \text{EP}) = 104,7228 \text{ m}$$

1. Tikungan I

Dirancang dengan menggunakan lengkung S-C-S

$$V_{\text{rencana}} = 40 \text{ km / jam} \quad e_{\text{maks}} = 0,08$$

$$\Delta_1 = 05^\circ 35' 24,87'' \quad R_{\text{rencana}} = 500,00 \text{ m}$$

Dari tabel III-10, AASHTO 1994 didapat :

$$e = 0,022 \quad L_s = 22 \text{ m}$$

L_s diperiksa dengan rumus *Modified Short Formula* :

$$L_s = 0,022 \frac{V^3}{R \cdot c} - 2,727 \frac{V \cdot e}{c} \quad (5.3)$$

$$= 0,022 \frac{40^3}{500 \cdot 0,4} - 2,727 \frac{40 \cdot 0,022}{0,4} = 1,0406 \text{ m} < 22 \text{ m} \dots \text{ok}$$

$$L_s \text{ diperiksa dengan landai relatif maksimum} = \frac{1}{100}$$

$$\frac{h}{L_d} = \frac{1}{100} \quad ; \quad L_s = 100 \cdot h$$

$$h = (0,02 \times 3,5) + (0,022 \times 3,5) \quad (5.4)$$

$$= 0,1470$$

$$L_s = 100 \times 0,1470$$

$$= 14,7 \text{ m} < 22 \text{ m} \dots \text{ok}$$

$$\theta_s = \frac{90 L_s}{\pi R} = \frac{90}{\pi} \times \frac{22}{500} = 1,26051 = 01^\circ 15' 37,84'' \quad (5.5)$$

$$\Delta c = \Delta l - 2\theta s = 05^{\circ}35'24,87'' - 2(01^{\circ}15'37,84'') = 3,06923 \quad (5.6)$$

$$L_c = \frac{\Delta c \cdot 2\pi \cdot R}{360} = \frac{3^{\circ}49,2'' \times 2\pi \times 500}{360} = 26,7841 \text{ m} \quad (5.7)$$

$$P = \frac{L_s^2}{6R} - R(1 - \cos\theta s) = \frac{22^2}{6 \times 500} - 500(1 - \cos 01^{\circ}15'37,84'') = 0,0403 \text{ m} \quad (5.8)$$

$$\begin{aligned} K &= L_s - \frac{L_s^3}{(40 \times R^2)} - R \sin\theta s = 22 - \frac{22^3}{40 \times 500^2} - 500 \sin 01^{\circ}15'37,84'' \\ &= 10,9998 \text{ m} \end{aligned} \quad (5.9)$$

$$\begin{aligned} T_s &= (R + p) \tan(0,5 \Delta l) + K = (500 + 0,0403) \tan 02^{\circ}47'42,43'' + 10,9998 \\ &= 35,4132 \text{ m} \end{aligned} \quad (5.10)$$

$$E_s = \frac{R + p}{\cos 0,5 \Delta l} - R = \frac{500 + 0,0403}{\cos 02^{\circ}47'42,43''} - 500 = 0,63595 \text{ m} \quad (5.11)$$

2. Tikungan II

Dirancang dengan menggunakan lengkung S-C-S

$$V_{rencana} = 40 \text{ km / jam} \quad e_{maks} = 0,08$$

$$\Delta_2 = 65^{\circ}58'58,07'' \quad R_{rencana} = 100,00 \text{ m}$$

Dari tabel III-10, AASHTO 1994 didapat :

$$e = 0,065 \quad L_s = 33 \text{ m}$$

L_s diperiksa dengan rumus *Modified Short Formula* :

$$L_s = 0,022 \frac{V^3}{R \cdot c} - 2,727 \frac{V \cdot e}{c} \quad (5.3)$$

$$= 0,022 \frac{40^3}{100 \cdot 0,4} - 2,727 \frac{40 \cdot 0,065}{0,4} = 17,4745 \text{ m} < 33 \text{ m} \dots \text{ok}$$

Ls diperiksa dengan landai relatif maksimum = $\frac{1}{100}$

$$\frac{h}{L_s} = \frac{1}{100} \quad ; \quad L_s = 100 \cdot h$$

$$h = (0,02 \times 3,5) + (0,065 \times 3,5) \quad (5.4)$$

$$= 0,2975$$

$$L_s = 100 \times 0,2975$$

$$= 29,75 \text{ m} < 33 \text{ m} \dots \text{ok}$$

$$\theta_s = \frac{90 L_s}{\pi R} = \frac{90}{\pi} \times \frac{33}{100} = 9,4538 = 09^\circ 27' 13,68'' \quad (5.5)$$

$$\Delta_c = \Delta_2 - 2\theta_s = 65^\circ 58' 58,07'' - 2(09^\circ 27' 13,68'') = 47^\circ 04' 30,68'' \quad (5.6)$$

$$L_c = \frac{\Delta_c \cdot 2\pi \cdot R}{360} = \frac{47^\circ 04' 30,68'' \times 2\pi \times 100}{360} = 82,1617 \text{ m} \quad (5.7)$$

$$P = \frac{L_s^2}{6R} - R(1 - \cos \theta_s) = \frac{33^2}{6 \times 100} - 100(1 - \cos 09^\circ 27' 13,68'') = 0,4568 \text{ m} \quad (5.8)$$

$$K = L_s - \frac{L_s^3}{(40 \times R^2)} - R \sin \theta_s = 33 - \frac{33^3}{40 \times 100^2} - 100 \sin 09^\circ 27' 13,68''$$

$$= 16,4849 \text{ m} \quad (5.9)$$

$$T_s = (R + p) \tan(0,5 \Delta_2) + K = (100 + 0,4568) \tan 32^\circ 59' 29,04'' + 16,4849$$

$$= 81,7009 \text{ m} \quad (5.10)$$

$$E_s = \frac{R + p}{\cos 0,5 \Delta_2} - R = \frac{100 + 0,4568}{\cos 32^\circ 59' 29,04''} = 19,7694 \text{ m} \quad (5.11)$$

3. Tikungan III

Dirancang dengan menggunakan lengkung S-C-S

$$V_{rencana} = 40 \text{ km / jam} \quad e_{maks} = 0,08$$

$$\Delta s = 42^\circ 27' 42,37'' \quad R_{rencana} = 80,00 \text{ m}$$

Dari tabel III-10, AASHTO 1994 didapat :

$$e = 0,072 \quad L_s = 37 \text{ m}$$

L_s diperiksa dengan rumus *Modified Short Formula* :

$$L_s = 0,022 \frac{V^3}{R \cdot c} - 2,727 \frac{V \cdot e}{c} \quad (5.3)$$

$$= 0,022 \frac{40^3}{80 \cdot 0,4} - 2,727 \frac{40 \cdot 0,072}{0,4} = 24,3656 \text{ m} < 37 \text{ m} \dots \text{ok}$$

L_s diperiksa dengan landai relatif maksimum = $\frac{1}{100}$

$$\frac{h}{L_s} = \frac{1}{100} \quad ; \quad L_s = 100 \cdot h$$

$$h = (0,02 \times 3,5) + (0,072 \times 3,5) \quad (5.4)$$

$$= 0,322$$

$$L_s = 100 \times 0,322$$

$$= 32,2 \text{ m} < 37 \text{ m} \dots \text{ok}$$

$$\theta_s = \frac{90 L_s}{\pi R} = \frac{90}{\pi} \times \frac{37}{80} = 13,24965 = 13^\circ 14' 58,74'' \quad (5.5)$$

$$\Delta c = \Delta s - 2\theta_s = 60^\circ 40' 49,06'' - 2(13^\circ 14' 58,74'') = 34^\circ 10' 48'' \quad (5.6)$$

$$L_c = \frac{\Delta c \cdot 2\pi R}{360} = \frac{34^\circ 10' 48'' \times 2\pi \times 80}{360} = 47,72428 \text{ m} \quad (5.7)$$

$$P = \frac{L_s^2}{6R} - R(1 - \cos \theta_s) = \frac{37^2}{6 \times 80} - 80(1 - \cos 13^\circ 14' 58,74'') = 0,72254 \text{ m} \quad (5.8)$$

$$K = L_s - \frac{L_s^3}{(40 \times R^2)} - R \sin \theta_s = 37 - \frac{37^3}{40 \times 80^2} - 80 \sin 13^\circ 14' 58,74''$$

$$= 18,46658 \text{ m} \quad (5.9)$$

$$T_s = (R + p) \tan(0,5 \Delta_3) + K = (80 + 0,72254) \tan 30^\circ 20' 24,52'' + 18,46658$$

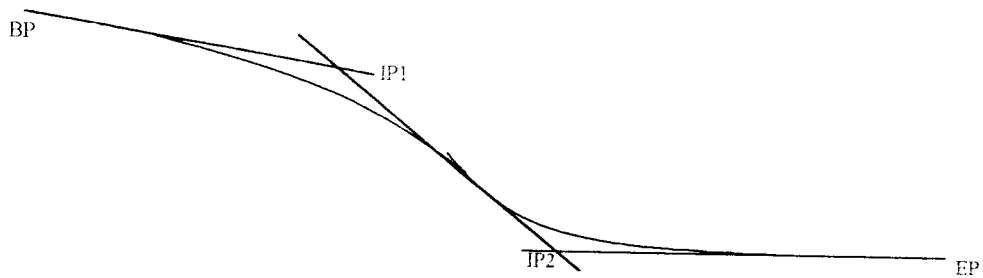
$$= 65,71293 \text{ m} \quad (5.10)$$

$$E_s = \frac{R + p}{\cos 0,5 \Delta_2} - R = \frac{80 + 0,72254}{\cos 30^\circ 20' 24,52''} = 13,53259 \text{ m} \quad (5.11)$$

Stasioning :

$$\begin{aligned} \text{BP} &= 0 + 000 \\ \text{TS}_1 &= (D_{\text{BP-IP1}} - T_s) = 13,4096 \text{ m} \\ \text{SC} &= (0 + 013,4096) + L_s = 35,4096 \text{ m} \\ \text{CS} &= (0 + 035,4096) + L_c = 62,1937 \text{ m} \\ \text{ST}_1 &= (0 + 062,1937) + L_s = 84,1937 \text{ m} \\ \text{TS}_2 &= (0 + 084,1937) + (d_{\text{IP1-IP2}} - T_{s1} - T_{s2}) = 130,8008 \text{ m} \\ \text{SC} &= (0 + 130,8008) + L_s = 163,8008 \text{ m} \\ \text{CS} &= (0 + 163,8008) + L_c = 245,9625 \text{ m} \\ \text{ST}_2 &= (1 + 245,9625) + L_s = 278,9625 \text{ m} \\ \text{TS}_3 &= (0 + 278,9625 + (d_{\text{IP2-IP3}} - T_{s2} - T_{s3})) = 292,54863 \text{ m} \\ \text{SC} &= (0 + 292,5486) + L_s = 329,5486 \text{ m} \\ \text{CS} &= (0 + 329,5486) + L_c = 377,2729 \text{ m} \\ \text{ST}_2 &= (0 + 377,2729) + L_s = 414,2729 \text{ m} \\ \text{EP} &= (0 + 414,2729) + (d_{\text{IP3-EP}} - T_{s3}) = 453,2828 \text{ m} \end{aligned}$$

5.2.2.3 Ramp B



Gambar 5.6 : Lengkung horizontal Ramp-B

Koordinat BP (9416,4326; 8972,1737)

IP-1 (9481,6370 ; 9085,3053)

IP-2 (9647,0472 ; 9129,7210)

EP (9624,1417 ; 9291,7504)

Azimut : BP = $29^{\circ}57'26,57''$ $\Delta_1 = 45^{\circ}00'43,88''$

IP-1 = $74^{\circ}58'10,45''$ $\Delta_2 = 83^{\circ}00'57,45''$

IP-2 = $351^{\circ}57'13''$

Jarak : d(BP - IP-1) = 126,2698 m

d(IP-1 - IP-2) = 172,6339 m

d(IP-2 - EP) = 163,6404 m

1. Tikungan I

Dirancang dengan menggunakan lengkung S-C-S

Vrencana = 40 km / jam e maks = 0,08

$\Delta_1 = 45^{\circ}00'43,88''$ R rencana = 120,00 m

Dari tabel III-10, AASHTO 1994 didapat :

$$e = 0,06 \quad L_s = 31 \text{ m}$$

L_s diperiksa dengan rumus *Modified Short Formula* :

$$\begin{aligned} L_s &= 0,022 \frac{V^3}{R \cdot c} - 2,727 \frac{V \cdot e}{c} \\ &= 0,022 \frac{40^3}{120 \cdot 0,4} - 2,727 \frac{40 \cdot 0,06}{0,4} = 12,938 \text{ m} < 31 \text{ m} \dots 0k \end{aligned} \quad (5.3)$$

L_s diperiksa dengan landai relatif maksimum = $\frac{1}{100}$

$$\frac{h}{L_s} = \frac{1}{100} \quad ; \quad L_s = 100 \cdot h$$

$$\begin{aligned} h &= (0,02 \times 3,5) + (0,06 \times 3,5) \\ &= 0,28 \end{aligned} \quad (5.4)$$

$$\begin{aligned} L_s &= 100 \times 0,28 \\ &= 28 \text{ m} < 31 \text{ m} \dots 0k \end{aligned}$$

$$\theta_s = \frac{90 L_s}{\pi R} = \frac{90}{\pi} \times \frac{31}{120} = 7,4007 = 7^\circ 24' 2,52'' \quad (5.5)$$

$$\Delta c = \Delta i - 2\theta_s = 45^\circ 00' 43,88'' - 2(7^\circ 24' 2,52'') = 30^\circ 12' 38,84'' \quad (5.6)$$

$$L_c = \frac{\Delta c \cdot 2\pi \cdot R}{360} = \frac{30^\circ 12' 38,84'' \times 2\pi \times 120}{360} = 63,2733 \text{ m} \quad (5.7)$$

$$P = \frac{L_s^2}{6R} - R(1 - \cos \theta_s) = \frac{31^2}{6 \times 120} - 120(1 - \cos 7^\circ 24' 02,52'') = 0,3351 \text{ m} \quad (5.8)$$

$$K = Ls - \frac{Ls^3}{(40 \times R^2)} - R \sin \theta_s = 31 - \frac{31^3}{40 \times 120^2} - 80 \sin 07^\circ 24' 028,52''$$

$$= 15,4914 \text{ m} \quad (5.9)$$

$$Ts = (R + p) \tan(0,5 \Delta I) + K = (80 + 0,3351) \tan 22^\circ 30' 21,92'' + 15,4914$$

$$= 49,8594 \text{ m} \quad (5.10)$$

$$Es = \frac{R + p}{\cos 0,5 \Delta I} - R = \frac{120 + 0,3351}{\cos 22^\circ 30' 21,92''} = 10,2555 \text{ m} \quad (5.11)$$

2. Tikungan II

Dirancang dengan menggunakan lengkung S-C-S

$$V_{rencana} = 40 \text{ km / jam} \quad e_{maks} = 0,08$$

$$\Delta I = 83^\circ 00' 57,45'' \quad R_{rencana} = 100,00 \text{ m}$$

Dari tabel III-10, AASHTO 1994 didapat :

$$e = 0,065 \quad Ls = 33 \text{ m}$$

Ls diperiksa dengan rumus *Modified Short Formula* :

$$Ls = 0,022 \frac{V^3}{R \cdot c} - 2,727 \frac{V \cdot e}{c} \quad (5.3)$$

$$= 0,022 \frac{40^3}{100 \cdot 0,4} - 2,727 \frac{40 \cdot 0,065}{0,4} = 17,4745 \text{ m} < 33 \text{ m} \dots \text{ok}$$

Ls diperiksa dengan landai relatif maksimum = $\frac{1}{100}$

$$\frac{h}{Ls} = \frac{1}{100} \quad ; \quad Ls = 100 \cdot h$$

$$h = (0,02 \times 3,5) + (0,065 \times 3,5) \quad (5.4)$$

$$= 0,2975$$

$$L_s = 100 \times 0,2975$$

$$= 29,75 \text{ m} < 33 \text{ m} \dots \text{ok}$$

$$\theta_s = \frac{90 L_s}{\pi R} = \frac{90}{\pi} \times \frac{33}{100} = 9,4538 = 09^\circ 27' 13,68'' \quad (5.5)$$

$$\Delta c = \Delta_2 - 2\theta_s = 65^\circ 58' 58,07'' - 2(09^\circ 27' 13,68'') = 47^\circ 04' 30,68'' \quad (5.6)$$

$$L_c = \frac{\Delta c \cdot 2\pi \cdot R}{360} = \frac{47^\circ 04' 30,68'' \times 2\pi \times 100}{360} = 82,1617 \text{ m} \quad (5.7)$$

$$P = \frac{L_s^2}{6R} - R(1 - \cos \theta_s) = \frac{33^2}{6 \times 100} - 100(1 - \cos 09^\circ 27' 13,68'') = 0,4568 \text{ m} \quad (5.8)$$

$$K = L_s - \frac{L_s^3}{(40 \times R^2)} - R \sin \theta_s = 33 - \frac{33^3}{40 \times 100^2} - 100 \sin 09^\circ 27' 13,68''$$

$$= 16,4849 \text{ m} \quad (5.9)$$

$$T_s = (R + p) \tan(0,5 \Delta_2) + K = (100 + 0,4568) \tan 32^\circ 59' 29,04'' + 16,4849$$

$$= 81,7009 \text{ m} \quad (5.10)$$

$$E_s = \frac{R + p}{\cos 0,5 \Delta_2} - R = \frac{100 + 0,4568}{\cos 32^\circ 59' 29,04''} = 19,7694 \text{ m} \quad (5.11)$$

Stasioning :

$$BP = 0 + 000$$

$$TS_1 = (D_{BP-IP1} - T_s) = 76,4104 \text{ m}$$

$$SC = (0 + 076,4104) + L_s = 107,4104 \text{ m}$$

$$CS = (0 + 107,4104) + L_c = 170,6837 \text{ m}$$

$$ST_1 = (0 + 170,6837) + L_s = 201,6837 \text{ m}$$

$$TS_2 = (0 + 201,6837) + (d_{IP1-IP2} - Ts_1 - Ts_2) = 242,7573 \text{ m}$$

$$SC = (0 + 242,7573) + L_s = 275,7573 \text{ m}$$

$$CS = (0 + 275,7573) + L_c = 357,9190 \text{ m}$$

$$ST_2 = (0 + 357,9190) + L_s = 390,9190 \text{ m}$$

$$EP = (0 + 390,9190) + (d_{IP2-EP} - Ts_1 - Ts_2) = 472,8585 \text{ m}$$

5.2.2.4 Ramp C



Gambar 5.7 : Lengkung horizontal ramp C

Koordinat BP (9680,1169 ; 9034,3901)

IP-1 (9728,6309 ; 8724,8095)

EP (9835,9010 ; 8817,6621)

Azimut : BP = $171^{\circ}06'42,3009''$ $\Delta I = 121^{\circ}57'52,78''$

IP-1 = $49^{\circ}08'49,53''$

Jarak : $d(BP - IP-1) = 313,3441 \text{ m}$

$d(IP-1 - EP) = 141,9508 \text{ m}$

Dirancang dengan menggunakan lengkung *Full circle* :

