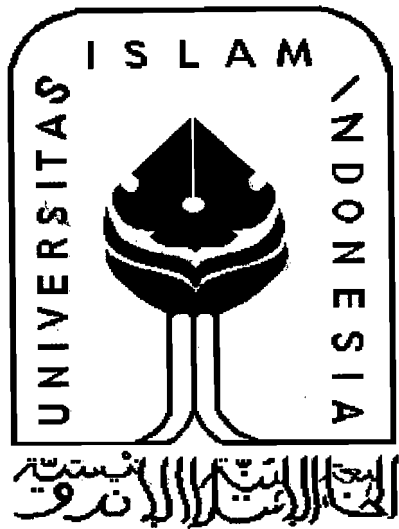


A

TUGAS AKHIR
EVALUASI PERANCANGAN SIMPANG SUSUN KOPO
DI JALAN TOL PADALARANG - CILEUNYI
BANDUNG



Disusun oleh :

Nama : Supratmanto
No. Mhs. : 90 310 102
NIRM/NIMKO : 900051013114120086

Nama : Pulus Amalo
No. Mhs. : 90 310 146
NIRM/NIMKO : 900051013114120127

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1997

TUGAS AKHIR
EVALUASI PERANCANGAN SIMPANG SUSUN KOPO
DI JALAN TOL PADALARANG - CILEUNYI
BANDUNG

*Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan Dalam Rangka
Memperoleh Derajat Sarjana Pada Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia*

Disusun oleh :

Nama : Supratmanto
No. Mhs. : 90 310 102
NIRM/NIMKO : 900051013114120086

Nama : Pulus Amalo
No. Mhs. : 90 310 146
NIRM/NIMKO : 900051013114120127

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1997


TUGAS AKHIR
EVALUASI PERANCANGAN SIMPANG SUSUN KOPO
DI JALAN TOL PADALARANG - CILEUNYI
BANDUNG

Nama : Supratmanto
No. Mhs. : 90 310 102
NIRM/NIMKO : 900051013114120086

Nama : Pulus Amalo
No. Mhs. : 90 310 146
NIRM/NIMKO : 900051013114120127

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. Sukarno, SU.
Dosen Pembimbing I



Tanggal : 4-11-1997

Ir. Ruzardi, MS.
Dosen Pembimbing II

Tanggal :

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim,

Assalaamu`alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberi rahmat serta hidayah-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini. Adapun Tugas Akhir ini dilaksanakan sebagai prasyarat 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 Simpang Susun Kopo Di Jalan Tol Padalarang – Cileunyi Bandung. Dengan segala keterbatasan yang ada, kami berusaha menerapkan apa yang telah kami dapatkan untuk menyelesaikan masalah yang kami hadapi. Penulisan Tugas Akhir ini dilaksanakan pada bulan Juni 1997 -- September 1997.

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 yang sedalam – dalamnya kepada:

1. Bapak Ir. H. Susastrawan, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,
2. Bapak Ir. Bambang Sulistiono, MSCE, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,

-
2. Bapak Ir. Bambang Sulistiono, MSCE, 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. Bapak Ir. Ruzardi, MS, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir,
 5. Semua pihak yang dengan tulus telah membantu dalam penyelesaian Tugas
Akhir ini.

Semoga Allah SWT membalas semua amalnya. Dan kami berharap
Penulisan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Amin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, September 1997

Penyusun



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR GRAFIK	xviii
INTISARI	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penulisan	3
1.3 Sistematika Pembahasan	3
BAB II STUDI KELAYAKAN	5
2.1 Analisis Sosial Ekonomi	5
2.2 Evaluasi Ekonomi	9
2.3 Pembahasan	19
BAB III ANALISIS LALU LINTAS	20
3.1 Umum	20
3.2 Survei Lalu Lintas	20
3.2.1 Perhitungan Lalu Lintas	21
3.2.2 Survei Asal - Tujuan (O - D Survei)	25

3.2.3 Survei Kecepatan Kendaraan	30
3.3 Proyeksi Lalu Lintas	32
3.3.1 Lalu Lintas Pada Waktu Sekarang	32
3.3.2 Penambahan Lalu Lintas (“Traffic Increase”)	33
3.3.3 Perkembangan Lalu Lintas (“Development Traffic”).....	33
3.4 Umur Rencana	34
3.5 Hasil Analisa Survei	34
3.6 Pembahasan	44
BAB IV BENTUK SIMPANG SUSUN	46
4.1 Umum	46
4.2 Fungsi Simpang Susun	46
4.3 Bagian - Bagian Simpang Susun	47
4.4 Jenis Simpang Susun	49
4.5 Prosedur Perancangan	50
4.6 Bentuk Alternatif	51
4.7 Pembahasan	58
BAB V PERANCANGAN GEOMETRIK	60
5.1 Standar Perancangan	60
5.1.1 Kecepatan Rencana	61
5.1.2 Kendaraan Rencana	61
5.1.3 Jarak Pandang	61
5.1.4 Penampang Melintang	62

5.1.5 Alinyemen Horisontal	68
5.1.6 Alinyemen Vertikal	86
5.2 Perhitungan Geometrik	91
5.2.1 Perancangan Jalan Penghubung (“Ramp”)	92
5.2.2 Perhitungan Alinyemen Horisontal	98
5.2.3 Perhitungan Alinyemen Vertikal	121
5.3 Kapasitas Jalan dan Perancangan Jumlah Lajur	135
5.3.1 Kapasitas Jalan	135
5.3.2 Penentuan Jumlah Lajur	139
5.4 Pembahasan	142
BAB VI PERANCANGAN PERKERASAN.....	146
6.1 Umum	146
6.2 Jenis Perkerasan	146
6.3 Metode Perancangan	148
6.3.1 Persentase Kendaraan Pada Jalur Rencana	148
6.3.2 Angka Ekuivalen (E)	149
6.3.3 Lalu Lintas	150
6.3.4 Modulus Reaksi Tanah Dasar (k)	151
6.3.5 Indeks Permukaan	151
6.3.6 Deviasi atau Simpangan Standar	152
6.3.7 Gabungan Kesalahan Prediksi Lalu Lintas dan Tanah Dasar (So).....	153

6.3.8 Koefisien Drainasi (Cd)	153
6.3.9 Modulus of Nepture Beton (Sc')	154
6.3.10 Koefisien Transfer Beban (J).....	154
6.3.11 Modulus Elastis Beton (Ec)	154
6.4 Perhitungan Tebal Perkerasan	155
6.5 Penulangan Slab Beton	160
6.6 Tebal Lapis Pondasi	161
6.7 Bahan dan Pelaksanaan Pekerjaan	161
6.7.1 Tanah Dasar	161
6.7.2 Lapisan Pondasi	164
6.7.3 Slab Beton	166
6.7.4 Baja Tulangan	169
6.7.5 Material Pengisi Sambungan	170
6.8 Pembahasan	171
BAB VII PERANCANGAN DRAINASI	173
7.1 Umum	173
7.1.1 Maksud dan Tujuan	173
7.1.2 Lingkup Perancangan	174
7.2 Metode Perhitungan	174
7.2.1 Koefisien Pengaliran (C)	175
7.2.2 Intensitas Hujan (c)	176
7.3 Kriteria Perancangan	180

7.4 Analisis Hidrologi	185
7.5 Perhitungan Dimensi Saluran	202
7.5.1 Saluran Tepi	202
7.5.2 Saluran Samping Pada Jalan Tol	205
7.5.3 Gorong - Gorong	208
7.5.4 Gorong - Gorong Berbentuk Kotak	209
7.5.5 Drainasi Bawah Permukaan	211
7.6 Aliran Dalam Gorong - Gorong	214
7.7 Pembahasan	222
BAB VIII RAMBU DAN MARKA JALAN	224
8.1 Pendahuluan	224
8.2 Rambu - Rambu Lalu Lintas	225
8.2.1 Rambu Larangan	225
8.2.2 Rambu Peringatan	226
8.2.3 Rambu Penerangan/Informasi	226
8.3 Marka Lalu Lintas	229
8.3.1 Marka Jalan	229
8.3.2 Benda Marka	232
8.4 Pembahasan	236