V rencana = 40 km / jam e maks = 0,08

$\Delta I = 121^{\circ}57'52,78''$

R rencana = 60,0000 m

Dari tabel III-10, AASHTO 1994 didapat :

$$e = 0,078 \quad L_s = 40 \text{ m}$$

$$T_c = R \tan \frac{1}{2} \Delta = 60 \tan 60,9823 = 108,1641 \text{ m} \quad (5.12)$$

$$E_c = T_c \tan \frac{1}{2} \Delta = 108,1641 \tan 60,9823 = 194,99102 \text{ m} \quad (5.13)$$

$$L_c = \frac{\pi}{180} \cdot \Delta \cdot R = \frac{\pi}{180} \cdot 121^\circ 57' 52,78'' = 127,7211 \text{ m} \quad (5.14)$$

Stasioning :

$$BP = 0 + 000$$

$$TC = (D_{BP-IP1} - T_c) = 205,1801 \text{ m}$$

$$CT = (0 + 205,1801) + L_c = 332,9011 \text{ m}$$

$$EP = (0 + 332,9011) + (d_{IP3-EP} - T_c) = 366,6879 \text{ m}$$

5.2.2.5 Ramp D



Gambar 5.8 : Lengkung horizontal ramp D

Koordinat BP (9838,3989 ; 8814,3379)

IP-1 (9756,2978 ; 8769,6077)

EP (9599,7359 ; 8526,9318)

Azimut : BP = $231^\circ 21' 21,86''$ $\Delta_1 = 29^\circ 46' 07,80''$

IP-1 = $212^\circ 49' 37,84''$

Jarak : $d(BP - IP-1) = 93,4999 \text{ m}$

$$d(IP-1 - EP) = 288,7934 \text{ m}$$

Dirancang dengan menggunakan lengkung S-C-S

$$V_{rencana} = 40 \text{ km / jam} \quad e_{maks} = 0,08$$

$$\Delta_1 = 29^\circ 46' 07,80'' \quad R_{rencana} = 300,00 \text{ m}$$

Dari tabel III-10, AASHTO 1994 didapat :

$$e = 0,034 \quad L_s = 22 \text{ m}$$

L_s diperiksa dengan rumus *Modified Short Formula* :

$$L_s = 0,022 \frac{V^3}{R \cdot c} - 2,727 \frac{V \cdot e}{c} \quad (5.3)$$

$$= 0,022 \frac{40^3}{300 \cdot 0,4} - 2,727 \frac{40 \cdot 0,034}{0,4} = 2,4615 \text{ m} < 22 \text{ m}$$

$$L_s \text{ diperiksa dengan landai relatif maksimum} = \frac{h}{100}$$

$$\frac{h}{L_s} = \frac{1}{100} \quad ; \quad L_s = 100 \cdot h$$

$$h = (0,02 \times 3,5) + (0,034 \times 3,5) \quad (5.4)$$

$$= 0,189$$

$$L_s = 100 \times 0,189$$

$$= 18,9 \text{ m} < 22 \text{ m}$$

$$\theta_s = \frac{90 L_s}{\pi R} = \frac{90}{\pi} \times \frac{22}{300} = 2,1009 = 02^\circ 06' 03,24'' \quad (5.5)$$

$$\Delta_c = \Delta_1 - 2\theta_s = 29^\circ 46' 07,80'' - 2(02^\circ 06' 03,24'') = 25^\circ 34' 01,67'' \quad (5.6)$$

$$L_c = \frac{\Delta c \cdot 2\pi \cdot R}{360} = \frac{25^\circ 34' 01,67'' \times 2\pi \times 300}{360} = 133,8692 \text{ m} \quad (5.7)$$

$$P = \frac{L_s^2}{6R} - R(1 - \cos \theta_s) = \frac{22^2}{6 \times 300} - 300(1 - \cos 02^\circ 06' 03,24'') = 0,0672 \text{ m} \quad (5.8)$$

$$K = L_s - \frac{L_s^3}{(40 \times R^2)} - R \sin \theta_s = 22 - \frac{22^3}{40 \times 300^2} - 300 \sin 02^\circ 06' 03,24''$$

$$= 10,9995 \text{ m} \quad (5.9)$$

$$T_s = (R + p) \tan(0,5 \Delta I) + K = (300 + 0,0672) \tan 14^\circ 53' 03,91'' + 10,9995$$

$$= 90,7538 \text{ m} \quad (5.10)$$

$$E_s = \frac{R + p}{\cos 0,5 \Delta I} - R = \frac{300 + 0,0672}{\cos 14^\circ 53' 03,91''} = 10,4853 \text{ m} \quad (5.11)$$

Stasioning :

$$BP = 0 + 000$$

$$TS_1 = (D_{BP-IP1} - T_s) = 2,7460 \text{ m}$$

$$SC = (0 + 002,7460) + L_s = 24,7460 \text{ m}$$

$$CS = (0 + 024,7460) + L_c = 158,6152 \text{ m}$$

$$ST_1 = (0 + 158,6152) + L_s = 180,6152 \text{ m}$$

$$EP = (0 + 180,6152) + (d_{IP1-EP} - T_s) = 378,6548 \text{ m}$$

5.2.3 Perhitungan Alinyemen Vertikal

Data elevasi : tanah asli, jalan utama, ramp, jalan keluar masuk menggunakan data dari konsultan.

5.2.3.1 Ramp A

PVI.1 : Lengkung vertikal cembung

$$g_1 = 2,446 \% ; \quad g_2 = -3,994 \%$$

$$A = g_2 - g_1 = -6,44 \%$$

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

Dari grafik lengkung vertikal cembung (Bina Marga 1990) :

didapat $L_v = 84,974 \text{ m}$

$$E_v = \frac{A.L_v}{800} = \frac{-6,44.84,974}{800} = -0,684 \text{ m}$$

PVI.2 : Lengkung vertikal cekung

$$g_1 = -3,994 \% ; \quad g_2 = 1,498 \%$$

$$A = g_2 - g_1 = 5,492 \%$$

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

Dari grafik lengkung vertikal cekung (Bina Marga 1990) :

didapat $L_v = 100 \text{ m}$

$$E_v = \frac{A.L_v}{800} = \frac{5,492.100}{800} = 0,687 \text{ m}$$

Stasioning :

$$- \text{ Sta. PVI.1} = \text{Sta. 0} + 150$$

$$\text{Sta. PVC.1} = \text{Sta. PVI.1} - \frac{L_v}{2} = 0 + 107,513$$

$$\text{Sta. PVT.1} = \text{Sta. PVI.1} + \frac{L_v}{2} = 0 + 192,487$$

$$- \text{Sta. PVI.2} = \text{Sta. 0} + 300$$

$$\text{Sta. PVC.2} = \text{Sta. PVI.2} - \frac{L_v}{2} = 0 + 250$$

$$\text{Sta. PVT.2} = \text{Sta. PVI.2} + \frac{L_v}{2} = 0 + 350$$

Elevasi Perkerasan

$$- \text{PVI.1} = \text{Elev. PVI.1} + E_v = 19.233$$

$$- \text{PVI.2} = \text{Elev. PVI.2} + E_v = 13.242$$

5.2.3.2 Ramp B

PVI.1 : Lengkung vertikal cekung

$$g_1 = 1,091 \% ; g_2 = 2,252 \%$$

$$A = g_2 - g_1 = 1,161 \%$$

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

Dari grafik lengkung vertikal cekung (Bina Marga 1990) :

didapat $L_v = 92,74 \text{ m}$

$$E_v = \frac{A \cdot L_v}{800} = 0.134 \text{ m}$$

PVI.2 : Lengkung vertikal cembung

$$g_1 = 2,252 \% ; g_2 = -1,931 \%$$

$$A = g_2 - g_1 = -4,183 \%$$

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

Dari grafik lengkung vertikal cembung (Bina Marga 1990) :

didapat $L_v = 78,382 \text{ m}$

$$E_v = \frac{A \cdot L_v}{800} = -0,410 \text{ m}$$

Stasioning :

- Sta. PVI.1 = Sta.0 +150

$$\text{Sta. PVC.1} = \text{Sta. PVI.1} - \frac{L_v}{2} = 0 + 103,643$$

$$\text{Sta. PVT.1} = \text{Sta. PVI.1} + \frac{L_v}{2} = 0 + 196,357$$

- Sta. PVI.2 = Sta. 0 + 300

$$\text{Sta. PVC.2} = \text{Sta. PVI.2} - \frac{L_v}{2} = 0 + 260,809$$

$$\text{Sta. PVT.2} = \text{Sta. PVI.2} + \frac{L_v}{2} = 0 + 339,191$$

Elevasi perkerasan

- PVI.1 = Elev. PVI.1 + $E_v = 15,984$

- PVI.2 = Elev. PVI.2 - $E_v = 19,119$

5.2.3.3 Ramp C

PVI.1 : Lengkung vertikal cembung

$$g_1 = -0,478 \% ; g_2 = -1,740 \%$$

$$A = g_2 - g_1 = -1,262 \%$$

$$V_r = 40 \text{ km.jam}$$

Dari grafik lengkung vertikal cembung (Bina Marga 1990) :

didapat $L_v = 63,694 \text{ m}$

$$E_v = \frac{A \cdot L_v}{800} = -0,100 \text{ m}$$

PVI.2 : Lengkung vertikal cekung

$$g_1 = -1,740 \% ; g_2 = -1,000 \%$$

$$A = g_2 - g_1 = 0,74 \%$$

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

Dari grafik lengkung vertikal cekung (Bina Marga 1990) :

didapat $L_v = 76,254 \text{ m}$

$$E_v = \frac{A \cdot L_v}{800} = 0,070 \text{ m}$$

Stasioning :

$$- \text{ Sta. PVI.1} = \text{Sta. 0} + 200$$

$$\text{Sta. PVC.1} = \text{Sta. PVI.1} - \frac{L_v}{2} = 0 + 168,153$$

$$\text{Sta. PVT.1} = \text{Sta. PVI.1} + \frac{L_v}{2} = 0 + 231,847$$

$$- \text{ Sta. PVI.2} = \text{Sta. 0} + 300$$

$$\text{Sta. PVC.2} = \text{Sta. PVI.2} - \frac{L_v}{2} = 0 + 261,873$$

$$\text{Sta. PVT.2} = \text{Sta. PVI.2} + \frac{L_v}{2} = 0 + 338,127$$

Elevasi perkerasan

$$- \text{ PVI.1} = \text{Elev. PVI.1} + E_v = 17,868$$

$$- \text{PVI.2} = \text{Elev. PVI.2} + E_v = 16,128$$

5.2.3.4 Ramp D

PVI.1 : Lengkung vertikal cekung

$$g_1 = 1,000 \% ; g_2 = 2,751 \%00$$

$$A = g_2 - g_1 = 1,751 \%$$

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

Dari grafik lengkung vertikal cekung (Bina Marga 1990) :

didapat $L_v = 100 \text{ m}$

$$E_v = \frac{A \cdot L_v}{800} = 0,219 \text{ m}$$

PVI.2 : Lengkung vertikal cembung

$$g_1 = 2,751 \% ; g_2 = 1,205 \%$$

$$A = g_2 - g_1 = 1,546 \%$$

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

Dari grafik lengkung vertikal cembung (Bina Marga 1990) :

didapat $L_v = 100 \text{ m}$

$$E_v = \frac{A \cdot L_v}{800} = -0,193 \text{ m}$$

Stasioning :

$$- \text{Sta. PVI.1} = \text{Sta. 0} + 100$$

$$\text{Sta. PVC.1} = \text{Sta. PVI.1} - \frac{L_v}{2} = 0 + 50$$

$$\text{Sta. PVT.1} = \text{Sta. PVI.1} + \frac{Lv}{2} = 0 + 150$$

$$\text{-Sta. PVI.2} = \text{Sta. 0} + 200$$

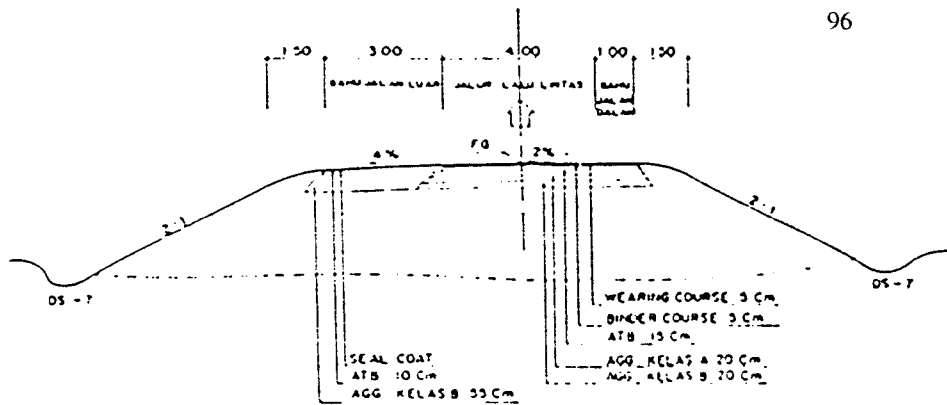
$$\text{Sta. PVC.2} = \text{Sta. PVI.2} - \frac{Lv}{2} = 0 + 150$$

$$\text{Sta. PVT.2} = \text{Sta. PVI.2} + \frac{Lv}{2} = 0 + 250$$

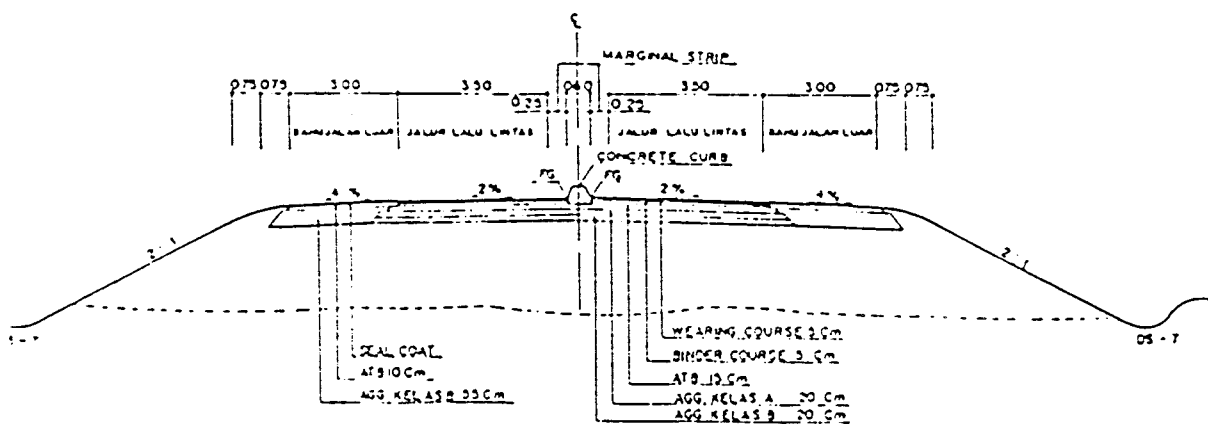
Elevasi perkerasan

$$\text{- PVI.1} = \text{Elev. PVI.1} - Ev = 16,987$$

$$\text{- PVI.1} = \text{Elev. PVI.1} - Ev = 19,738$$



TIPIKAL PENAMPANG MELINTANG PADA RAMP SIMPANG SUSUN
SATU LAJUH SATU ARAH



TIPIKAL PENAMPANG MELINTANG JALAN AKSES
DUA LAJUR DUA ARAH

Gambar 5.9 : Tipikal Penampang Melintang Jalan Akses dan Ramp Simpang Susun

5.3 Kapasitas Jalan dan Perancangan Jumlah Lajur

5.3.1 Kapasitas jalan

Kapasitas jalan adalah jumlah kendaraan maksimum yang dapat ditampung oleh suatu potongan jalan pada waktu tertentu dengan kecepatan tertentu pula.

Besarnya kapasitas jalan menurut MKJI 1997 adalah sebagai berikut :

$$\text{Kapasitas jalan } (C) = Co \cdot FCw \cdot FCsp \cdot FCsf$$

Dengan : Co = Kapasitas dasar, besarnya kapasitas dasar dapat dilihat pada tabel 5.9.

$$Co = 3100 \text{ smp/jam}$$

$$FCw = 1,08$$

$$FCsp = 1,00$$

$$FCsf = 1,03$$

Dari harga harga diatas diperoleh :

$$C = 3100 \cdot 1,08 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,03$$

$$= 3448 \text{ smp / jam}$$

Merupakan kapasitas maksimum yang mampu ditampung oleh simpang susun Majapahit dengan dua lajur dua arah yang terbagi.

Tabel 5.9 : Kapasitas dasar (Co) untuk jalan luar kota. (MKJI 1997)

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

Tabel 5.10 : Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Lebar Jalur Lalu lintas (FCw)

Tipe jalan	Lebar efektif perkerasan (Wc)	FCw
4 lajur terbagi 6 lajur terbagi	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,03
4 lajur tak terbagi	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,96
	3,50	1,00
2 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

Tabel 5.11 : Nilai Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisahan Arah (FCsp)

Pemisahan arah SP %		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FCsp	Dua – lajur 2/2	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
	Empat – lajur 4/2	1,00	0,975	0,95	0,925	0,90

$$\begin{aligned}\text{Volume lalu lintas} &= 406 \text{ kend / jam} \\ &= 527,8 \text{ smp / jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Nilai V/C} &= 527,8 / 3448 \\ &= 0,15 < 0,3\end{aligned}$$

Jadi tingkat pelayanan masih tingkat pelayanan A.

2. Ramp – B

Kecepatan rencana 40 km / jam. Dari hasil survei lalu 5 tahun kedepan 2003

$$\begin{aligned}\text{didapat : Volume lalu lintas} &= 354 \text{ kend / jam} \\ &= 460,2 \text{ smp / jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Nilai V/C} &= 460,2 / 3448 \\ &= 0,13 < 0,3\end{aligned}$$

Jadi tingkat pelayanan masih tingkat pelayanan A.

3. Ramp – C

Kecepatan rencana 40 km / jam. Dari hasil survei lalu 5 tahun kedepan 2003

$$\begin{aligned}\text{didapat : Volume lalu lintas} &= 319 \text{ kend / jam} \\ &= 414,7 \text{ smp / jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Nilai V/C} &= 414,7 / 3448 \\ &= 0,12 < 0,3\end{aligned}$$

Jadi tingkat pelayanan masih tingkat pelayanan A.

4. Ramp – D

Kecepatan rencana 40 km / jam. Dari hasil survei lalu 5 tahun kedepan 2003

didapat : Volume lalu lintas = 368 kend / jam

$$= 478,4 \text{ smp / jam}$$

$$\text{Nilai } V/C = 478,4 : 3448$$

$$= 0,138 < 0.3$$

Jadi tingkat pelayanan masih tingkat pelayanan A.