BAB IX	RENCANA ANGGARAN BIAYA	238
9.1	Pendahuluan	238
9.2	Uraian Jenis Pekerjaan	239
9.2.1	Tahapan Perencanaan dan Pengadaan Lokasi Proyek	240
9.2.2	Mobilisasi	241
9.2.3	Pembongkaran dan Pembersihan	241
9.2.4	Pekerjaan Tanah	241
9.2.5	Pekerjaan Drainasi	242
9.2.6	Pekerjaan Konstruksi Jalan	242
9.2.7	Pekerjaan Pelengkap	243
9.2.8	Demobilisasi dan Lain - lain	243
9.3	Volume Pekerjaan	243
9.4	Harga Satuan	245
9.4.1	Harga Satuan Upah Pekerja	246
9.4.2	Harga Satuan Bahan	247
9.4.3	Harga Satuan Peralatan	247
9.4.4	Keuntungan dan Overhead	249
9.5	Perhitungan	250
9.6	Pembahasan	253

LAMPIRAN

DAFTAR PUSTAKA 261

10.2 Saran 259

10.1 Kesimpulan 256

BAB X KESIMPULAN DAN SARAN 256

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 : Proyek - proyek fisik untuk industri tekstil di Jawa Barat	6
Tabel 2.2 : Proyek - proyek fisik untuk industri kimia di Jawa Barat	7
Tabel 2.3 : Evaluasi ekonomi jika dibuat jalan tol	11
Tabel 2.4 : Evaluasi ekonomi bukan jalan tol	13
Tabel 2.5 : Analisis sensitivitas	15
Tabel 2.6 : Sensitivitas dengan penundaan satu tahun	17
Tabel 3.1 : Harga rata -rata untuk tiap Pos pengamatan	24
Tabel 3.2 : Angka perkembangan lalu lintas	34
Tabel 3.3 : Volume lalau lintas sampai akhir umur rencana	37
Tabel 5.1 : Jarak pandang henti minimum	62
Tabel 5.2 : Superelevasi (Bina Marga 1990)	65
Tabel 5.3 : Kelandaian relatif minimum	67
Tabel 5.4 : Jari - Jari minimum	68
Tabel 5.5 : Jari - jari minimum tanpa lengkung peralihan	71
Tabel 5.6 : Jari - jari minimum tanpa superelevasi	71
Tabel 5.7 : Perlebaran perkerasan pada tikungan	72
Tabel 5.8 : Panjang busur lingkaran untuk lengkung gabungan	75
Tabel 5.9 : Panjang minimum spiral untuk lengkung gabungan	75
Tabel 5.10 : Panjang lajur percepatan	80
Tabel 5.11 : Panjang lajur perlambatan	81
Tabel 5.12 : Panjang landai kritis	86

Tabel 5.13 : Panjang lengkung lingkaran pada tikungan gabungan	106
Tabel 5.14 : Perhitungan untuk mendapatkan koordinat C_1C_2 & R_1	108
Tabel 5.15 : Perhitungan untuk mendapatkan koordinat C_3C_2 & R_3	110
Tabel 5.16 : Kapasitas dasar (C_0) untuk jalan luar kota	135
Tabel 5.17 : Nilai FC_w	136
Tabel 5.18 : Nilai FC_{sf}	138
Tabel 5.19 : Kriteria tingkat pelayanan untuk jalan berlajur banyak	140
Tabel 6.1 : Penentuan distribusi kendaraan	149
Tabel 6.2 : Hubungan tingkat keyakinan & simpangan (Z_R)	152
Tabel 6.3 : Nilai R	153
Tabel 6.4 : Kondisi Drainasi	153
Tabel 6.5 : Nilai C_d	154
Tabel 6.6 : Prediksi angka pertumbuhan lalu lintas	156
Tabel 6.7 : Persyaratan gradasi untuk pondasi	164
Tabel 7.1 : Harga Koefisien pengaliran	175
Tabel 7.2 : Harga koefisien perlambatan permukaan	177
Tabel 7.3 : Kecepatan maksimum izin saluran lahan terbuka	181
Tabel 7.4 : Data Intensitas curah hujan stasiun Husen Sastranegara	182
Tabel 7.5 : Reduced mean (Y_n)	183
Tabel 7.6 : Reduced Standar Deviation (S_n)	184
Tabel 7.7 : Hasil perhitungan Intensitas hujan	187
Tabel 7.8 : Periode ulang (TR) = 5 tahun	193
Tabel 7.9 : Periode ulang (TR) = 10 tahun	194
Tabel 7.10 : Periode ulang (TR) = 25 tahun	195