Untuk perancangan sampai tahun 2018 yang merupakan akhir umur rencana kriteria pelayanan menjadi pelayanan tingkat C untuk semua ramp. Agar tingkat pelayanan pada ramp masih pada tingkat pelayanan A pada akhir umur rencana maka jumlah lajur ditentukan sebagai berikut :

$$\text{Nilai } V / C = 0,3 ; \text{ maka } 0,3 \times 1724 = 517,2 \text{ smp/jam}$$

Dari data hasil survei lalu lintas yang diperoleh dari yang terbesar adalah ramp A dengan volume lalu lintas = 1456 smp / jam

Jadi perhitungan jumlah lajur adalah perbandingan antara volume lalu lintas yang lewat dengan volume lalu lintas yang dapat ditampung pada akhir umur rencana :

$$\text{Jumlah lajur} = 1456 / 517,2 = 2,81 ; \text{ diperlukan } 3 \text{ lajur tiap arah.}$$

5.4 Pembahasan

Dalam perancangan jalan raya, bentuk geometrik harus didisain sedemikian rupa sehingga jalan yang dirancang dapat memberikan pelayanan yang optimal sebagaimana yang diinginkan yaitu aman, nyaman, dan ekonomis.

Sebagai tinjauan pada perancangan geometrik Simpang susun Majapahit ini adalah perancangan *ramp* yang menjadi bagian dari simpang susun tersebut. Standar yang dipakai dalam perancangan yang digunakan mengikuti standar perancangan yang berlaku di Indonesia maupun Internasional.

Standar perancangan yang digunakan pada perhitungan simpang susun Majapahit ini adalah :

1. Spesifikasi Standar Perancangan Geometrik untuk jalan luar kota, Departemen Pekerjaan Umum, Dirjend Bina Marga, 1990
2. A Policy on Geometric Design of Rural Highway, AASHTO, 1994

Data perhitungan adalah data skunder yang telah ditetapkan oleh konsultan dan ketentuan yang ada pada standar perencanaan. Sebagai perbandingan perancangan, dipakai alinyemen horisontal dengan lengkung tikungan yang berbeda.

Data geometrik simpang susun Majapahit adalah sebagai berikut :

1. Kendaraan rencana adalah kendaraan penumpang, dengan kecepatan rencana 40 km/jam pada *ramp*. Jarak pandangan henti pada kecepatan rencana 40 m.
2. Penampang melintang pada *ramp*
 - a. Lebar R.O.W : 30 m

- b. Lebar perkerasan : 4,00 m untuk lajur tunggal dan ganda : 8,00 m
- c. Lebar bahu : 3,00 m untuk bahu luar dan 1,00 m untuk bahu dalam
- d. Lebar median dengan *Marginal strip* : 0,60 m
- e. Kemiringan normal perkerasan : 2,0 % - 4,0 %
- f. Superelevasi maksimum : 8 % Untuk penentuan superelevasi pada masing-masing tikungan dipakai tabel superelevasi dari Bina Marga.
- g. Jenis tikungan yang dipakai *Spiral-Circle-Spiral* dan *Circle-Circle*

3. Alinyemen Horisontal

Penentuan jari – jari lengkung peralihan dan pelebaran perkerasan pada tikungan dipakai tabel Bina Marga.

4. Alinyemen vertikal

Penentuan lengkung vertikal cembung dan cekung menggunakan grafik pada Bina Marga.

Perhitungan geometrik untuk alinyemen vertikal dan horizontal menggunakan standar perencanaan dari Bina Marga 1990 dan AASHTO 1994. Koordinat sebagai titik awal pada setiap *ramp* ditentukan pada sta 0 + 000,000, selanjutnya untuk komponen dari persimpangan tersebut yaitu *ramp*, jalan utama dan jalan keluar masuk diberi penamaan sesuai dengan fungsi masing-masing jalan. Hasil perhitungan adalah :

a. Jalan Akses

Lengkung tikungan yang dipakai IP-1 : S-C-S, IP-2 : S-C-S dan IP-3 : C-C.

Dengan panjang masing – masing lengkung adalah 121,7243 m, 51.8769 m, dan 274,3110 m.

b. Ramp A

Lengkung tikungan yang dipakai IP-1 : S-C-S, IP-2 : C-C dan IP-3 : S-C-S.

Dengan panjang masing – masing lengkung adalah 70,7840 m, 148,1617 m, dan 104,3110 m.

c. Ramp B

Lengkung tikungan yang dipakai IP-1 : S-C-S dan IP-2 : S-C-S. Dengan panjang masing – masing lengkung adalah 125,2733 m dan 148,1617 m.

d Ramp C

Lengkung tikungan yang dipakai C-C. Dengan panjang lengkung adalah 127,7211 m.

d. Ramp D

Lengkung tikungan yang dipakai S-C-S. Dengan panjang lengkung adalah 177,8618 m.

Dari hasil perhitungan panjang lengkung yang didapat lebih panjang dari pada panjang lengkung yang digunakan oleh konsultan , karena penggunaan pada lengkung spiral dengan parameter A yaitu suatu konstanta dimensi yang menunjukkan besarnya spiral yang digunakan oleh konsultan. Dilihat dari segi ekonomis memang cukup ekonomis tetapi untuk pencapaian superelevasinya cukup sulit karena kita harus hati – hati dalam menghitungnya sehingga tidak terjadi

perubahan dari lengkung ke spiral yang begitu singkat dan cepat, sehingga mempengaruhi kenyamanan pengemudi. Disini dapat kita lihat bahwa kenyamanan tidak disamaratakan dengan segi ekonomis tanpa melihat dari segi kenyamanan bagi para pengemudi.

Pada perhitungan alinyemen vertikal penentuan elevasi tanah dasar dan elevasi perkerasan menggunakan data dari konsultan. Untuk perancangan kapasitas dan jumlah lajur pada simpang susun standar yang digunakan adalah MKJI 1997. Penentuan nilai kapasitas jalan digunakan faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya kapasitas jalan tersebut. Hasil perhitungan didapat nilai kapasitas untuk satu lajur satu arah adalah 3448 smp/jam.

Pada perancangan simpang susun Majapahit tingkat pelayanan yang diharapkan adalah tingkat pelayanan A. Pada awal umur rencana tahun 1998 jalan di simpang susun Majapahit mampu memberi tingkat pelayanan A. Tetapi pada akhir umur rencana tahun 2018 tingkat pelayanan jalan menjadi tingkat pelayanan C. untuk mempertahankan masih tingkat pelayanan A jalan harus dirancang tiga lajur tiap arah. Akan tetapi keterbatasan dana dan alasan ekonomis maka jalan di simpang susun Majapahit tetap dirancang dua lajur dua arah.

BAB VI

PERANCANGAN PERKERASAN

6.1 Umum

Volume dan komposisi kendaraan suatu ruas jalan selama umur rencana (*design life*) ditetapkan sebagai beban yang dipikul badan jalan melalui perkerasannya. Sebagai pemikul beban perkerasan haruslah memenuhi persyaratan struktural (kekuatan, kekakuan) disamping persyaratan lalu lintas seperti : permukaan yang rata, kekesatan jalan yang tidak menimbulkan selip, kemiringan untuk pengaliran air dan permukaan jalan tidak mengkilap untuk menghindarkan kesilauan akibat pantulan cahaya. Persyaratan struktural dipenuhi untuk tersedianya tebal perkerasan yang cukup serta lapisan penutup harus bersifat kedap air.

Pada saat perancangan perkerasan juga harus disertakan pertimbangan ekonomi, sehingga dengan demikian perlu adanya perancangan perkerasan secara terpadu yang mencakup dua hal pokok yakni :

1. Perancangan tebal total dan tebal masing-masing lapis perkerasan.
2. Perancangan campuran bahan-bahan perkerasan.

6.2 Jenis Perkerasan

Menurut karakteristik bahan perekat yang digunakan dikenal 2 (dua) klasifikasi perkerasan, yaitu :

1. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur biasanya terdiri dari lapisan penutup dan lapisan-lapisan pondasi dibawahnya. Kekuatan perkerasan ini tergantung dari sifat penyebaran oleh masing-masing lapisan, oleh karena itu tebal lapisan sangat menentukan kekuatan perkerasan. Penentuan tebal lapisan terutama dipengaruhi oleh kekuatan tanah dasarnya. Dengan tersedianya tebal lapisan yang cukup, memungkinkan penyebaran beban ke tanah dasar dalam daerah yang lebih luas, sehingga tegangan tanah lebih besar dari tegangan yang ditimbulkan beban lalu lintas diatasnya.

2. Perkerasan kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku ini terdiri dari satu lapisan beton yang diletakkan langsung atau dengan terlebih dahulu dibuatkan selapis tipis pondasi diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Kekuatan perkerasan ini bukanlah ditentukan oleh kekuatan tanah dasarnya, tetapi oleh kekuatan lapisan beton itu sendiri. Seperti diketahui bahwa beton mempunyai modulus elastisitas yang besar, sehingga dengan kekerasannya tersebut memungkinkan penyebaran beban ke tanah dasar dalam daerah yang lebih luas.

Perancangan perkerasan jaringan jalan di Indonesia umumnya digunakan perkerasan lentur. Demikian pula jalan tol Semarang Seksi C konstruksi perkerasannya menggunakan perkerasan lentur, namun penulisan Tugas Akhir ini

perancangan perkerasan jalan digunakan perkerasan kaku sebagai bahan perbandingan dengan perkerasan yang sudah ada.

Bagian-bagian dari perkerasan kaku adalah sebagai berikut :

1. Lapis permukaan (slab beton)
2. Lapis pondasi
3. Tanah dasar (subgrade)

Bagian-bagian perkerasan tersebut dapat dilihat pada gambar 6.1 berikut ini :



Gambar 6.1 Bagian-bagian perkerasan kaku

6.3 Metoda Perancangan

Dalam Tugas Akhir ini perancangan jalan Tol Semarang Seksi C dianggap sebagai perkerasan baru dengan umur rencana 20 tahun. Perancangan perkerasannya menggunakan perkerasan kaku cara AASHTO 1986. Besaran rencana yang digunakan adalah sebagai berikut :

6.3.1 Persentase Kendaraan pada Jalur Rencana (C)

Persentase kendaraan pada jalur rencana adalah besarnya persentase kendaraan ringan atau berat yang melalui jalur rencana. Cara penentuannya dapat dilihat pada tabel 6.1 berikut :

Tabel 6.1 Tabel penentuan distribusi kendaraan

Jumlah Lajur	Kendaraan ringan		Kendaraan berat	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1 lajur	1,00	1,00	1,00	1,00
2 lajur	0,60	0,50	0,70	0,50
3 lajur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 lajur		0,30		0,45
5 lajur		0,25		0,425
6 lajur		0,20		0,40

Sumber : Bina Marga 1983

6.3.2 Angka Ekuivalen (E)

Angka ekuivalen yaitu angka yang menunjukkan perbandingan jumlah lintasan beban sumbu tunggal standar seberat 8,16 ton (18.000 lbs) beroda ganda. Beban kendaraan lain dengan beban sumbu yang berbeda-beda diekuivalenkan ke beban sumbu standar menggunakan angka ekuivalen beban sumbu (E). Angka Ekuivalen masing-masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut rumus sebagai berikut :

$$\text{Angka Ekuivalen sumbu tunggal} = \left[\frac{\text{beban 1 sumbu tunggal dalam kg}}{8160} \right]^4$$

$$\text{Angka Ekuivalen sumbu ganda} = 0,086 \left[\frac{\text{beban 1 sumbu ganda dalam kg}}{8160} \right]^4$$

Bila beban sumbu depan dan belakang untuk masing-masing kendaraan pada jalan tol Semarang Seksi C diperkirakan sebagai berikut :

$$\text{Car} = (1 \text{ ton} + 1 \text{ ton})$$

$$\text{Bus} = (3 \text{ ton} + 5 \text{ ton})$$

$$\text{Truk} = (5 \text{ ton} + 8 \text{ ton})$$

maka angka ekivalen bagi masing-masing jenis kendaraan adalah :

$$\text{Car} = (0,0002 + 0,0002) = 0,0004$$

$$\text{Bus} = (0,0183 + 0,1410) = 0,1593$$

$$\text{Truk} = (0,1410 + 0,9238) = 1,0648$$

6.3.3 Lalu Lintas

6.3.3.1 Lalu lintas harian rata-rata

Lalu lintas harian rata-rata setiap jenis kendaraan ditentukan pada awal umur rencana, yang dihiutng dua arah pada jalan tanpa median atau masing-masing arah jalan dengan median.

6.3.3.2 Lalu lintas Ekivalen permulaan

Lalu lintas Ekivalen permulaan adalah jumlah lintasan ekivalen rata-rata dari sumbu seberat 8,16 ton (18.000 lbs) pada lajur rencana yang diduga terjadi pada permulaan umur rencana.

6.3.3.3 Lalu lintas Ekivalen akhir

Lalu lintas Ekivalen akhir adalah jumlah lintasan ekivalen rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 lbs) pada lajur rencana yang diduga terjadi pada akhir umur rencana jalan.

6.3.3.4 Lalu lintas Ekivalen tengah

Lalu lintas Ekivalen tengah adalah jumlah lintasan ekivalen rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8.16 ton (18.000 lbs) pada lajur rencana pada pertengahan umur rencana.

6.3.4 Modulus Reaksi Tanah Dasar (k)

Modulus ini merupakan ukuran kekakuan tanah dasar dan dinyatakan dalam kaitannya dengan beban dalam pound per inci persegi (psi) untuk setiap lendutan 1 inci yang diukur dibawah plat kaku berdiameter 30 inci. Penggunaan nilai tunggal (k) dalam analisis dianggap bahwa tanah dasar atau pondasi adalah elastis dan tanpa koreksi terhadap kadar air.

Nilai k berkisar antara 50 psi untuk tanah paling buruk dan 700 psi untuk tanah yang paling baik.

6.3.5 Indeks Permukaan (IP)

Indeks Permukaan adalah suatu angka yang dipergunakan untuk menyatakan kerataan/kehalusan serta kekokohan permukaan jalan yang berhubungan dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat. Beberapa nilai IP beserta artinya tersebut di bawah ini :

- IP = 2,0 adalah tingkat pelayanan terendah bagi jalan yang masih mantap.
- IP = 2,5 menyatakan permukaan jalan yang masih cukup stabil dan baik.

Dalam menentukan IP pada akhir umur rencana (IPt) perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah lalu lintas, AASHTO menetapkan dua besaran angka seperti tersebut diatas.

IPo = 4 menyatakan kondisi permukaan jalan yang stabil dan baik sekali pada awal umur rencana, AASHTO hanya mengambil satu besaran angka untuk perkerasan kaku.

Δ PSI adalah selisih antara IPo dan Ipt.

6.3.6 Deviasi atau Simpangan (Z_R)

Besarnya nilai simpangan berkaitan dengan tingkat keyakinan (R) akan prediksi kinerja perkerasan akibat umur rencana dan jumlah lintasan pada perkerasan tersebut. Nilai R mengecil maka nilai Z_R akan membesar dan sebaliknya seperti pada tabel 6.2 berikut :

Tabel 6.2 Hubungan tingkat keyakinan (R) dan simpangan (Z_R)

R (%)	50	60	70	75	80	85	90	91
Z_R	-0,000	-0,253	-0,524	-0,674	-0,841	-1,037-	-1,282	-1,340

R (%)	92	93	94	95	96	97	98	99	99,99
Z_R	-1,405	-1,476	-1,555	-1,645	-1,751	-1,881	-2,054	-2,327	-3,750

Sumber : AASHTO 1986

Nilai R (tingkat keyakinan) yang dianjurkan seperti tabel 6.3 berikut :

Tabel 6.3 Nilai R

Fungsi Jalan	Nilai R	
	Urban	Rural
Jalan Nasional/Tol	85 – 99,9	80 – 99,9
Jalan Propinsi	80 – 99	75 – 95
Jalan Kolektor	80 – 95	75 – 95
Jaan Lokal	50 – 80	50 – 80

6.3.7 Gabungan Kesalahan Prediksi Lalu Lintas dan Tanah Dasar (So)

Nilai So menurut AASHTO 1986 :

1. Prediksi lalu lintas dipertimbangkan maka $So = 0,44$
2. Prediksi lalu lintas tidak dipertimbangkan maka $So = 0,49$
3. Nilai So berkisar $0,40 - 0,50$

6.3.8 Koefisien Drainasi (Cd)

1. Kondisi drainasi dapat dilihat pada tabel 6.4 di bawah :

Tabel 6.4 Kondisi Drainasi

Kondisi Drainasi	Sangat baik	Baik	Cukup	Tidak baik	Sangat tidak baik
Air pergi dalam waktu	2 jam	1 hari	1 minggu	1 bulan	Tidak dapat mengalir

Sumber : A.ASHTO 1986

2. Nilai Cd berdasarkan kondisi drainasi yang dipilih berdasarkan tabel diatas dapat ditentukan dengan melihat tabel 6.5 dibawah ini :

Tabel 6.5 Nilai Cd

Kondisi Drainasi	% waktu perkerasan terendam air sampai kondisi jenuh air			
	< 1 %	1 – 5 %	5 – 25 %	> 25 %
Sangat baik	1,20 – 1,25	1,15 – 1,20	1,10 – 1,15	1,10
Baik	1,15 – 1,20	1,10 – 1,15	1,00 – 1,10	1,00
Cukup	1,10 – 1,15	1,00 – 1,15	0,90 – 1,00	0,90
Tidak baik	1,00 – 1,10	0,90 – 1,00	0,80 – 0,90	0,80
Sangat tidak baik	0,90 – 1,00	0,80 – 0,90	0,70 – 0,80	0,70

Sumber : AASHTO 1986

6.3.9 Modulus of Nepture Beton (Sc')

Nilai modulus of nepture beton berdasarkan AASHTO 1986 adalah 500 – 1200 dalam satuan psi, dipakai harga modulus nepture beton $Sc' = 780$ psi.

6.3.10 Koefisien Transfer Beban (J)

Nilai Koefisien transfer beban berdasarkan AASHTO 1986 adalah 2,2 – 4,3 tanpa satuan, bila ujung tak bebas maka nilai $J = 3,2$.

6.3.11 Modulus Elastisitas Beton (Ec)

Nilai modulus elastisitas beton menunjukkan kekakuan beton, nilainya berbeda-beda tidak hanya tergantung dari kekuatan tapi juga dari umur, keadaan kelembaban, kondisi tegangan dan faktor-faktor lainnya. Modulus yang lebih tinggi menghasilkan tegangan kerut yang lebih tinggi karena modulus elastisitas beton ini meningkat sebanding dengan elastisitasnya.

6.4 Perhitungan Tebal Perkerasan

Perancangan tebal perkerasan dengan rigid pavement standar rumus AASHTO 1986 adalah menggunakan rumus :

$$\log W_{18} = 7,35 \cdot \log(D+1) - 0,06 + \frac{\log \left[\frac{\Delta \text{Psi}}{4,5 - 1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \cdot 10^7}{(D+1)^{8,46}}} + (4,22 - 0,32 \cdot \text{Pt}) \times \log \left[\frac{\text{Sc}^1 \cdot \text{Cd} \cdot (D^{3,4} - 1,132)}{215,63 \cdot \text{J} \cdot \left(D^{3,4} - \frac{18,42}{(\text{Ec}/\text{K})^{0,25}} \right)} \right] + Z_R \cdot S_O$$

Dari rumus tersebut dicari nilai besaran rencana yaitu :

W_{18} = Prediksi jumlah beban yang lewat (dalam SAL 18 kips) untuk umur rencana 20 tahun.

Awal umur rencana tahun 1998 :

C = 2523 kendaraan (mobil penumpang/kendaraan ringan)

B = 734 kendaraan (bus)

T = 1895 kendaraan (truk)

Berdasarkan hasil analisis lalu lintas didapat prediksi angka pertumbuhan lalu lintas sebesar 7% pertahun.

Lalu lintas pada awal tahun rencana perkerasan (tahun dibukanya jalan tol) dihitung dengan rumus $(1+i)^n$:

$$\text{Car} = (1 + 7\%)^1 \cdot 2523 = 2700 \text{ kendaraan}$$

$$\text{Bus} = (1 + 7\%)^1 \cdot 734 = 786 \text{ kendaraan}$$

$$\text{Truk} = (1 + 7\%)^1 \cdot 1895 = 2028 \text{ kendaraan}$$

Lalu lintas untuk umur rencana 20 tahun atau diakhir umur rencana :

$$\text{Car} = (1 + 7\%)^{20} \cdot 2700 = 10449 \text{ kendaraan}$$

$$\text{Bus} = (1 + 7\%)^{20} \cdot 786 = 3042 \text{ kendaraan}$$

$$\text{Truk} = (1 + 7\%)^{20} \cdot 2028 = 7848 \text{ kendaraan}$$

Menentukan angka Ekuivalen lalu lintas (E) dihitung :

$$\text{Car} : \text{as depan} \quad (1 \text{ ton}) / (2,20 \text{ kips}) : E = 0,0002$$

$$\text{as belakang} \quad (1 \text{ ton}) / (2,20 \text{ kips}) : E = \underline{0,0002} +$$

$$E = 0,0004$$

$$\text{Bus} : \text{as depan} \quad (3 \text{ ton}) / (6,60 \text{ kips}) : E = 0,0183$$

$$\text{as belakang} \quad (5 \text{ ton}) / (11,0 \text{ kips}) : E = \underline{0,1410} +$$

$$E = 0,1593$$

$$\text{Truk} : \text{as depan} \quad (5 \text{ ton}) / (11,0 \text{ kips}) : E = 0,1410$$

$$\text{as belakang} \quad (8 \text{ ton}) / (17,6 \text{ kips}) : E = \underline{0,9238} +$$

$$E = 1,0648$$

Lalu lintas dalam jangka waktu 20 tahun = $\frac{1}{2}$ (awal + akhir)

$$\text{Car} = \frac{1}{2} \cdot (2700 + 10449) = 6575 \text{ kendaraan}$$

$$\text{Bus} = \frac{1}{2} \cdot (786 + 3042) = 1914 \text{ kendaraan}$$

$$\text{Truk} = \frac{1}{2} \cdot (2028 + 7848) = 4938 \text{ kendaraan}$$

Lalu lintas yang dinyatakan dalam 18 kips SAL (W_{18}) :

$$W_{18} = (6575 \times 0,0004) + (1914 \times 0,1593) + (4938 \times 1,0648)$$

$$= 5565,5126 \text{ SAL}$$

Jumlah total W_{18} sampai akhir umur rencana (20 tahun) :

$$W_{18} = 5565,5126 \times 20 \times 365 = 40,6282 \cdot 10^6 \text{ SAL}$$

ΔPsi = perbedaan antara P_o dan P_t

P_o = untuk rigid pavement AASHTO diambil = 4

P_t = untuk jalan major highway = 2,5

$$\Delta \text{Psi} = 4 - 2,5 = 1,5$$

Sc' = Modulus of nepture beton (psi) besarnya ditentukan 780 psi

Cd = Koefisien drainasi, diambil dari tabel 6.5, dengan kondisi drainasi sangat baik dan presentase waktu terendam air < 1% didapat $Cd = 1,20$ (tanpa satuan)

J = Koefisien penyaluran beban dengan anggapan ujung plat beton tidak bebas didapat $J = 3,2$ (tanpa satuan)

Ec = Modulus elastisitas beton (psi)

digunakan beton dengan $fc' = 30 \text{ Mpa}$, maka didapat $Ec = 4700 (fc')^{0,5}$

$$Ec = 3,07 \cdot 10^5 \text{ psi}$$

K = Modulus reaksi tanah (P_{ci})

dari CBR tanah didapat nilai $K = 100$

Z_R = Simpangan

dari tabel 6.2 dan 6.3 dengan mengambil nilai $R = 85\%$ (dalam memprediksi lalu lintas dan umur rencana) didapat $Z_R = -1,037$

S_o = gabungan kesalahan untuk prediksi lalu lintas dan prediksi kinerja lapis keras.

$S_o = 0,44$ (prediksi lalu lintas dipertimbangkan)

Variabel-variabel di atas dimasukkan ke dalam rumus berikut :

$$\log W_{18} = 7,35 \cdot \log(D+1) - 0,06 + \frac{\log \left[\frac{\Delta \text{Psi}}{4,5 - 1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \cdot 10^7}{(D+1)^{8,46}}} + (4,22 - 0,32 \cdot \text{Pt}) \times \log \left[\frac{\text{Sc}' \cdot \text{Cd} \cdot (D^{3/4} - 1,132)}{215,63 \cdot \text{J} \cdot \left(D^{3/4} - \frac{18,42}{(\text{Ec}/\text{K})^{0,25}} \right)} \right] + Z_R \cdot S_o$$

$$7,61 = 7,35 \log(D+1) - \frac{0,3}{1 + \frac{1,624 \cdot 10^7}{(D+1)^{8,46}}} + 3,42 \times \log \left[\frac{936(D^{3/4} - 1,132)}{690,016(D^{3/4} - 2,4746)} \right] - 0,4563$$

Dengan menggunakan cara trial :

coba : $D = 11''$ hasilnya : 7,49

$D = 12''$: 7,74

$D = 11,5''$: 7,617 \approx 7,61

Dari hasil trial diatas didapat tebal plat beton perkerasan $D = 11,5$ inci atau $D = 30$ cm.

6.5 Penulangan Slab Beton

Penulangan slab beton perkerasan ini tidak sebagai penahan beban tetapi sebagai penahan bergesernya slab jika terjadi retakan.

Perhitungan penulangan :

f_s = tegangan kerja pada baja tulangan (psi) ; AASHTO Interim Guide menyarankan tegangan kerja yang berkisar antara 30.000 – 45.000 psi, tergantung pada jenis dan mutu baja.

w = Berat slab tiap meter persegi luas (pound)

diperkirakan beratnya 125 pound

$L = L_x = L_y$ = Panjang slab antar sambungan (feet)

$L_x = 15$; $L_y = 40$

A_s = Luas potongan melintang baja tiap 1 feet lebar dalam inci persegi

f = Koefisien gesek antara slab dan tanah dasar juga disebut koefisien perlawanan tanah dasar yang besarnya berkisar antara 1 dan 2, dan Interim Guide menyarankan nilai sebesar 1,5.

$$\text{Tulangan memanjang : } A_s = \frac{w \cdot f \cdot L_y}{2 \cdot f_s}$$

$$A_s = \frac{125 \times 1,5 \times 40}{2 \times 45.000}$$

$$= 0,08 \text{ in}^2/\text{feet panjang}$$

$$\text{Tulangan melintang : } A_s = \frac{w \cdot f \cdot L_x}{2 \cdot f_s}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{125 \times 1,5 \times 15}{2 \times 45.000} \\ &= 0,03 \text{ in}^2/\text{feet panjang} \end{aligned}$$

6.6 Tebal Lapis Pondasi

Pondasi untuk perkerasan kaku ini diambil tebal 4 in (10 cm) tanpa melalui perhitungan karena dianggap pondasi hanya sebagai pencegah pumping bukan sebagai bagian dari perkerasan. Pumping adalah keluarnya air dan partikel-partikel tanah dasar melalui sambungan dan retakan di sepanjang tepi perkerasan beton.

6.7 Bahan dan Pelaksanaan Pekerjaan

Pelaksanaan pekerjaan yang baik tergantung mutu bahan yang digunakan, teknik pelaksanaan konstruksi yang diterapkan, pengendalian mutu bahan sesuai dengan spesifikasi, keahlian yang tinggi dari operator dan pelaksana serta pengawasan yang ketat.

6.7.1 Tanah Dasar

Tanah dasar adalah permukaan tanah asli, permukaan tanah galian atau bisa juga permukaan tanah timbunan yang dipadatkan sebagai dasar perletakan bagian perkerasan. Bagian-bagian perkerasan itu secara keseluruhan disebut perkerasan (*pavement*), dibuat untuk dapat memberikan layanan bagi kendaraan secara aman dan nyaman di segala cuaca, selama umur rencana jalan.

6.7.1.1 Pengelupasan lapisan humus (*Striping*)

Pengelupasan lapisan humus adalah pekerjaan membuang dan mengikis tanah humus atau top soil pada lokasi rencana jalan, sebelum suatu konstruksi diletakkan atau sebelum diadakan penimbunan tanah untuk *subgrade* berupa tanah timbunan. Pembuangan lapisan humus ini untuk mencegah menurunnya badan jalan bila langsung ditimbun, selain untuk mencegah tumbuhnya tanaman pada tanah dasar di daerah badan jalan. Pengelupasan tanah humus dilakukan sedalam 10 – 30 cm.

Supaya bekas tanah pengelupasan tidak terisi air hujan atau diakibatkan naiknya air tanah yang tinggi, maka pengelupasan tanah harus secepatnya ditimbun dengan tanah sesuai persyaratan sebagai tanah timbunan. Menggunakan alat Bulldozer untuk mengelupas lapisan tanah, pengangkutan tanah ke atas truk menggunakan Loader dan dibuang ke tempat pembuangan menggunakan truk.

6.7.1.2 Penimbunan untuk tanah dasar

Tanah yang akan digunakan menimbun harus diperiksa sesuai persyaratan bahan timbunan tanah dasar, selain itu dilakukan percobaan pemadatan guna menentukan prosedur pemadatan terbaik, pemilihan alat-alat pemadat secara efisien, tebal lapisan tanah, kadar air optimum pada saat pemadatan dan jumlah lintasan untuk mencapai kepadatan yang disyaratkan.

Pengangkutan tanah timbunan menggunakan *Dump truck* menuju lokasi yang akan ditimbun, dituangkan berupa gundukan-gundukan tanah pada jarak tertentu. tumpukan tanah diratakan dalam keadaan lepas (*loose*) setebal 30 cm, menggunakan

Bulldozer dan Motor Grader, selanjutnya tanah dipadatkan menggunakan Vibratory Roller 8 – 12 lintasan sampai kepadatan sesuai spesifikasi, agar selama pemadatan keadaan air optimum seperti pada pemadatan di laboratorium, maka pada keadaan tanah kering dilakukan penyiraman menggunakan truk tangki air, sebaliknya bila tanah terlalu basah pengeringan tanah dilakukan dengan mengaduk-aduk diudara, terkena matahari dan angin, kemudian dipadatkan lagi.

Pemadatan tanah timbunan ini dilakukan per lapisan padat, dengan tebal tiap lapisan padat kira-kira 20 cm. Pemadatan dilakukan sampai permukaan rata, setelah itu dilakukan *Sand Cone Test* untuk mengetahui kepadatan lapisan harus sesuai dengan AASHTO T.19. Lapisan yang lebih dalam dari 30 cm dibawah elevasi tanah dasar harus dipadatkan sampai 90% kepadatan kering maksimum yang ditetapkan sesuai dengan AASHTO T.99. Apabila belum mencapai hasil sesuai dengan spesifikasi, maka tanah yang telah dipadatkan harus dibongkar dilakukan perbaikan.

Untuk mengetahui apakah kepadatan sudah sesuai maka dilakukan lagi tes kepadatan jika sudah sesuai maka dimulai penghamparan lapisan berikutnya. Timbunan dipadatkan lapis demi lapis, pada kedalaman 30 cm atau kurang dari elevasi, tanah dasar harus dipadatkan 100% dari kepadatan kering maksimum mengikuti AASHTO T.99. Tanah dasar yang selesai dikerjakan perlu dijaga agar tidak mengering, pecah-pecah dan kemungkinan terjadi kerusakan.

6.7.2 Lapisan Pondasi

Bahan yang digunakan untuk pondasi harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Bagian yang tertahan saringan no. 8, harus mempunyai nilai keausan maksimum 50% (AASHTO T.960), bila diperiksa dengan Los Angeles Abrasion Test.
2. Bagian yang hancur, waktu diberi air dan dikeringkan tidak boleh digunakan, Bina Marga mensyaratkan maksimum 5%.
3. Gradasi bahan pondasi harus terletak dalam toleransi antara berikut : (lihat tabel 6.7)

Tabel 6.6 : Persyaratan gradasi untuk pondasi (AASHTO M 147)

ASTM standar sieve	Persen berat yang lolos (%)
3"	100
1,5"	60 – 90
1"	46 – 78
3/4"	40 – 70
3/8"	24 – 56
No. 4(4,76 mm)	13 – 45
No. 8(2,38 mm)	6 – 36
No. 30(0,595 mm)	2 – 22
No. 40(0,476 mm)	2 – 18
No. 200(0,074 mm)	0 – 10

Pelaksanaan pekerjaan pondasi adalah sebagai berikut :

1. Setelah subgrade selesai, maka pondasi telah siap untuk dihamparkan.
2. Penghamparan agregat, tebal pondasi yang direncanakan setebal 10 cm (4 inci).
3. Pemberian air dan pemadatan, waktu pemadatan harus diperiksa kadar airnya (harus memenuhi persyaratan percobaan proktor di laboratorium, yaitu kadar air optimum). Bila kadar air lebih besar maka bahan tersebut harus dikeringkan atau bila kadar air kurang maka bahan tersebut ditambah kadar airnya, sebelum dilakukan pemadatan. Kadar air harus merata dengan lebih dulu diaduk dengan menggunakan *Motor grader*. Setelah kadar air mencukupi, hamparan agregat dibentuk dengan baik menggunakan alat *grader* atau agregat *spreader*, dan langsung dipadatkan dengan alat pemadat yang sesuai (*Vibratory roller, Three wheel, Tandem roller, Pneumatic tire roller* atau peralatan lain yang sesuai). Kepadatan yang dicapai harus 100% dari kepadatan kering maksimum mengikuti AASHTO T.99.

Pelaksanaan penggilasan harus dimulai dari sisi luar perkerasan menuju ke tengah, sejajar dengan as jalan, menuju ke bagian yang lebih tinggi. Bila pemadatan pondasi telah selesai, perbedaan tinggi tidak boleh melebihi 1,5 cm diatas atau dibawah grade yang telah ditetapkan, pada setiap titik. Pondasi yang tidak memenuhi persyaratan harus diolah kembali sampai memenuhi persyaratan.

6.7.3 Slab Beton

Pemilihan material dasar untuk slab beton yang meliputi semen, agregat dan air harus teliti, agar mendapatkan beton yang baik. Selain itu dalam pelaksanaan campuran harus dilakukan pengawasan secara ketat agar hasilnya dapat sesuai dengan yang diharapkan. Bahan dan persyaratan untuk campuran beton pada perkerasan kaku adalah sebagai berikut :

1. Jenis semen yang dipakai dalam perkerasan beton adalah Portland semen. Semen ini mempunyai kemampuan ikatan dan pengerasan tingkat medium, banyak dipakai pada proyek-proyek jalan raya.
2. Agregat kasar dan agregat halus, syarat-syarat umum adalah sebagai berikut :
agregat mineral membentuk kira-kira 75% dari volume atau secara kasar 80% berat beton perkerasan jalan normal. Jika perkerasan jalan harus kuat, sempurna dan tahan lama maka agregat harus lolos pengujian-pengujian yang sesuai untuk kekuatan, kesempurnaan, pemakaian dan kombinasi dari ketiganya.
 - Spesifikasi agregat halus
Kebutuhan umum agregat halus terdiri dari pasir alami atau dapat pula digunakan bahan-bahan mineral lainnya atau bahan-bahan yang mempunyai karakteristik serupa atau kombinasi partikel-partikel yang kuat dan tahan lama.

- Spesifikasi agregat kasar

Kebutuhan umum agregat kasar terdiri dari batu hancur, batu krikil atau bahan lain dengan karakteristik serupa dan memiliki kekerasan, kekuatan, bebas potongan serta bersih dari kotoran yang menempel. Agregat yang digunakan pada perkerasan berkisar antara 1 – 1,5 in, sedang untuk agregat yang lebih kecil digunakan pada jalan dengan lalu lintas yang berat. Agregat harus lolos pada saringan No. 3/16 in. ukuran maksimum agregat kasar beton perkerasan adalah 2,5 in.

3. Air

Air harus bebas dari bahan yang bersifat asam basa dan minyak. Air yang mengandung tumbuh-tumbuhan yang membusuk harus dihindari karena dapat mengganggu ikatan semen. Umumnya air yang memenuhi persyaratan untuk minum juga memenuhi persyaratan untuk campuran beton kecuali air terlalu banyak mengandung sulfat.

4. Beton

Pada beton, sifat kemudahan pekerjaan adalah sifat yang menentukan untuk menghasilkan beton dalam keadaan padat, tidak berpori, merupakan sifat terpenting dalam keadaan plastis. Sifat kemudahan dalam pekerjaan dapat diukur baik dengan *compacting factor test* maupun dengan *slump test*. Meski tingkat kemudahan dalam pengerjaan meningkat pada keadaan kandungan air dan ukuran maksimum agregat meningkat, namun kekuatan beton menjadi berkurang. Beton

yang mempunyai nilai faktor pemadatan antara 0,85 – 0,90 biasanya memberikan hasil yang baik, tergantung pada kondisi cuaca. Faktor pemadatan yang lebih tinggi digunakan pada kasus cuaca yang basah dan kering.

Pencampuran secara merata pada beton adalah penting untuk mendapatkan campuran yang sama, sehingga tidak terjadi pemisahan (segregasi). Pemisahan terjadi jika beberapa unsur-unsur pokok cenderung untuk memisahkan diri dari massa yang utama. Secara umum pemisahan menunjukkan mutu agregat yang tidak baik, atau kandungan air yang tidak memenuhi syarat atau teknik pelaksanaan yang salah. Untuk itu perlu pengendalian mutu dan pelaksanaan yang baik.

Pelaksanaan pekerjaan beton :

1. Beton perkerasan yang digunakan adalah beton siap pakai hasil produksi dari pabrik pusat pengolahan beton.
2. Pengangkutan beton siap pakai dari pusat pengolahan beton ke lokasi proyek dilakukan menggunakan truk pengangkut beton.
3. Penghamparan adukan beton dengan penghamparan geser (*slip form fraver*) menggunakan mesin penghampar (*spreader*), yang dilengkapi dengan corong untuk menampung campuran beton yang ditumpahkan dari kendaraan pengangkutnya. Dilengkapi juga dengan penggetar atau *vibrator* bentuknya bisa berupa rangkaian beberapa tongkat penggetar yang dibenamkan ke dalam beton atau tabung penggetar horizontal. Fungsi dari penggetar ini sebagai

pemadat adukan beton. Bergerak dibelakang penggetar adalah sisi perata yang berorientasi tegak lurus terhadap arah pergerakan kendaraan. Alat ini mengisi dan mengikis permukaan beton sehingga mencapai elevasi akhir yang ditentukan.