Tabel 7.11 : Periode ulang (TR) = 50 tahun	196
Tabel 7.12 : Perbandingan kesalahan rata - rata, TR = 5 tahun	197
Tabel 7.13 : Perbandingan kesalahan rata - rata, TR = 10 tahun	198
Tabel 7.14 : Perbandingan kesalahan rata - rata, TR = 25 tahun	199
Tabel 7.15 : Perbandingan kesalahan rata - rata, TR = 50 tahun	200
Tabel 7.16 : Hubungan debit dan perbandingan B/y	207
Tabel 9.1 : Volume unit pekerjaan	244
Tabel 9.2 : Perhitungan biaya simpang susun Kopo	250

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	: Desire line graphs antar zona kota Bandung	29
Gambar 3.2	: Volume lalu lintas pada tahun 1981	35
Gambar 3.3	: Volume lalu lintas pada tahun 2005	36
Gambar 3.4	: VJP dalam SMP pada tahun 1981	38
Gambar 3.5	: VJP dalam SMP pada tahun 2005	39
Gambar 4.1	: Hubungan langsung (“Ramp Direct”)	47
Gambar 4.2	: Hubungan 1/2 langsung (“Semi Direct”)	48
Gambar 4.3	: Hubungan tidak langsung (“Indirect”)	48
Gambar 4.4	: Trumpet	49
Gambar 4.5	: Directional	50
Gambar 4.6	: Bundaran	50
Gambar 4.7	: Alternatif I	52
Gambar 4.8	: Alternatif II	53
Gambar 4.9	: Alternatif III	54
Gambar 4.10	: Alternatif IV	55
Gambar 4.11	: Alternatif V	56
Gambar 4.12	: Alternatif VI	57
Gambar 5.1	: Pengambilan pencapaian superelevasi maksimum	66
Gambar 5.2	: Susunan kelengkungan jalan penghubung langsung	73
Gambar 5.3	: Tipe lengkung melingkar gabungan dengan 3 pusat	74
Gambar 5.4	: Jalan penghubung setengah langsung	76

Gambar 5.5 : Tipe terminal masuk	77
Gambar 5.6 : Tipe terminal keluar	78
Gambar 5.7 : Terminal keluar dan masuk berurutan	82
Gambar 5.8 : Kesenambungan lajur	84
Gambar 5.9 : Garis dasar	84
Gambar 5.10 : Daerah pertemuan (“Weaving”)	85
Gambar 5.11 : Lengkung vertikal cekung dan lengkung vertikal cembung .	88
Gambar 5.12 : Profil Ramp	91
Gambar 5.13 : Lay out simpang susun Kopo	94
Gambar 5.14 : Lengkung peralihan	95
Gambar 5.15 : Azimut simpang susun	98
Gambar 5.16 : Lengkung horisontal Ramp 4001	99
Gambar 5.17 : Lengkung horisontal Ramp 4002	101
Gambar 5.18 : Lengkung horisontal Ramp 4003	104
Gambar 5.19 : Garis lengkung lingkaran R2	111
Gambar 5.20 : Lengkung horisontal Ramp 4004	113
Gambar 5.21 : Lengkung horisontal jalan keluar masuk	117
Gambar 5.22 : Potongan melintang jalan tol Padalarang - Cilcunyi	127
Gambar 5.23 : Potongan melintang simpang susun	128
Gambar 5.24 : Potongan melintang Ramp satu lajur dan dua lajur	129
Gambar 5.25 : Detail terminal ramp	130
Gambar 5.26 : Diagram superelevasi dan alinyemen vertikal 4001	131
Gambar 5.27 : Diagram superelevasi dan alinyemen vertikal 4002	132
Gambar 5.28 : Diagram superelevasi dan alinyemen vertikal 4003	133