4. Penghalusan permukaan beton. Setelah mesin penghampar dan mesin perata lewat setiap bagian permukaan yang masih menonjol atau cekung dihaluskan dengan *diagonal float* atau pipa penghalus. Tahapan ini dilaksanakan guna memenuhi persyaratan kehalusan permukaan perkerasan beton.
5. Pemeriksaan terhadap kehalusan dan kerapatan perkerasan beton. Alat yang digunakan adalah mistar panjang yang ditempatkan pada posisi sejajar sumbu jalan, mistar ini digeser maju sepanjang setengah dari panjang mistar, di sepanjang jalan tersebut. Ukuran mistar panjang 10 feet dengan batas variasi kurang dari 1/8 in. Mistar ini digantungkan pegangannya, sehingga memudahkan pengamatannya pada beton yang masih lunak. Pengamatan pertama dilakukan pada saat beton masih dalam keadaan plastis, bagian permukaan yang masih cekung ditutup lagi dengan beton yang baru, yang menonjol diratakan kemudian dihaluskan lagi. Pemeriksaan kedua dilakukan setelah beton mengering, umumnya dilakukan pada hari berikutnya. Pada saat itu yang boleh dilakukan adalah perbaikan-perbaikan kecil.

6.7.4 Baja Tulangan

Baja tulangan atau pasak penahan geser atau pengalih beban yang dipakai pada slab beton harus mempunyai sifat deformasi yang sesuai untuk mendapatkan tegangan yang diinginkan. Pada beberapa keadaan khusus diperlukan tulangan dengan kualitas tinggi.

Pelaksanaan pemasangan baja tulangan pasak penahan geser, digunakan ada dua cara pemasangan yaitu : pemasangan tulangan sebelum penghamparan adukan beton dengan memasang anyaman baja tulangan secara kuat diatas dudukan khusus dan pemasangan tulangan setelah penghamparan yang menggunakan mesin pemasang baja tulangan (*reinforcing steel placer and depressor*). Pasak penahan geser atau penahan beban dipasang secara kaku pada baja tulangan terlebih dulu, rangkaian pasak ini kemudian dikaitkan pada sebuah dudukan yang ditancapkan kedalam lapisan pondasi. Pemasangan pasak-pasak ini memerlukan ketelitian tinggi agar penempatannya tepat pada penjajaran alinyemen yang direncanakan.

6.7.5 Material Pengisi Sambungan

Ada dua jenis material pengisi sambungan yang saat ini dipakai :

1. Bahan pengisi berbentuk cairan, yang mengandung bahan asphalt, serbuk karet hasil pemanasan dari polimer. Bahan-bahan ini dituangkan dalam keadaan cair pada sambungan dan dibiarkan sampai mengeras.
2. Bahan pengisi Elastomer, bahan ini terdiri dari *neoprene* yang telah dibentuk sebelumnya sesuai dengan ukuran standar sambungan yang akan

digunakan. Dalam kaitan dengan seberapa jauh gerakan yang diizinkan berlaku pada sambungan, maka sebelumnya harus ditentukan ukuran kedalaman pemasangan *neoprene*.

6.8 Pembahasan

Perkerasan sebagai pemikul beban lalu lintas yang melewati harus memenuhi persyaratan struktural yaitu kekuatan perkerasan dan persyaratan lalu lintas yaitu kenyamanan dan keamanan bagi lalu lintas yang melewatinya.

Menurut bahan yang digunakan ada 2 jenis perkerasan yaitu :

1. Perkerasan lentur

Sebagai kekuatan dalam perkerasan lentur adalah pondasi dan bitumen sebagai lapis permukaan. Jenis ini banyak digunakan di Indonesia karena biaya konstruksi relatif murah.

2. Perkerasan kaku

Sebagai kekuatan dalam perkerasan kaku adalah lapis slab beton. Jenis ini kurang banyak dipakai karena biaya relatif mahal.

Perancangan perkerasan untuk jalan tol Semarang Seksi C digunakan perkerasan lentur. Sebagai evaluasi dirancang memakai perkerasan kaku. Metode penentuan tebal perkerasan digunakan AASHTO 1986, dengan menentukan besaran rencana yang mempengaruhinya. Dari perhitungan didapat tebal slab beton yang digunakan adalah 30 cm.

Dalam perhitungan, perkerasannya bekerja sebagai plat sehingga penulangan dalam slab beton ini bukan sebagai pemikul beban tetapi hanya sebagai penahan geser antar plat jika terjadi retakan. Lapis pondasi pada perkerasan tidak dihitung sebagai bagian perkerasan, tetapi hanya difungsikan untuk memperkecil pengaruh – pengaruh tanah dasar misalnya rembesan air tanah. Untuk pengendalian retakan pada slab beton, maka penghamparan perkerasan di jalan dengan diberi potongan membentuk perkerasan menjadi plat – plat. Potongan hanya berupa takikan sedalam $1/6 - 1/4$ dari tebal slab. Supaya kenyamanan penggunaan jalan tidak berkurang dan takikan tidak terisi oleh air maka dipasang pengisi sambungan atau lebih tepatnya takikan diisi dengan bahan *neoprene*.

Pada perkerasan kaku tingkat kenyamanannya kurang bila dibandingkan dengan perkerasan lentur, tetapi untuk menambah tingkat kenyamanan perkerasan kaku ini di atasnya bisa ditambahkan selapis aspal beton, tetapi lapisan ini tidak difungsikan menahan beban lalu lintas sehingga tidak perlu dihitung tebal aspal betonnya.

BAB VII

PERANCANGAN DRAINASI

7.1 Umum

Drainasi merupakan sistem untuk mengalihkan aliran air permukaan maupun air tanah, pada suatu area secara alamiah ataupun buatan. Pengalihan ini dilakukan secara gravitasi atau juga dapat dengan pemompaan.

Khusus untuk jalan raya, drainasi dipergunakan sebagai pemenuhan persyaratan lalu lintas, agar genangan air atau curah hujan pada perkerasan dapat dialirkan sedemikian rupa, sehingga menambah kenyamanan perjalanan serta tidak menimbulkan bahaya slip bagi kendaraan yang melaluinya.

7.1.1 Maksud dan Tujuan

Drainasi bertujuan untuk menjaga kestabilan konstruksi jalan diwaktu musim penghujan. Kekuatan tanah dasar yang terlalu basah akan mengurangi daya dukung tanah, yang mengakibatkan badan jalan dan perkerasan tidak mampu untuk memikul beban lalu lintas yang ada. Jika daya dukung tanah berkurang akan mengakibatkan jalan amblas, bergelombang dan mungkin terjadi kelongsoran badan jalan. Karenanya jalan raya hanya dapat berfungsi dengan baik serta berdaya tahan, bila sistem drainasi direncanakan dengan baik.

7.2.2 Intensitas Hujan (Ic)

Air hujan yang jatuh disuatu tempat dari daerah aliran memerlukan waktu untuk mengalir dan mencapai titik tertentu (titik yang diamati). Waktu paling lama ialah air hujan yang jatuh ditempat terjauh dari titik yang diamati tersebut. Lama waktu yang diperlukan untuk mencapai titik tersebut oleh air hujan yang jatuh ditempat terjauh dari titik tersebut itu adalah waktu kosentrasi (t_c).

$$t_c = t_{of} + t_{df} \quad (7.2)$$

dengan :

t_{of} = waktu pengaliran air di permukaan (menit)

$$t_{of} = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_{of} \times \frac{n}{S^{0.5}} \right)^{1/6} \quad (7.3)$$

t_{df} = waktu pengaliran air di saluran (menit)

$$t_{df} = \frac{L_{df}}{(60.v)} \quad (7.4)$$

L_{of} = panjang pengaliran di permukaan yang ditinjau (m)

n = koefisien Manning

S = kemiringan saluran

L_{df} = panjang fasilitas drainasi yang ditinjau (m)

v = kecepatan aliran pada saluran (m/det)

Tabel 7.2 : Harga koefisien perlambatan permukaan

Jenis permukaan	Nilai Cr
Perkerasan aspal permukaan halus	0,007
Perkerasan beton	0,013
Perkerasan aspal dan kerikil	0,017
Rerumputan pendek dan rapat	0,046
Padang rumput	0,060

Sumber : Irrigation Manual On Drainage, Directorate General Of Water resource

Development Ministry Of Public Works, Republic Of Indonesia.

Untuk dapat menggambarkan garis lengkung yang menyatakan hubungan antara lamanya hujan dengan intensitasnya, diperlukan langkah – langkah sebagai berikut :

1. Menghitung intensitas menit – menitan dari data intensitas untuk periode ulang yang diperlukan. Untuk ini dapat digunakan rumus analisa frekuensi metode Gumbel berikut ini :

Rumus Gumbel :

$$X_{TR} = X + K \cdot S_x \quad (7.5)$$

dengan :

X_{TR} = curah hujan untuk periode ulang TR tahun

X = curah hujan rata-rata

S_x = Simpangan standar (*Standard Deviation*)

$$K = \text{Faktor frekwensi}$$

$$= (Y_{TR} - Y_n) / S_n \quad (7.6)$$

$$Y_{TR} = \text{variasi pengurangan}$$

$$= -\ln(-\ln(1 - 1/TR)) \quad (7.7)$$

$Y_n =$ penurunan rata

$S_n =$ penurunan simpangan standar

$TR =$ tahun periode ulang

2. Pemilihan rumus yang paling mewakili dari 3 rumus lengkung intensitas hujan yaitu :

a. rumus Prof. Sherman : $I = \frac{a}{t^n}$ (7.8)

b. rumus Prof. Talbot : $I = \frac{a}{(t+b)}$ (7.9)

c. rumus Dr. Ishiguro : $I = \frac{a}{(t^{0.5} + b)}$ (7.10)

dengan :

$I =$ intensitas curah hujan (mm/jam)

$t =$ lamanya hujan (menit)

$a, b, n =$ tetapan-tetapan

dari ketiga rumus di atas, kemudian dicari harga yang paling cocok, artinya harga yang memberikan simpangan terkecil yang digunakan.

7.3 Kriteria Perancangan

Kriteria perancangan fasilitas-fasilitas drainasi akan diuraikan sebagai berikut :

1. Dipakai data Intensitas hujan dari stasiun hujan Semarang (BMG).
2. Periode ulang adalah periode (tahun) dimana suatu hujan dengan jangka waktu dan intensitas tertentu dianggap bisa terjadi. Kemungkinan terjadinya adalah satu kali dalam batas periode (tahun) yang ditetapkan.
Berdasarkan pertimbangan ekonomis dari fungsi proyek ini umur rencana proyek dan biaya konstruksinya maka volume hujan maksimum yang direncanakan terjadi dalam periode ulang 10 tahun untuk drainasi permukaan, periode ulang 25 tahun untuk gorong-gorong berbentuk kotak (*box culvert*), sehingga selama umur rencana dari proyek ini tidak akan timbul efek – efek yang merugikan investasi proyek yang bersangkutan.
3. Untuk saluran yang direncanakan pada tanah terbuka, sepenuhnya tergantung pada kecepatan air yang melaluinya. Pada tabel 7.3 tertera kecepatan maksimum (ijin) yang biasa dipergunakan.

Tabel 7.3 : Kecepatan maksimum ijin saluran lahan terbuka

Bahan saluran	Kec. maks. ijin (m/det)
Pasir halus	0,45
Napal berpasir	0,50
Lanau alluvial	0,60
Kerikil halus	0,75
Napal kokoh	0,75
Lempung padat	1,10
Kerikil kasar	1,20
Batu-batu besar	1,50

Sumber : Irrigation Manual Of Drainage, Directorate General Of Water resources

Development Ministry Of Public Works, Republic Of Indonesia.

Tabel 7.4 : Data Intensitas Curah Hujan Stasiun Semarang (dalam satuan mm/jam)

No	Tahun	Lama Hujan (menit)									
		5'	10'	15'	30'	45'	60'	120'			
1	1959	20	25	30	50	53	53	120			
2	1960	13	22	32	46	46	47	55			
3	1961	21	26	28	40	43	44	51			
4	1962	11	20	25	30	35	38	50			
5	1963	22	-	25	38	40	40	45			
6	1964	21	31	42	62	78	80	44			
7	1965	11	15	18	28	38	40	89			
8	1966	27	30	34	43	50	54	41			
9	1976	17	20	32	43	59	75	72			
10	1978	17	25	36	60	72	85	107			
11	1979	15	24	29	37	50	56	98			
12	1980	14	28	62	82	82	91	99			
13	1981	20	40	50	65	70	80	175			
14	1982	10	10	16	47	-	69	113			
15	1983	18	36	54	73	-	93	80			
16	1984	16	27	35	47	61	67	93			
17	1985	15	25	35	55	71	96	79			
18	1986	31	46	62	72	-	100	149			
19	1987	27	21	37	60	-	88	105			
20	1988	15	26	36	51	-	81	93			
21	1989	16	26	30	44	71	80	102			
22	1990	10	21	31	52	55	59	100			
23	1991	12	20	31	41	48	50	65			
24	1992	15	22	32	58	80	85	62			
25	1993	24	32	43	80	90	98	92			
								116			

Sumber : Badan Meteorologi dan Geofisika

Tabel 7.5 Reduced Mean (Yn)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5402	0,5410	0,5418	0,5424	0,5430
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5496	0,5463	0,5469	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5488	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5424	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5588	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Sumber : Irrigation Manual On Drainage, Directorate General of Water Resources Development, Ministry of Public Works

Tabel 7.6 : Reduced Standard Deviation (Sn)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9697	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0916	1,0961	1,1044	1,1047	1,1086
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1368
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1607	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1903	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Sumber : Irrigation Manual On Drainage, Directorate General of Water Resources Development, Ministry of Public Works

7.4 Analisis Hidrologi

- a. Menghitung intensitas hujan (menit-menitan) untuk periode ulang 10 tahun dan 25 tahun.

Sebagai contoh :

Diambil data intensitas curah hujan Stasiun Semarang pada periode ulang 10 tahun, dengan durasi = 5 menit

$$\text{Gunakan rumus Gumbell : } X_{TR} = X + K \cdot S_x \quad (7.5)$$

$$X = (X_i)/n$$

dengan : X = curah hujan rata-rata

X_i = jumlah curah hujan pada durasi 5 menit

n = lama tahun pengamatan

$$\begin{aligned} X_i &= 20+13+21+11+22+21+11+27+17+17+15+14+20+10+18+16+15+31+27 \\ &\quad +15+16+10+12+15+24 \\ &= 438 \end{aligned}$$

$$n = 25$$

$$X = \frac{438}{25} = 17,72$$

S_x = Standar deviasi (simpangan baku)

$$\begin{aligned} S_x &= \sqrt{\frac{\sum (X - X_n)^2}{n}}, X_n = \text{curah hujan tahun ke } n \quad (7.11) \\ &= 5,519 \end{aligned}$$

Dari tabel 7.5 dan tabel 7.6, masing-masing harga :

$$Y_n = 0,5309 \quad ; \quad S_n = 1,0915$$

$$\begin{aligned} Y_t &= -\ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{TR} \right) \right] \\ &= -\ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{10} \right) \right] \\ &= 2,2504 \end{aligned} \tag{7.7}$$

$$\begin{aligned} K &= \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n} \\ &= \frac{(2,2504 - 0,5309)}{1,0915} \\ &= 1,5754 \end{aligned} \tag{7.6}$$

maka :

$$\begin{aligned} X_{10} &= X + K \cdot S_x \tag{7.5} \\ &= 17,72 + 1,5754 \cdot 5,519 \\ &= 26,4144 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

Dan perhitungan selanjutnya untuk periode ulang dan durasi yang lain dilakukan secara tabelaris, berikut ini hasil perhitungan Intensitas hujan (mm/jam) pada tabel 7.7 dan dibuat grafik lengkung intensitas hujan pada grafik 7.1.

Tabel 7.7 : Hasil perhitungan intensitas hujan (mm/jam)

TR (tahun)	Durasi (menit)						
	5	10	15	30	45	60	120
5	271,44	198,44	182,63	130,02	98,65	87,95	57,96
10	316,97	230,33	214,41	149,93	113,45	101,88	69,15
25	374,50	270,62	254,55	175,08	132,15	119,47	83,30
50	417,18	300,52	284,33	193,74	146,02	132,53	93,79

- b. Menetapkan besaran-besaran a, b dan n, untuk rumus-rumus intensitas dengan menggunakan hasil perhitungan pada tabel 7.8 – 7.11.