Gambar 5.29 : Diagram superelevasi dan alinyemen vertikal 4004	134
Gambar 6.1 : Bagian perkerasan tegar	148
Gambar 7.1 : Potongan melintang Ramp 4003	202
Gambar 7.2 : Potongan saluran samping pada jalan tol	205
Gambar 7.3 : Potongan melintang jalan dan pemasangan drainasi bawah permukaan	211
Gambar 8.1 : Rambu larangan	225
Gambar 8.2 : Rambu peringatan	226
Gambar 8.3 : Rambu penerangan	227
Gambar 8.4 : Penempatan rambu simpang susun	228
Gambar 8.5 : Garis tengah	230
Gambar 8.6 : Garis batas lajur	230
Gambar 8.7 : Garis penambahan atau pengurangan lajur	231
Gambar 8.8 : Tanda panah	232
Gambar 8.9 : Penghalang	233
Gambar 8.10 : Kerucut penghalang	234
Gambar 8.11 : Tanda Bahaya	235

DAFTAR GRAFIK

Grafik 3.1 :	Volume kendaraan pada Pos -TC-01 (Bandung - Padalarang) .	40
Grafik 3.2 :	Volume kendaraan pada Pos -TC-02 (Bandung - Cileunyi)	40
Grafik 3.3 :	Volume kendaraan pada Pos -TC-01 (Bandung - Padalarang) .	41
Grafik 3.4 :	Volume kendaraan pada Pos -TC-02 (Bandung - Cileunyi)	41
Grafik 3.5 :	Volume kendaraan pada Pos -TC-02 (Bandung - Cileunyi)	42
Grafik 3.6 :	Volume kendaraan pada Pos -TC-01 (Bandung - Padalarang) .	42
Grafik 3.7 :	Volume kendaraan pada Pos -TC-02 (Bandung - Cileunyi)	43
Grafik 3.8 :	Volume kendaraan pada Pos -TC-01 (Bandung - Padalarang) .	43
Grafik 5.1 :	Panjang lengkung vertikal cembung	89
Grafik 5.2 :	Panjang lengkung vertikal cekung	90
Grafik 7.1 :	Diagram untuk memperkirakan harga t_o_f	178
Grafik 7.2 :	Lengkung Intensitas hujan	201

INTISARI

Pembangunan proyek -proyek konstruksi baik itu gedung, jalan, atau infrastruktur lainnya memerlukan biaya yang besar sehingga sangat diperlukan suatu penanganan secara cermat dan baik. Untuk itu harus dibuat suatu perencanaan dan perancangan dari proyek yang akan dibangun. Dari perencanaan dan perancangan ini dapat dilihat besarnya biaya yang dibutuhkan, volume pekerjaan, dan waktu penyelesaiannya.

Dalam Tugas Akhir ini yang mengambil judul “Evaluasi Perancangan Simpang Susun Kopo di Jalan Tol Padalarang - Cileunyi Bandung”, perancangan ditekankan pada perancangan akhirnya, dengan bahasan meliputi Studi kelayakan, Analisis lalu lintas, Bentuk simpang susun, Geometri jalan, Struktur perkerasan jalan, Drainasi jalan, Rambu dan marka, serta Rencana Anggaran Biaya. Evaluasi perancangan pada tugas akhir ini dimaksudkan untuk mempelajari dan membandingkan metode yang sudah ada dengan penggunaan metode yang berbeda.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin meningkatnya pendapatan perkapita penduduk Indonesia secara umum, sebagai implikasi pembangunan di segala sektor, mulai pertanian, perdagangan, industri ringan, sampai industri berat, pariwisata, telekomunikasi dan pendidikan yang menghasilkan barang dan jasa, serta sektor-sektor lainnya.

Dengan meningkatnya pendapatan rata-rata penduduk Indonesia ini, maka keinginan dan kebutuhan untuk memperoleh fasilitas-fasilitas serta kemudahan-kemudahan dalam pemenuhan kebutuhan hidup dan penunjang aktifitas kegiatan sehari-hari juga meningkat.

Dalam kehidupan sekarang dan masa yang akan datang menuntut setiap individu mempunyai mobilitas tinggi, dan setiap individu menginginkan kemudahan, kenyamanan dan keamanan yang lebih.

Sejalan dengan itu jumlah kepemilikan kendaraan pribadi terus bertambah. Pertumbuhan jumlah kendaraan ini menimbulkan masalah tersendiri bagi lalu lintas di jalan, bila penambahan kendaraan tidak diimbangi dengan penambahan panjang jalan dan penyebaran pusat-pusat aktifitas kegiatan.