TR = 5 tahun

- Prof. Sherman :

$$I = \frac{a}{t^n}$$

dengan :

$$\begin{aligned} \text{Log } a &= \frac{(\log I)(\log t)^2 - (\log I \cdot \log t)(\log t)}{N(\log t)^2 - (\log t)(\log t)} & (7.12) \\ &= \frac{(14,6563)(15,2716) - (19,8847)(9,8627)}{7(15,2716) - (9,8627)(9,8627)} \end{aligned}$$

$$a = 754,719$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{(\log I)(\log t) - N(\log t \cdot \log I)}{N(\log t)^2 - (\log t)(\log t)} & (7.13) \\ &= \frac{(14,6563)(9,8627) - 7(19,8847)}{7(15,2716) - (9,8627)(9,8627)} \\ &= 0,5565 \end{aligned}$$

- Talbot :

$$I = \frac{a}{(t + b)}$$

dengan :

$$a = \frac{(I \cdot t)(I^2) - (I^2 \cdot t)(I)}{N(I^2) - (I)(I)} \quad (7.14)$$

$$= \frac{(24598,7)(182452) - (2871837)(1009,97)}{7(182452) - (1009,97)(1009,97)}$$

$$= 6174,488$$

$$b = \frac{(I)(I \cdot t) - (I^2 \cdot t)N}{N(I^2) - (I)(I)} \quad (7.15)$$

$$= \frac{(1009,97)(24598,7) - (2871837)7}{7(182452) - (1009,97)(1009,97)}$$

$$= 18,439$$

- Ishiguro :

$$I = \frac{a}{(\sqrt{t} + b)}$$

dengan :

$$a = \frac{(I\sqrt{t})(I^2) - (I^2\sqrt{t})(I)}{N(I^2) - (I)(I)} \quad (7.16)$$

$$= \frac{(4444,3544)(182452) - (654520,95)(1009,97)}{7(182452) - (1009,97)(1009,97)}$$

$$= 582,732$$

$$b = \frac{(I)(I\sqrt{t}) - N(I^2\sqrt{t})}{N(I^2) - (I)(I)} \quad (7.17)$$

$$= \frac{(1009,97)(4444,3544) - 7(654520,95)}{7(182452) - (1009,97)(1009,97)}$$

TR = 10 tahun

- Sherman :

$$\log a = \frac{(15,2732)(15,2716) - (20,8593)(9,8627)}{7(15,2716) - (9,8627)(9,8627)}$$

$$a = 720,998$$

$$n = \frac{(15,2732)(9,8627) - 7(20,8593)}{7(15,2716) - (9,8627)(9,8627)}$$

$$= 0,4798$$

- Talbot :

$$a = \frac{(31118,3)(250005) - (4172583)(1196,12)}{7(250005) - (1196,12)(1196,12)}$$

$$= 8733,297$$

$$b = \frac{(1196,12)(31118,3) - (4172583)7}{7(250005) - (1196,12)(1196,12)}$$

$$= 25,093$$

- Ishiguro :

$$a = \frac{(5396,4458)(250005) - (912713,89)(1196,12)}{7(250005) - (1196,12)(1196,12)}$$

$$= 806,130$$

$$b = \frac{(1196,12)(5396,4458) - 7(912713,89)}{7(250005) - (1196,12)(1196,12)}$$

$$= 0,2061$$

TR = 25 tahun

- Sherman :

$$\log a = \frac{(15,7738)(15,2716) - (21,5677)(9,8627)}{7(15,2716) - (9,8627)(9,8627)}$$

$$a = 843,912$$

$$n = \frac{(15,7738)(9,8627) - 7(21,5677)}{7(15,2716) - (9,8627)(9,8627)}$$

$$= 0,4776$$

- Talbot :

$$a = \frac{(36760,3)(347610) - (5800043)(1409,67)}{7(347610) - (1409,67)(1409,67)}$$

$$= 10316,29$$

$$b = \frac{(1409,67)(36760,3) - (5800043)7}{7(347610) - (1409,67)(1409,67)}$$

$$= 25,1504$$

- Ishiguro :

$$a = \frac{(6362,4092)(347610) - (1267765,3)(1409,67)}{7(347610) - (1409,67)(1409,67)}$$

$$= 951,594$$

$$b = \frac{(1409,67)(6362,4092) - 7(1267765,3)}{7(347610) - (1409,67)(1409,67)}$$

$$= 0,2119$$

TR = 50 tahun

- Sherman :

$$\log a = \frac{(16,0981)(15,2716) - (22,0263)(9,8627)}{7(15,2716) - (9,8627)(9,8627)}$$

$$a = 935,2113$$

$$n = \frac{(16,0981)(9,8627) - 7(22,0263)}{7(15,2716) - (9,8627)(9,8627)}$$

$$= 0,4764$$

- Talbot :

$$a = \frac{(40945,8)(430413) - (7180950)(1568,11)}{7(430413) - (1568,11)(1568,11)}$$

$$= 11487,33$$

$$b = \frac{(1568,11)(40945,8) - (7180950)7}{7(430413) - (1568,11)(1568,11)}$$

$$= 25,1676$$

- Ishiguro :

$$a = \frac{(7079,0564)(430413) - (1568894,8)(1568,11)}{7(430413) - (1568,11)(1568,11)}$$

$$= 1059,207$$

$$b = \frac{(1568,11)(7079,0564) - 7(1568894,8)}{7(430413) - (1568,11)(1568,11)}$$

$$= 0,2139$$

Dari hasil perhitungan di atas maka dibuat tabel dan grafik lengkung intensitas hujan.

Tabel 7.8 : Periode Ulang (TR) = 5 tahun

No	t	I	I x t	I ²	I ² x t	log t	log I	log t x log I	(log t) ²	t ^{0,5}	I x t ^{0,5}	I ² x t ^{0,5}
1	5	271.44	1357.2	73679.67	368398.4	0.6990	2.4337	1.7011	0.4886	2.2361	606.9583	164752.76
2	10	198.44	1984.4	39378.43	393784.3	1.0000	2.2976	2.2976	1.0000	3.1623	627.5224	124525.54
3	15	182.63	2739.45	33353.72	500305.8	1.1761	2.2616	2.6598	1.3832	3.8730	707.3229	129178.39
4	30	130.02	3900.6	16905.2	507156	1.4771	2.1140	3.1226	2.1819	5.4772	712.1489	92593.596
5	45	98.65	4439.25	9731.823	437932	1.6532	1.9941	3.2967	2.7331	6.7082	661.7643	65283.05
6	60	87.95	5277	7735.203	464112.2	1.7782	1.9442	3.4571	3.1618	7.7460	681.2578	59916.621
7	120	40.84	4900.8	1667.906	200148.7	2.0792	1.6111	3.3497	4.3230	10.9545	447.3798	18270.99
Jumlah		1009.97	24598.7	182452	2871837	9.8627	14.6563	19.8847	15.2716	40.1572	4444.3544	654520.95

Tabel 7.9 : Periode Ulang (TR) = 10 tahun

No	t	I	I x t	I ²	I ² x t	log t	log I	log t x log I	(log t) ²	t ^{0,5}	I x t ^{0,5}	I ² x t ^{0,5}
1	5	316.97	1584.85	100470	502349.9	0.6990	2.5010	1.7481	0.4886	2.2361	708.7665	221657.71
2	10	230.33	2303.3	53051.91	530519.1	1.0000	2.3624	2.3624	1.0000	3.1623	728.3674	167764.87
3	15	214.41	3216.15	45971.65	689574.7	1.1761	2.3312	2.7418	1.3832	3.8730	830.4064	178047.43
4	30	149.93	4497.9	22479	674370.1	1.4771	2.1759	3.2141	2.1819	5.4772	821.2004	121122.58
5	45	113.45	5105.25	12870.9	579190.6	1.6532	2.0548	3.3970	2.7331	6.7082	761.0457	86340.639
6	60	101.88	6112.8	10379.53	622772.1	1.7782	2.0081	3.5707	3.1618	7.7460	789.1591	80399.528
7	120	69.15	8298	4781.723	573806.7	2.0792	1.8398	3.8253	4.3230	10.9545	757.5003	52381.146
Jumlah		1196.12	31118.25	250004.7	4172583	9.8627	15.2732	20.8593	15.2716	40.1572	5396.4458	912713.89

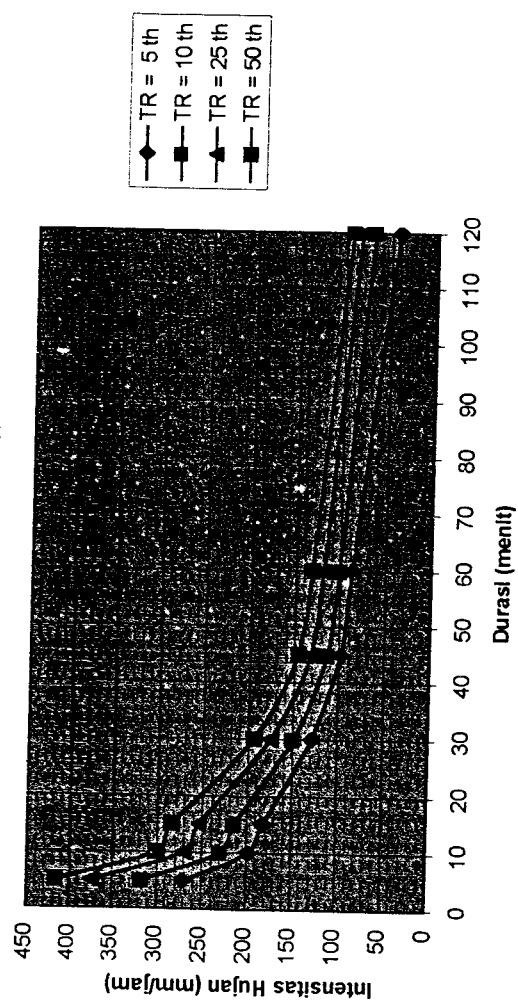
Tabel 7.10 : Periode Ulang (TR) = 25 tahun

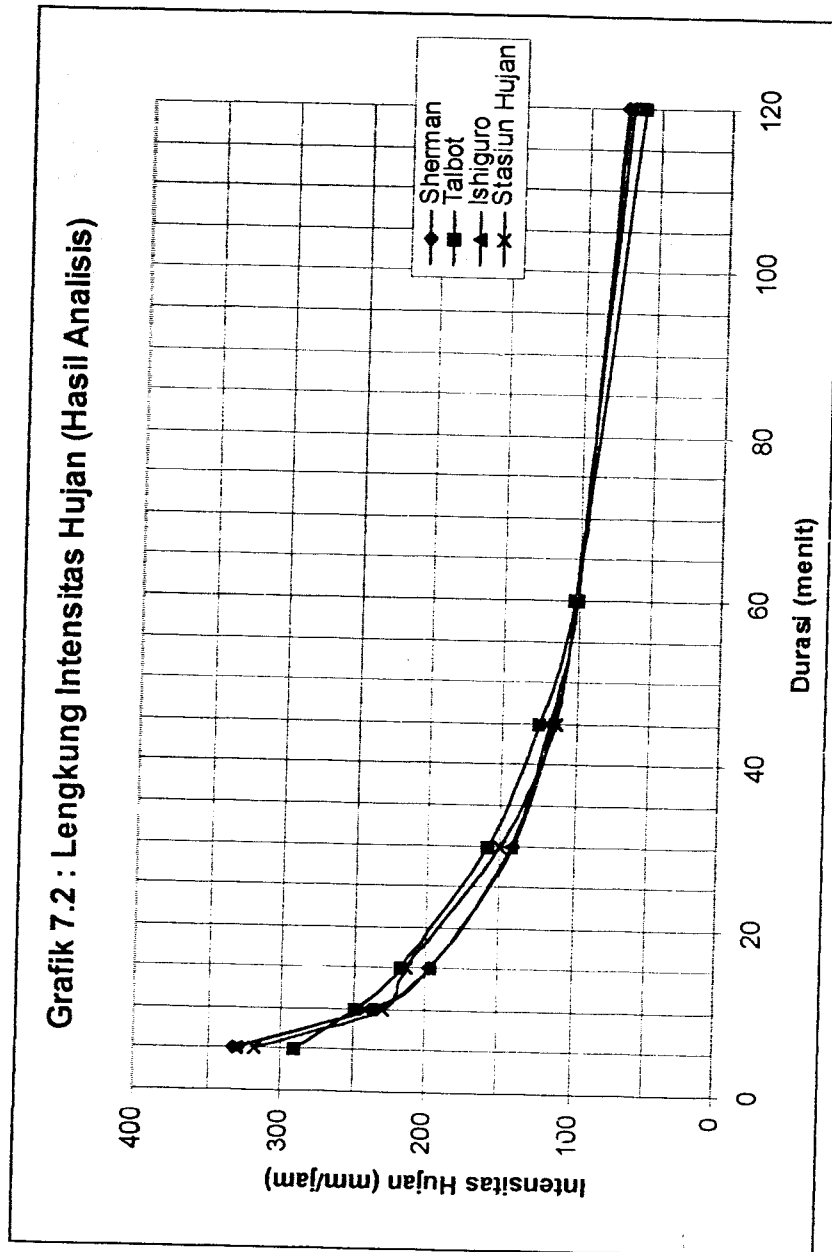
No	t	I	I x t	I ²	I ² x t	log t	log I	log t x log I	(log t) ²	t ^{0,5}	I x t ^{0,5}	I ² x t ^{0,5}
1	5	374.5	1872.5	140250.3	701251.3	0.6990	2.57345	1.7988	0.4886	2.23607	837.4075	313609.09
2	10	270.62	2706.2	73235.18	732351.8	1.0000	2.43236	2.4324	1.0000	3.16228	855.7756	231589.99
3	15	254.55	3818.25	64795.7	971935.5	1.1761	2.40577	2.8294	1.3832	3.87298	985.8679	250952.68
4	30	175.08	5252.4	30653.01	919590.2	1.4771	2.24324	3.3135	2.1819	5.47723	958.9527	167893.43
5	45	132.15	5946.75	17463.62	785863	1.6532	2.12107	3.5066	2.7331	6.7082	886.4891	117149.54
6	60	119.47	7168.2	14273.08	856384.9	1.7782	2.07726	3.6937	3.1618	7.7460	925.4106	110558.81
7	120	83.3	9996	6938.89	832666.8	2.0792	1.92065	3.9934	4.3230	10.9545	912.5058	76011.732
Jumlah		1409.67	36760.3	347609.7	5800043	9.8627	15.7738	21.5677	15.2716	40.1572	6362.4092	1267765.3

Tabel 7.11 : Periode Ulang (TR) = 50 tahun

No	t	I	I x t	I ²	I ² x t	log t	log I	log t x log I	(log t) ²	t ^{0,5}	I x t ^{0,5}	I ² x t ^{0,5}
1	5	417.18	2085.9	174039.2	870195.8	0.6990	2.62032	1.8315	0.4886	2.23607	932.8428	389163.38
2	10	300.52	3005.2	90312.27	903122.7	1.0000	2.47787	2.4779	1.0000	3.16228	950.3277	285592.48
3	15	284.33	4264.95	80843.55	1212653	1.1761	2.45382	2.8859	1.3832	3.87298	1101.2054	313105.72
4	30	193.74	5812.2	37535.19	1126056	1.4771	2.28722	3.3785	2.1819	5.47723	1061.1577	205588.69
5	45	146.02	6570.9	21321.84	959482.8	1.6532	2.16441	3.5782	2.7331	6.7082	979.5319	143031.25
6	60	132.53	7951.8	17564.2	1053852	1.7782	2.12231	3.7738	3.1618	7.7460	1026.5730	136051.72
7	120	93.79	11254.8	8796.564	1055588	2.0792	1.97216	4.1005	4.3230	10.9545	1027.4180	96361.532
Jumlah		1568.11	40945.75	430412.8	7180950	9.8627	16.0981	22.0263	15.2716	40.1572	7079.0564	1568894.8

Grafik 7.1 : Lengkung Intensitas Hujan
(Stasiun Hujan Semarang)





Tabel 7.12 : Hasil Perhitungan Intensitas Hujan (TR = 10 tahun)

TR = 10 th	Durasi (menit)						
	5	10	15	30	45	60	120
Sherman : $I = \frac{720,998}{t^{0,4798}}$	333,10	238,85	196,63	140,99	116,07	101,11	72,50
Talbot : $I = \frac{8733,297}{(t + 25,093)}$	290,21	248,86	217,83	158,52	124,60	102,63	60,19
Ishiguro : $I = \frac{806,130}{(\sqrt{t} + 0,2061)}$	330,09	239,32	197,63	141,84	116,59	101,37	72,23

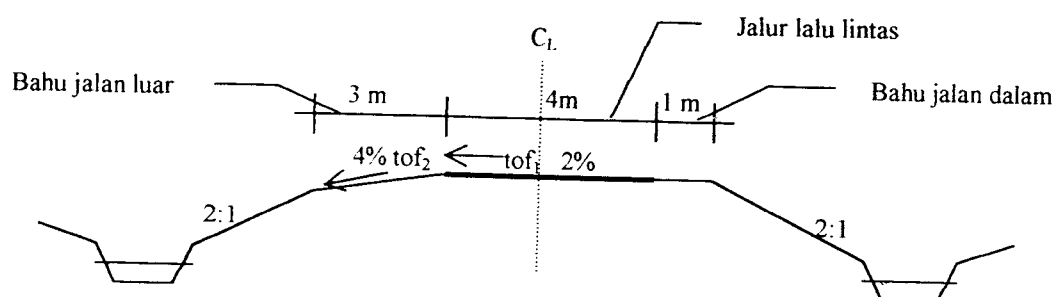
Dari tabel 7.12 dan grafik 7.2 didapat lengkung intensitas hujan yang mendekati lengkung intensitas hujan dari stasiun hujan Semarang adalah Sherman. Persamaan

$$\text{yang dipakai adalah : } I = \frac{720,998}{t^{0,4798}}$$

7.5 Perhitungan Dimensi Saluran

Pada simpang susun ini tidak terdapat saluran median, hanya dibuatkan kemiringan saja untuk mengalirkan airnya. Air yang jatuh pada permukaan badan jalan diteruskan kedalam saluran terbuka yang berbentuk trapesium.

7.5.1 Saluran Samping Pada Simpang Susun



Gambar 7.1 Potongan saluran samping pada ramp

Data-data yang ada :

Bahu jalan (beton)	Badan Jalan (beton)	Saluran
Lof ₁ = 3 m	Lof ₂ = 2m	Ldf = 150 m
n ₁ = 0,013	n ₂ = 0,013	n = 0,025
C ₁ = 0,9	C ₂ = 0,9	I _{sal} = 0,0005
S ₁ = 4%	S ₂ = 2%	

$$tof_1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times Lof_1 \times \frac{n_1}{S_1^{1/2}} \right)^{1/6} \quad (7.3)$$

$$= \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 3 \times \frac{0,013}{0,04^{1/2}} \right)^{1/6} = 0,8676 \text{ menit}$$

$$tof_2 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times Lof_2 \times \frac{n_2}{S_2^{1/2}} \right)^{1/6} \quad (7.3)$$

$$= \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 2 \times \frac{0,013}{0,02^{1/2}} \right)^{1/6} = 0,8591 \text{ menit}$$

$$tof = tof_1 + tof_2 = 1,7267 \text{ menit}$$

$$tdf = \frac{Ldf}{60.v} \quad (7.4)$$

$$= \frac{150}{60.0,6} = 4,1667 \text{ menit}$$

$$tc = tof + tdf \quad (7.2)$$

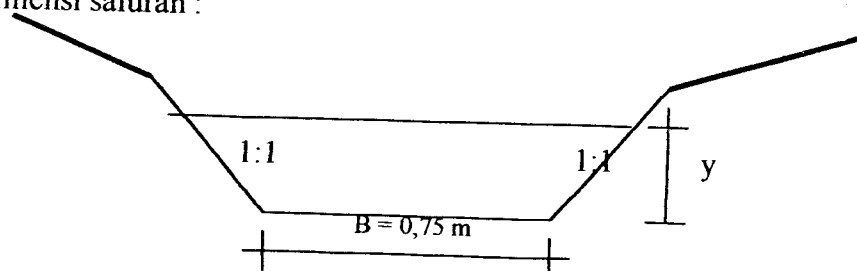
$$= 5,8934 \text{ menit}$$

$$Ic = \frac{720,998}{t^{0,4798}} \quad (7.8)$$

$$= \frac{720,998}{5,8934^{0,4798}} = 307,83 \text{ mm/jam}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{sal Trap}} &= 1/3,6 \cdot I_c \cdot C \cdot A & (7.1) \\
 &= 1/3,6 \cdot 307,83/3600 \cdot 10^{-3} \cdot 0,9 \cdot (3.150 + 2.150) \\
 &= 0,0160 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

Dimensi saluran :



$$A = y(B + m \cdot y) = y(0,75 + y)$$

$$P = B + 2y \sqrt{1 + m^2} = 0,75 + 2y \sqrt{2}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{y(0,75 + y)}{0,75 + 2y\sqrt{2}}$$

$$\text{Debit aliran : } Q = A \cdot v = A \cdot \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$0,016 = y(0,75 + y) \frac{1}{0,025} \left(\frac{y(0,75 + y)}{0,75 + 2y\sqrt{2}} \right)^{2/3} \sqrt{0,0005}$$

$$0,018 = y(0,75 + y) \left(\frac{y(0,75 + y)}{0,75 + 2y\sqrt{2}} \right)^{2/3}$$

didapat :

$$y = 0,10 \text{ m} = 10 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi jagaan} = 25 \% \cdot y = 2,5 \text{ cm}$$

$$\text{Diambil kedalaman saluran} = 30 \text{ cm}$$

7.5.2 Drainasi Bawah Tanah

Drainasi bawah tanah (*sub surface drainage*) diperlukan pada tempat atau lokasi, dimana dapat terjadi kemungkinan merembesnya air pada konstruksi jalan akibat air tanah yang berlebihan atau muka air tanah yang cukup tinggi sehingga dapat mengganggu kestabilan atau merusak badan jalan.