Khusus untuk mengatasi arus lalu lintas antar kota, pada daerah-daerah padat lalu lintas, sesuai dengan arah kebijakan pembangunan dan pengembangan

sistem transportasi oleh Pemerintah Republik Indonesia, dibangun jalan tol untuk memperlancar hubungan antar daerah dan memperlancar hubungan arus barang dan jasa.

Kota Bandung dan daerah sekitarnya sebagai daerah pendukung atau daerah latar belakang bagi Jakarta sebagai Ibukota Negara dan Kawasan Industri Jabotabek, memiliki Industri vital dan strategis, industri ringan sampai berat yang terus berkembang menghasilkan barang maupun jasa. Mulai produksi tekstil sampai industri pembuatan pesawat terbang (IPTN Bandung), aktifitas untuk produksi barang, jasa dan perdagangan serta kegiatan ekonomi lainnya ini menimbulkan arus lalu lintas berupa lalu lintas dalam kota maupun lalu lintas antar kota.

Guna menyalurkan arus lalu lintas dari arah timur (Jawa Timur, Jawa Tengah, DIY) yang melalui Bandung menuju arah barat pulau Jawa (Jakarta sekitarnya) atau lalu lintas dalam kota Bandung menuju Jakarta serta sebaliknya, dibangun jalan Tol Padalarang-Cileunyi sepanjang 48 km.

Jalan tol Padalarang - Cileunyi, Bandung merupakan alternatif pemecahan masalah lalu lintas yang melalui Bandung.

Tujuan pembangunan jalan tol Padalarang - Cileunyi adalah :

1. Untuk mengurangi beban lalu lintas dalam kota Bandung.
2. Menghindari konflik diantara berbagai tipe kendaraan yang berbeda karakteristik.
3. Memberi jalan lingkar pada struktur jalan yang ada (struktur jalan yang ada adalah radial), dan
4. Mengembangkan daerah Bandung bagian selatan.

Pada daerah Kopo, yang terdapat pertemuan antar jalan tol Padalarang - Cileunyi dan jalan Kopo dibuat Simpang Susun Kopo ("Kopo Interchange"). Perancangan Simpang Susun Kopo yang telah ada dianalisis dan dievaluasi kembali. Perancangan kembali dengan metode lain untuk membandingkan hasil kedua perancangan tersebut sehingga diharapkan dengan hasil perbandingan tersebut dapat diberikan alternatif, masukan atau pertimbangan untuk perancangan berikutnya.

1.2 Tujuan

Tujuan penulisan ini adalah :

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

Evaluasi ditekankan pada perancangan akhir rekayasannya 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 KOPO DI JALAN TOL PADALARANG - CILEUNYI BANDUNG".

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 XI : Daftar Pustaka

BAB II

STUDI KELAYAKAN

2.1 Analisis Sosial Ekonomi

Pada PELITA III perekonomian Indonesia meningkat dengan pesat, laju pertumbuhan ekonomi tertinggi dicapai pada tahun 1980 sebesar 9,9 % dan kemudian pada tahun berikutnya menurun karena resesi ekonomi dunia dan pasar minyak bumi yang tidak stabil. Namun demikian sampai dengan berakhirnya PELITA III laju pertumbuhan ekonomi rata - rata 6 % pertahun, berarti diatas rata-rata dari kebanyakan negara berkembang. Sementara laju pertumbuhan sektor industri rata - rata 8,9 % pertahun, kenaikan produksi beras rata - rata 6,5 % pertahun, dan pertambahan jumlah penduduk rata - rata 2,3 % pertahun , sehingga secara Nasional faktor Sosial Ekonomi meningkat dengan cepat. Hal ini berpengaruh langsung terhadap kebutuhan jasa transportasi.