Drainasi bawah tanah umumnya tergantung pada kondisi tanah setempat/lapangan, jadi tidak setiap pembuatan sarana drainasi harus ada drainasi bawah tanah, seperti halnya pada proyek ini. Pada proyek pembangunan simpang susun Majapahit ini sistem drainasi bawah tanah permukaan tidak dipakai karena muka air tanah tidak cukup tinggi.

7.6 Pembahasan

Secara umum fungsi drainasi dalam perancangan jalan raya adalah untuk mengalirkan air permukaan dan air tanah, agar tidak mengganggu dan merusak konstruksi perkerasan jalan, sehingga jalan dapat memberikan pelayanan sesuai fungsi yang diharapkan.

Dari grafik lengkung intensitas hujan (hasil analisis) untuk mendimensi saluran samping dapat diperoleh intensitas hujan berdasarkan rumus Sherman karena mempunyai simpangan yang terkecil atau mendekati lengkung intensitas hujan dari stasiun hujan Semarang.

Dari hasil perhitungan dimensi saluran samping konsultan memakai lebar dasar saluran 1 m, sedangkan penulis memakai lebar dasar saluran 0,75 m. Dari hal

ini kami dapat menarik kesimpulan hasil rancangan kembali lebih ekonomis dari hasil rancangan konsultan. Dari kedua hasil di atas hasil kedua-duanya dapat dipakai tetapi dalam perancangan kita harus memperhatikan segi ekonomisnya.

BAB VIII

RAMBU DAN MARKA JALAN

8.1 Pendahuluan

Rambu dan marka lalu lintas adalah tanda-tanda atau perlengkapan yang terdapat di sepanjang jalan berupa papan-papan petunjuk, garis-garis di atas badan jalan, patok, penghalang dan sebagainya yang berguna untuk turut mengatur pergerakan lalu lintas agar berjalan lancar, harmonis dan aman.

Untuk suatu simpang susun, adanya rambu dan marka lalu lintas tersebut akan sangat bermanfaat sekali, terutama untuk menuntun atau mencegah kebingungan para pengemudi kendaraan dalam menentukan lajur yang harus diikutinya sesuai dengan arah tujuannya. Secara umum rambu dan marka lalu lintas berfungsi memberikan peringatan, larangan, petunjuk atau informasi lainnya yang diperlukan oleh pengemudi.

Selanjutnya dalam bahasan ini hanya rambu-rambu dan marka yang dipergunakan untuk simpang susun Majapahit saja yang dibahas.

8.2 Rambu-rambu Lalu Lintas

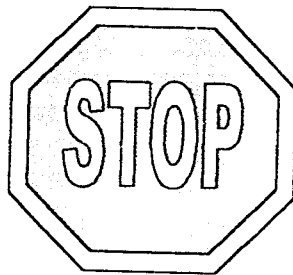
Rambu-rambu lalu lintas mempunyai ketentuan-ketentuan yang meliputi bentuk, ukuran dan warna yang harus sesuai. Masing-masing mempunyai arti atau maksud tertentu sesuai dengan kegunaan dan pesan yang akan disampaikan, berupa kalimat atau simbol.

Bentuk ini bisa berupa lingkaran, segi tiga, segi delapan dan persegi empat panjang, sedangkan ukurannya sangat bervariasi sekali besarnya. Untuk warna dasar terdapat beberapa macam yaitu : merah, hitam, putih, biru, hijau dan kuning (oranye), dengan warna huruf atau simbol yang sesuai dan masing-masing harus jelas terlihat baik siang maupun malam.

Selanjutnya untuk proyek ini, digunakan beberapa macam rambu-rambu yang terbuat dari metal serta berisi kalimat dan tanda panah dengan ketentuan-ketentuan sebagai berikut :

8.2.1 Rambu Larangan

Rambu larangan ini berbentuk segi delapan, berukuran 61 x 61 cm, warna dasar merah dan huruf putih. Digunakan sebagai tanda stop dan ditempatkan di Tol plaza. Rambu ini seperti ditunjukkan pada gambar 8.1.



Gambar 8.1 Rambu larangan

8.2.2 Rambu Peringatan

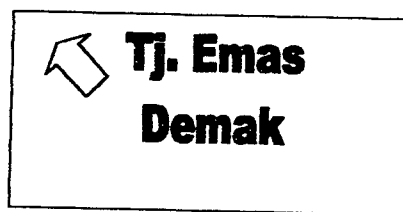
Rambu ini berbentuk lingkaran, warna dasar kuning dan huruf hitam. Digunakan untuk memberikan peringatan agar pengemudi membatasi dan mengurangi kecepatan saat masuk di daerah simpang susun. Lihat pada gambar 8.2.



Gambar 8.2 Rambu peringatan

8.2.3 Rambu Penerangan atau Informasi

Rambu penerangan ini berbentuk empat persegi panjang, dengan bagian horisontal yang lebih panjang mempunyai warna dasar biru dan huruf putih. Digunakan untuk menunjukkan arah atau jurusan jalan atau jalan penghubung (*ramp*).



Gambar 8.3 Rambu penerangan atau informasi

Semua rambu-rambu tadi dipasang 2 meter di sebelah kiri bahu, atau pada median (*kerb*), setinggi 2,1 meter dari atas perkerasan jalan ke bagian bawah rambu.

8.3 Marka Lalu lintas

Secara umum, marka lalu lintas ini terbagi menjadi dua kelompok yaitu berupa garis-garis di atas badan jalan yang disebut marka jalan dan yang kedua adalah benda-benda marka.

8.3.1 Marka Jalan

Pada dasarnya marka jalan ini terdiri dari 4 jenis dengan arti masing-masing sebagai berikut :

1. Garis utuh, berarti pengemudi sedapat mungkin dilarang melewati garis tersebut.
2. Garis terputus-putus, berarti pengemudi boleh melewati garis tersebut selama keadaan mengijinkan.
3. Gabungan garis utuh dan garis terputus-putus berarti dari sebelah garis putus, pengemudi dilarang melewati kedua garis tersebut.
4. Garis utuh ganda, berarti pengemudi dilarang keras melewati garis tersebut.

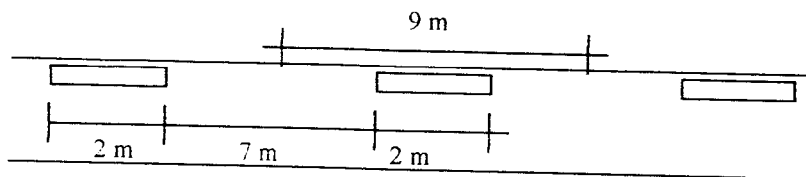
Selain itu, warna garis yang digunakan biasanya terdiri dari :

1. Warna putih, dipakai sebagai garis-garis pembatas untuk arus lalu lintas searah.
2. Warna kuning, dipakai untuk memisahkan arus lalu lintas berlawanan arah.

Ketentuan-ketentuan lain tentang marka jalan ini meliputi material cat yang digunakan, serta ukuran-ukurannya. Marka jalan yang digunakan adalah sebagai berikut :

8.3.1.1 Garis tengah (*Center line*)

Garis tengah ini berupa garis tebal 10 cm berwarna putih yang terputus-putus, dengan ketentuan seperti terlihat pada gambar 8.4.



Gambar 8.4 : Garis tengah

8.3.1.2 Garis batas lajur

Garis batas lajur ini berupa garis berwarna putih yang terputus-putus, panjang dan celahnya tergantung kecepatan operasi kendaraan di jalan yang bersangkutan.

8.3.1.3 Garis tepi

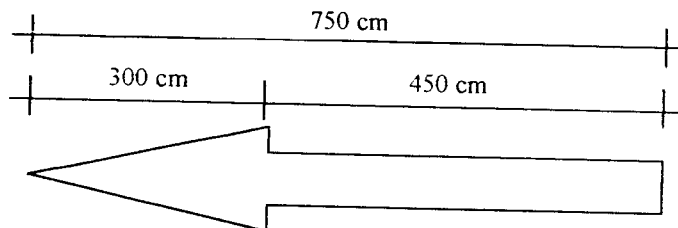
Garis tepi ini berupa garis menerus berwarna putih dengan tebal ± 10 cm, dipasang antara tepi perkerasan dengan bahu. Pada jalan yang terpisah atau jalan satu arah, garis tepi kanan biasanya diberi warna kuning.

8.3.1.4 Garis pada penambahan atau pengurangan lajur

Garis ini digunakan pada tepi perkerasan jalan utama, hampir sepanjang lajur percepatan atau lajur perlambatan pada terminal jalan penghubung (*ramp*).

8.3.1.5 Tanda panah

Tanda panah di atas badan jalan digunakan untuk menunjukkan arah dan sebagai tanda untuk memasuki jalur perlambatan sebelum persimpangan (lihat pada gambar 8.5).



Gambar 8.5 : Tanda panah

8.3.2 Benda Marka

Benda-benda marka ini, dapat terdiri dari beberapa macam seperti tersebut berikut :

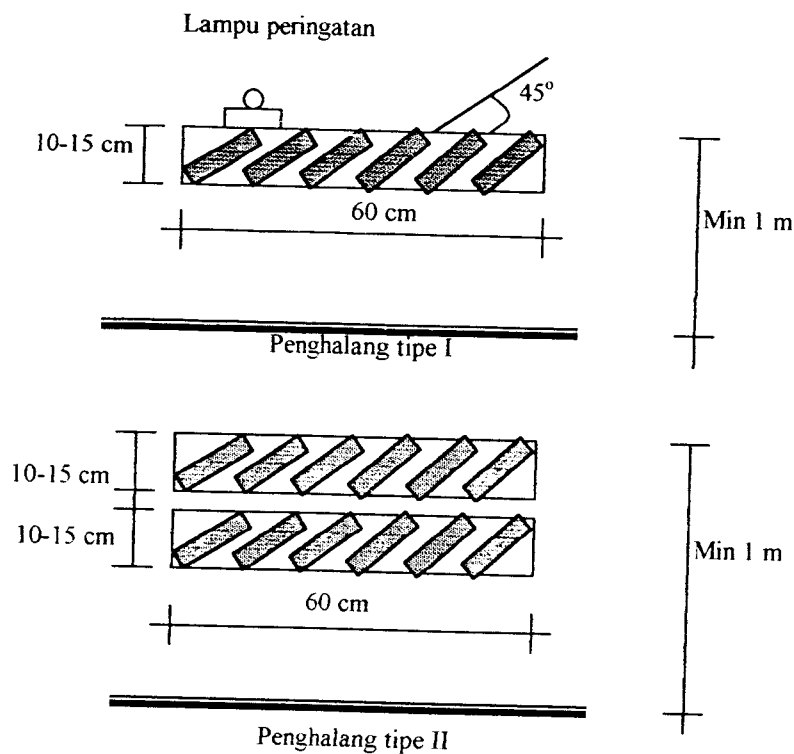
8.3.2.1 Patok

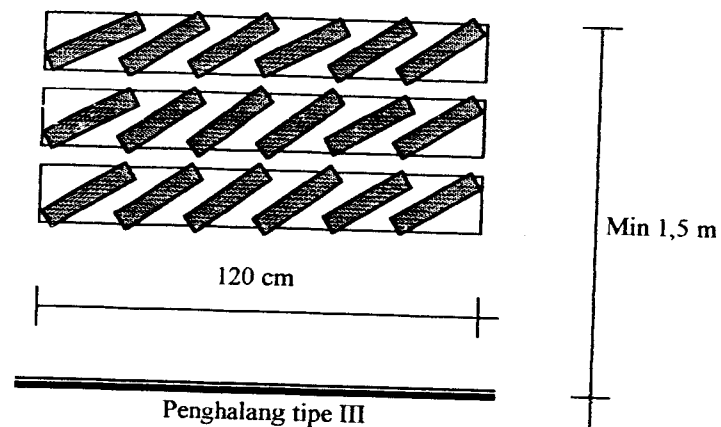
Patok-patok ini digunakan untuk menandai jarak-jarak atau stasiun.

8.3.2.2 Penghalang

Penghalang ini digunakan sebagai alat sementara apabila diperlukan, untuk memberi peringatan atau menutup lajur lalu lintas. Umumnya penghalang ini berupa papan kayu atau plastik dengan ketentuan sebagai berikut :

Warna oranye atau merah, dengan strip-strip putih bersudut 45° . Ukurannya lihat gambar 8.6.



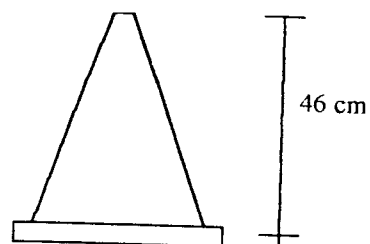


Gambar 8.6 : Penghalang

8.3.2.3 Kerucut penghalang

Kerucut penghalang ini dapat juga bersifat sementara dan berguna untuk mengarahkan arus lalu lintas atau menutup lajur. Ketentuan untuk kerucut ini adalah sebagai berikut :

Warna oranye dengan ukuran luas dasar bervariasi mempunyai tinggi 46 cm, lihat gambar 8.7.



Gambar 8.7 : Kerucut penghalang

8.4 Pembahasan

Rambu dan marka merupakan sarana penunjang/pelengkap yang harus dipenuhi pada suatu perancangan jalan untuk memberikan fasilitas keamanan, kenyamanan dan petunjuk yang harus dipatuhi bagi pengguna jalan tersebut. Karena rambu dan marka berguna untuk mengatur pergerakan lalu lintas agar berjalan dengan harmonis, tertib dan lancar.

Perancangan rambu dan marka untuk simpang susun Majapahit menggunakan standar Bina Marga. Adapun rambu dan marka yang dipakai adalah :

1. Rambu, meliputi :
 - a. Rambu larangan.
 - b. Rambu peringatan.
 - c. Rambu penerangan.
2. Marka, meliputi :
 - a. Garis tengah lajur.
 - b. Garis batas lajur.
 - c. Garis penambahan dan pengurangan lajur.
 - d. Tanda panah untuk penunjuk lajur.
3. Benda marka
 - a. Patok km.
 - b. Penghalang.
 - c. Kerucut penghalang.

BAB IX

RENCANA ANGGARAN BIAYA

9.1 Pendahuluan

Rencana anggaran biaya simpang susun Majapahit merupakan bagian dari rencana anggaran biaya dari proyek jalan tol Seksi C yang termasuk dalam perpanjangan lintasan jalan tol seksi A dan B. Pada perancangan ini biaya yang dihitung adalah biaya konstruksi yang didapat dari hasil evaluasi perancangan yang ada pada tugas akhir ini, data yang dapat menunjang untuk perhitungan rencana anggaran biaya ini tidak diperoleh dari proyek. Besarnya biaya anggaran pada konstruksi ini ditentukan oleh komponen pokok yaitu :

1. Harga material
2. Upah buruh
3. Biaya operasi peralatan

Biaya ini dipengaruhi oleh volume pekerjaan yang ada pada proyek. Jenis pekerjaan yang termasuk di dalamnya adalah : pekerjaan tanah, pekerjaan perkerasan, drainasi jalan serta pekerjaan pelengkap lainnya. Selain itu besarnya biaya ini dipengaruhi juga oleh faktor-faktor : syarat teknis yang harus dipenuhi, lokasi, topografi, waktu pelaksanaan dan metode pelaksanaannya.

Analisa biaya yang dipakai didasarkan pada harga upah/bahan pada tahun 1983 sehingga apabila pelaksanaan fisik tidak berjalan sesuai jadwal yang telah

ditetapkan maka besarnya biaya akan meningkat sesuai dengan perubahan harga upah dan bahan yang berlaku.

Perhitungan biaya ini berpedoman pada Peraturan Standarisasi Analisa Biaya Pembangunan Jalan dan Jembatan (No.02/ST/BM73), yang diterbitkan oleh direktorat Jendral Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum.

9.2 Uraian Jenis Pekerjaan

9.2.1 Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS)

Dari gambar rencana dan syarat- syarat kerja(RKS) dapat ditentukan jenis-jenis pekerjaan yang ada pada lingkup pekerjaan proyek, sehingga untuk selanjutnya dapat dibuat urutan dan jadwal pelaksanaannya. Dalam proyek ini ditentukan dengan batas-batas sebagai berikut :

1. Jalan keluar masuk (Akses) = 0 + 000.0000 sampai dengan 1 + 191.7060
2. Ramp A = 0 + 000.0000 sampai dengan 0 + 443.6251
3. Ramp B = 0 + 000.0000 sampai dengan 0 + 424.7895
4. Ramp C = 0 + 000.0000 sampai dengan 0 + 338.1267
5. Ramp D = 0 + 000.0000 sampai dengan 0 + 379.8304

Apabila dalam pelaksanaan terjadi perubahan pekerjaan maupun syarat-syarat teknis pelaksanaan, maka dalam perjanjian pekerjaan (kontrak) harus dipersiapkan suatu *Adendum* yang memungkinkan untuk menyesuaikan harga kontruksi secara keseluruhan. Di dalam *Adendum* harus memuat ketentuan-ketentuan pekerjaan tambah atau pekerjaan kurang serta tata cara perhitungan dan pembayarannya.

9.2.2 Pekerjaan tanah

Pekerjaan tanah ini adalah pekerjaan yang berhubungan dengan pembentukan badan jalan dan drainasi yang meliputi pekerjaan :

1. Pekerjaan galian
2. Pekerjaan timbunan
3. Pekerjaan tanah

9.2.3 Pekerjaan Drainasi

Drainasi adalah penyediaan saluran guna pembuangan air, kebutuhannya disesuaikan dengan topografi, data hidrologi, pertimbangan ekonomis dan lain-lainnya. Untuk proyek ini sistem drainasi yang dirancang adalah drainasi permukaan, berupa saluran samping. Sistem pekerjaan drainasi dapat dikelompokkan atas :

1. Penggalian saluran
2. Pekerjaan lapisan
3. Pembuatan
4. Pemasangan saluran

9.2.4 Pekerjaan Konstruksi Jalan

Pekerjaan konstruksi jalan adalah pembuatan badan jalan yang merupakan lajur yang dilalui lalu lintas. Konstruksi perkerasan jalan terdiri dari : slab beton, pondasi, dan tanah dasar termasuk juga pekerjaan bahu jalan. Secara terperinci

pekerjaan perkerasan jalan adalah :

1. Persiapan tanah dasar
2. Pembuatan lapis pondasi
3. Pelapisan slab beton
4. Bahu jalan

9.2.5 Pekerjaan Pelengkap

Adalah pekerjaan untuk menambah keamanan, kenyamanan, dan keindahan jalan terdiri dari :

1. Pemasangan rambu-rambu lalu lintas
2. Pembuatan marka jalan
3. Penerangan jalan
4. Tanaman di pinggir jalan

9.3 Volume pekerjaan

Penentuan volume masing-masing unit pekerjaan ditentukan dari gambar rencana yang telah dibuat, baik profil memanjang maupun profil melintang yang meliputi seluruh lajur masuk menuju simpang susun dan lajur tambahan yang menunjang lajur tersebut. Berikut ini hasil perhitungan volume pekerjaan simpang susun Majapahit.

Tabel 9.1 Volume unit pekerjaan

No	Jenis Pekerjaan	Satuan	Volume
1	Pekerjaan persiapan : - Biaya operasional proyek - Ganti rugi tanah	m ³	Lump Sump 332.600
2	Pembersihan dan Pengupasan	m ³	300.000
3	Pekerjaan Tanah : - Galian saluran - Timbunan tanah - Penggantian tanah dasar - Pematatan badan jalan	m ³ m ³ m ³ m ³	13.000 260.830 270.500 80.135
4	Pekerjaan dan persiapan tanah dasar	m ³	80.135
5	Pekerjaan dan memasang lapisan pondasi	m ³	11.245
6	Pekerjaan lapisan permukaan (slab beton)	m ³	7.029
7	Pekerjaan drainasi : Saluran samping	m ³	4.500
8	Pekerjaan pelengkap : - Pagar pengaman - Pintu gerbang tol - Concrete curb - Kilometer pos - Marka jalan - R/W sign - Road sign A - Road sign B - Road sign C	m m ² m buah m ² buah buah buah buah	3500 500 1035 2 10.500 7 2 2 3

9.4 Harga Satuan

Harga satuan masing-masing unit pekerjaan, merupakan penjumlahan dari biaya-biaya :

1. Upah tenaga kerja /personel
2. Harga bahan/material
3. Keuntungan
4. Biaya operasi peralatan
5. Pajak-pajak

9.4.1 Harga Satuan Upah Pekerjaan

Upah seorang pekerja dalam satu jam efektif ialah : selama jam-jam kerja, pekerja yang bersangkutan harus bekerja dengan konsentrasi penuh, sesuai dengan bidangnya masing-masing.

Upah kerja dihitung dengan menggunakan hari orang standar yaitu:

1. Satu hari kerja adalah : 8 jam
2. Satu bulan adalah : 25 hari

Tabel 9.2 Daftar upah pekerja berdasarkan tahun 1983

No	Nama	Harga
1	Mandor	Rp.500,-/jam
2	Pekerja terlatih	Rp.500,-/jam
3	Pekerja kasar	Rp.250,-/jam
4	Tukang	Rp.450,-/jam
5	Operator	Rp.500,-/jam
6	Mekanik	Rp.500,-/jam

Lanjutan tabel 9.2

7	Supir truk	Rp. 350,-/jam
8	Pengawas	Rp. 500,-/jam
9	Penjaga	Rp. 250,-/jam

9.4.2 Harga Satuan Bahan

Perhitungan harga satuan bahan/material telah termasuk semua biaya yang diperlukan untuk angkutan, bongkar muat dari gudang sampai ketempat pekerjaan.

Tabel 9.3 : Daftar harga satuan bahan/material berdasarkan tahun 1983

No	Nama	Harga
1	Tanah urug	Rp. 1000,-/m ³
2	Portland semen	Rp. 75.000,-/ton
3	Neoprene	Rp. 1.500,-/kg
4	Pasir beton	Rp. 9.000,-/ m ³
5	Kerikil/Split beton	Rp. 12.000,-/ m ³
6	Kayu	Rp. 90.000,-/ m ³
7	Sirtu	Rp. 5.000,-/ m ³
8	Agregate	Rp. 7.500,-/ m ³
9	Batu bulat-koral	Rp. 7.500,-/ m ³
10	Besi beton	Rp. 450,-/kg

9.4.3 Harga Satuan Penggunaan Peralatan

Dalam perhitungan biaya pembangunan, untuk mendapatkan harga satuan setiap pekerjaan selain memperhitungkan biaya tiap-tiap peralatan besar untuk setiap jam kerja atau jam efektif, perlu diketahui ketentuan lain seperti :

1. Kemampuan atau kapasitas tiap-tiap peralatan untuk setiap jamnya
2. Kombinasi peralatan yang diperlukan setiap pekerjaan
3. Bahan-bahan yang diperlukan untuk setiap pekerjaan
4. Bahan-bahan lain diluar biaya peralatan dan harga bahan-bahan yang diperhitungkan

Setelah data tersebut diatas diketahui, maka perhitungan harga satuan penggunaan peralatan pembangunan bisa dilakukan. Namun dalam menghitung biaya peralatan pembangunan, ada beberapa hal penting yang harus diperhatikan yaitu :

1. Biaya pasti perjam ialah : biaya angsuran/pengembalian modal tiap jam efektif
2. Biaya operasi langsung perjam adalah biaya yang diperlukan untuk megerakkan dan mengerahkan peralatan tersebut.

Biaya tidak langsung adalah biaya kantor, biaya resiko/keuntungan dihitung perjam efektif. Total harga operasi adalah jumlah semua biaya yang diperhitungkan untuk setiap jam kerja efektif atau jumlah biaya pasti, biaya operasi dan biaya tak langsung.

Tabel 9.4 Daftar harga satuan penggunaan peralatan

No	Nama	Harga
1	Bulldozer D 6 D Powershift	Rp. 33.384,-/jam
2	Bulldozer D 7 D Powershift	Rp. 39.584,-/jam
3	Bulldozer D & D Powershift	Rp. 52.540,-/jam
4	12 g Motor Grade	Rp. 52.540,-/jam
5	930 Wheel Loader	Rp. 17.300,-/jam
6	955 L Track Loader (100 HP)	Rp. 24.130,-/jam
7	Track Loader (100 HP)	Rp. 20.630,-/jam
8	Track Drill	Rp. 21.700,-/jam
9	Copressor 600 cm	Rp. 15.170,-/jam
10	Jack Hamer	Rp. 2.360,-/jam
11	Truck Moln	Rp. 8.675,-/jam
12	Truck 12 T	Rp. 7.740,-/jam
13	Water Truck 3500L	Rp. 11.900,-/jam
14	Flate Red Truck	Rp. 4.500,-/jam
15	Pick up Vehicle	Rp. 2.590,-/jam
16	North weat Shovel	Rp. 65.120,-/jam
17	Stone Cruser	Rp.226.570,-/jam
18	Genarator	Rp. 27.450,-/jam
19	CMP (kap 30T/jam)	Rp. 69.880,-/jam
20	Spreader	Rp. 30.120,-/jam
21	Tandem Roller (kap 8-10T)	Rp. 12.050,-/jam
22	Tire Roller (kap 10-16 T)	Rp. 18.072,-/jam
23	Vibratory Roller (10-12 T)	Rp. 20.000,-/jam
24	Concrete Vibrator	Rp. 10.000,-/jam

9.4.4 Keuntungan dan Biaya tak terduga

Keuntungan dinyatakan dengan persentase keuntungan dalam suatu pelaksanaan proyek biasanya ditentukan secara rata-rata dari biaya langsung, keuntungan berjumlah sekitar 8% sampai 15%. Untuk proyek kecil biasa diambil 15%, proyek sedang diambil 12,5% dan untuk proyek besar diambil 8%. Proyek pada jalan tol ini mengambil keuntungan 8%. Biaya tak terduga terdiri dari biaya tak terduga umum yang tidak dapat dimasukkan kedalam suatu jenis pekerjaan dalam proyek dan biaya tak terduga proyek yang dapat dibebankan kepada proyek tetapi

tidak dapat dibebankan kepada biaya bahan-bahan. Biaya tak terduga dapat berkisar antara 8% sampai 15%.

9.5 Perhitungan

Dengan mempergunakan harga satuan pekerjaan dan volume pekerjaan, maka dapat disusun secara tabelaris perhitungan rencana anggaran biaya sebagai berikut :

Tabel 9.5 Perhitungan biaya Simpang susun Majapahit

No	Jenis Pekerjaan	Satuan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan (x Rp. 1000)	Harga (jutaan rupiah)
1	Pekerjaan persiapan :				
	- Biaya operasional proyek		Lump Sump	10.000	10
	- Ganti rugi tanah	m ²	312.000	20	6.240
2	Pembersihan dan Pengupasan	m ³	300.000	0,2135	64,05
3	Pekerjaan Tanah :				
	- Galian saluran	m ³	13.000	1,765	22,945
	- Timbunan tanah	m ³	260.830	2,595	676,854
	- Penggantian tanah dasar	m ³	270.500	1,765	447,433
	- Pemadatan badan jalan	m ³	80.135	0,156	12,502
4	Pekerjaan dan persiapan tanah dasar	m ³	80.135	0,217	17,389
5	Pekerjaan dan memasang lapisan pondasi	m ³	11.245	9,972	112,135
6	Pekerjaan lapisan permukaan (slab beton)	m ³	7.029	250	1757,250
7	Pekerjaan drainasi :				
	Saluran samping	m ³	4.500	45	20,250
8	Pekerjaan pelengkap :				
	- Pagar pengaman	m	3500	10	35
	- Pintu gerbang tol	m ²	500	250	12,5
	- Concrete curb	m	1035	18	18,630
	- Kilometer pos	Buah	2	29,230	0,058
	Marka jalan	m ²	1.500	0,750	1,125

Lanjutan tabel 9.5

-	R/W sign	buah	7	45	0,315
-	Road sign A	buah	2	75	0,150
-	Road sign B	buah	2	10,5	0,210
-	Road sign C	buah	3	135	0,405
Jumlah keseluruhan					Rp. 9.449,201

Jadi biaya seluruh pekerjaan adalah sebagai berikut :

1. Biaya konstruksi : Rp. 9.449.201.000,-
2. Biaya tak terduga (15 %) : Rp. 1.417.380.000,-
3. Keuntungan (8%) : Rp. 755.936.000,-
4. Jumlah Biaya seluruhnya : Rp. 11.622.517.000,-

Jadi biaya konstruksi pembangunan simpang susun Majapahit memerlukan dana sebesar Rp. 11.622.517.000,- (sebelas milyar enam ratus dua puluh dua juta lima ratus tujuh belas ribu). Biaya tersebut adalah perkiraan tahun 1983.

9.6 Pembahasan

Rancangan biaya merupakan hal yang perlu diperhatikan secara cermat karena penentuan biaya tersebut mempengaruhi kualitas dari pemilihan bahan, material, alat dan pekerja yang terlibat dalam pekerjaan proyek tersebut. Selain itu juga menyangkut masalah ekonomi dan politik pada masyarakat berhubungan dengan penggunaan tanah untuk proyek dan pembayaran ganti rugi pada masyarakat yang terkena proyek tersebut.

Pada proyek jalan tol Semarang Seksi C khususnya simpang susun perhitungan biaya proyek memakai Peraturan standar Analisa Biaya Pembangunan Jalan dan Jembatan, (No : 02/ST/BM/73).

Jadi jumlah total biaya konstruksi untuk simpang susun Majapahit adalah Rp. 11.622.517.000,-. Dalam penyusunan anggaran biaya ini penulis ~~tidak~~ ~~mengetahui~~ apakah hasil perhitungan ini lebih mahal atau lebih murah dari hasil ~~perhitungan~~ perhitungan konsultan perencana karena ketiadaan data. Kalaupun lebih mahal biasanya karena biaya perkerasan yang digunakan yaitu perkerasan kaku. Biaya tak terduga diperhitungkan sebesar 15% dari biaya konstruksi mengingat proyek ini adalah proyek besar dengan biaya lebih dari satu milyar. Dengan mengambil prosentase keuntungan sebesar 8% kontraktor sudah memperoleh keuntungan yang besar.

BAB X

KESIMPULAN DAN SARAN

10.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada tugas akhir ini adalah :

1. Dari hasil studi kelayakan yang dilakukan untuk mengetahui tingkat kelayakan proyek jalan tol Semarang Seksi C ini digunakan metoda NPV, B/C Ratio dan IRR. Hasil analisis menunjukkan nilai $NPV > 0$, nilai $B/C \text{ Ratio} > 1$ dan nilai $IRR > 0$, dimana keuntungan yang diperoleh lebih besar dari biaya. Dari hasil analisis tersebut maka proyek jalan bebas hambatan ini layak untuk dilaksanakan pembangunannya.
2. Untuk mendapatkan data perancangan lebih lanjut dilakukan :
 - a. Survei lalu lintas, dilakukan pada pos-pos yang telah ditentukan untuk mengetahui volume lalu lintas dan pola pergerakan lalu lintas dari dan ke kota Semarang.
 - b. Penentuan proyeksi lalu lintas dan umur rencana.
Hasil survei dan penentuan proyeksi lalu lintas selama umur rencana dianalisis untuk mendapatkan kapasitas jalan dan jumlah lajur yang akan dibuat.
3. Simpang susun Majapahit adalah salah satu titik pertemuan jalan Majapahit dengan jalan tol Semarang Seksi C yang menuju ke arah kota Semarang dan pelabuhan Tanjung Emas. Bentuk Simpang susun Majapahit merupakan

persimpangan tiga tipe trumpet. Pemilihan ini berdasarkan pertimbangan biaya konstruksi yang murah, pembebasan tanah yang tidak terlalu besar dan biaya operasi kendaraan yang relatif murah.

4. Perancangan geometrik pada simpang susun Majapahit meliputi perhitungan alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal. Standar perancangan yang digunakan adalah Bina Marga dan AASHTO. Alinyemen horizontal untuk menentukan trase jalan, bentuk tikungan dan panjang lengkung tikungan. Pada perhitungan alinyemen vertikal, elevasi muka tanah dan perkerasan mengambil data dari konsultan.

Dari evaluasi yang dilakukan diperoleh :

Suatu kendaraan yang berjalan di tikungan akan mengalami gaya sentrifugal. Besarnya gaya sentrifugal yang terjadi dipengaruhi langsung oleh kecepatan kendaraan yang akan mengakibatkan besarnya lintas kendaraan. Agar kendaraan yang berjalan di tikungan dapat bergerak dengan kecepatan tetap dan selalu tetap pada lajur lintasannya memerlukan gaya perlawanan yang besarnya sama dengan gaya sentrifugal yang timbul di tikungan, gaya perlawanan tersebut diberikan oleh kemiringan jalan dan oleh gesekan roda pada jalan.

5. Perkerasan jalan dirancang memakai perkerasan kaku (*Rigid Pavement*). Penentuan tebal perkerasan mengacu pada AASHTO 1986 dengan memperhatikan besaran rencana yang mempengaruhinya. Pekerjaannya meliputi : persiapan tanah dasar, pekerjaan pondasi sebagai lapis antara dan pekerjaan slab

- beton. Perkerasan kaku ini memiliki keunggulan yaitu biaya pemeliharaan relatif kecil dibandingkan perkerasan lentur, tahan lama, permukaan bersih (tidak ada material lepas). Walaupun tingkat kenyamanan kurang tetapi di atasnya ditambahkan selapis beton untuk menambah tingkat kenyamanan. Dibandingkan perkerasan lentur dimana biaya pemeliharaan besar, tidak tahan lama, material sering lepas, defleksi besar. Untuk kondisi di Indonesia sebaiknya dipakai perkerasan kaku karena masalah pemeliharaan merupakan hal yang kurang diperhatikan.
6. Perancangan drainasi bertujuan untuk menjaga keutuhan konstruksi, keamanan dan kenyamanan. Drainasi jalan berupa drainasi permukaan. Perancangan drainasi simpang susun Majapahit mengambil data curah hujan dari stasiun Semarang. Bentuk drainasi yang dipakai adalah saluran samping berbentuk trapesium.
 7. Untuk memberikan informasi, larangan dan petunjuk kepada pengemudi, maka pada simpang susun Majapahit dipasang rambu, marka jalan dan benda-benda marka untuk mendapatkan lalu lintas yang harmonis, tertib dan lancar.
 8. Pelaksanaan pembangunan Simpang susun Majapahit perlu dibuat anggaran biaya dan urutan pekerjaannya. Penentuan anggaran biaya didasarkan pada harga satuan upah pekerja, bahan dan peralatan yang ditetapkan oleh Departemen Pekerjaan Umum pada tahun pembangunan jalan tol (1994). Biaya total dari pembangunan Simpang susun Majapahit adalah Rp. 11.622.517.000,-.

10.2 Saran

Setelah menganalisis dari beberapa permasalahan yang ada maka kami mencoba untuk memberikan beberapa saran-saran sebagai bahan masukan dalam perancangan berikutnya :

1. Perlu penelitian lebih lanjut studi kelayakan yang telah dilakukan, untuk memberi kontrol terhadap hasil analisis yang menyatakan bahwa jalan tersebut lebih layak bila dibangun jalan tol.
2. Survei lalu lintas hendaknya dilakukan dalam standar waktu yang telah ditentukan yaitu satu tahun untuk mendapatkan data yang lebih akurat.
3. Perlunya dibuat suatu standar perancangan untuk persimpangan tidak sebidang (simpang susun) sesuai standar indonesia. Dalam perancangan simpang susun ini standar yang digunakan adalah AASHTO.
4. Untuk mendapatkan tingkat pelayanan A sampai akhir umur rencana, jumlah lajur untuk tiap arah untuk jalan bebas hambatan dirancang sebanyak 3 lajur tiap arah. Karena berdasarkan perhitungan maka pada akhir umur rencana jalan, tingkat pelayanan jalan sudah turun pada tingkat pelayanan C dan untuk jalan bebas hambatan tingkat pelayanan C sudah tidak layak.
5. Untuk menambah kenyamanan perkerasan kaku , maka dapat diberi lapisan tambahan di atas slab beton berupa aspal beton.

6. Dalam penentuan bentuk dan pemasangan rambu dan marka di jalan tol dipakai yang sesuai standar Indonesia, agar rambu yang ada di jalan tol dan jalan arteri tidak berbeda jauh sehingga tidak membingungkan pengemudi.

DAFTAR PUSTAKA

1. American Association of State Highway and Transportation Officials, 1994, **A Policy on Geometric Design of Highway and Streets**, AASHTO, USA.
2. Direktorat Jenderal Bina Marga, 1998, **Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan**, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
3. Direktorat Jenderal Bina Marga, Bipran, 1990, **Spesifikasi Standar untuk Perencanaan Geometrik Jalan Luar Kota (Rancangan Akhir)**, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
4. Direktorat Jenderal Bina Marga, 1973, **Peraturan Standarisasi Analisa Biaya Pembangunan Jalan dan Jembatan**, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
5. Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997, **Manual Kapasitas Jalan Indonesia**, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
6. Sukarno, SU, Ir, 1989, **Tabel Kemiringan Melintang dan Lengkung Peralihan Jalan Raya**, Jurusan Teknik Sipil, FTSP, UII, Yogyakarta.
7. Sastraatmadja, Soedrajat, Ir, 1984, **Anggaran Biaya Pelaksanaan**, Penerbit Nova, Bandung.
8. Soetrisno, PH, Drs, 1983, **Dasar – dasar Evaluasi Proyek**, Cetakan kedua, Andi Offset, Yogyakarta.
9. Sukirman, Silvia, 1994, **Dasar – dasar Perencanaan Geometrik Jalan**, Penerbit Nova, Bandung.

10. Sukirman, Silvia, 1992, **Perkerasan Lentur Jalan Raya**, Penerbit Nova, Bandung.