Selama PELITA I dan PELITA II, laju pertumbuhan GDP rata - rata sebesar 7,2 % pertahun, diperkirakan laju kebutuhan jasa transportasi meningkat 12 % pertahun, berarti elastisitas kebutuhan transportasi sebesar 1,7. Sedang perkiraan Bank Dunia pada tahun 1980, jika laju pertumbuhan GDP dipertahankan 7 - 8 %, maka kebutuhan transportasi akan meningkat lebih dari 14 %, sehingga tidak terlampaui jauh dari perkiraan Direktorat Jendral Bina Marga bahwa laju pertumbuhan lalu - lintas jalan raya di Jawa Barat adalah sebesar 10 -12 %

pertahun untuk mobil penumpang dan bus, sedang truk diperkirakan 7 - 9 %
pertahun

Perekonomian Kabupaten Bandung lebih menonjol di sektor industri dibanding sektor pertanian. Industri tekstil terpusat di daerah Majalaya dan kemudian muncul industri lainnya di Cimahi dan Dayeuhkolot, sedang di kota Bandung tumbuh dengan pesat industri canggih, seperti : industri elektronika dan telekomunikasi, industri obat - obatan, industri senjata dan industri pesawat terbang.

Perkiraan proyeksi fisik selama PELITA III, memberi nilai tambah untuk bidang industri tekstil 10,5 % pertahun (lihat tabel 2.1) dan industri obat - obatan rata - rata sebesar 14 % pertahun (lihat tabel 2.2).

Tabel 2.1 : Proyek - proyek fisik untuk industri tekstil di Jawa Barat selama REPELITA III

	Unit	1979/ 1980	1980/ 1981	1981/ 1982	1982/ 1983	1983/ 1984	Angka pertumbuhan tahunan
Nilai Tambah	Milyar Rupiah	32,1	35,5	39,2	43,3	47,9	10,5 %
Kebutuhan Investasi	Milyar Rupiah	96,2	106,5	117,6	129,9	143,7	10,5 %
Tenaga Kerja yang Terlibat	Pekerjaan	7,696	8,520	9,408	10,392	11,392	10,5 %

Tabel 2.2 : Proyek - proyek fisik untuk industri kimia di Jawa Barat selama REPELITA III

	Unit	1979/ 1980	1980/ 1981	1981/ 1982	1982/ 1983	1983/ 1984	Angka Pertumbuhan Tahunan
Nilai Tambah	Milyar Rupiah	8,9	10,2	11,6	13,2	15,1	14,13 %
Kebutuhan Investasi	Milyar Rupiah	30,3	34,7	39,4	44,9	51,2	14.01 %
Tenaga Kerja yang Terlibat	Pekerjaan	1080	1239	1407	1604	1832	14.12%

Sementara itu penduduk Kabupaten Bandung pada tahun 1980 kurang lebih 4,132 juta jiwa dan 1,463 juta jiwa diantaranya terpusat di kota Bandung. Menurut sensus yang dilakukan BAPPEDA tahun 1980, laju pertumbuhan penduduk kota Bandung antara tahun 1971 - 1980 rata - rata 3,0 % pertahun, jauh lebih besar dari laju pertumbuhan penduduk Jawa Barat yaitu sebesar 2,08 % pertahun. Tingginya tingkat pertumbuhan penduduk ini karena kota Bandung menampung beban fungsi yang demikian banyak. Hal ini merupakan daya tarik yang kuat untuk terjadinya migrasi penduduk dari luar. Beban fungsi yang diterima kota Bandung antara lain sebagai berikut :

1. Pusat perdagangan regional dan industri.
2. Pusat pendidikan.
3. Pusat penelitian - penelitian ilmiah.
4. Pusat administrasi pemerintahan propinsi Jawa Barat.

5. Pusat pemerintahan Kotamadya Bandung dan pusat kebudayaan.
6. Pusat kepariwisataan bagi daerah Jawa Barat pada umumnya.

Migrasi penduduk dari luar terutama adalah migrasi angkatan kerja. Pada tahun 1981 angkatan kerja kota Bandung 420.000, dengan tingkat pertumbuhan 1,75% per tahun maka pada tahun 2001 akan mencapai 600.000, sedang penduduk Kabupaten Bandung akan mencapai 7,7 juta jiwa (dengan asumsi laju pertumbuhan 3.0% pertahun). Keadaan ini menunjukkan bahwa aktivitas ekonomi seperti berkendara di jalan raya merupakan kegiatan yang tetap (reguler) sehingga lebih banyak sarana jalan yang dibutuhkan. Pemerintah daerah menyadari hal ini harus ditunjang dengan pembangunan jalan baru dan peningkatan jalan yang ada. Jalan arteri lingkaran selatan Bandung (jalan Soekarno - Hatta) yang diharapkan sebagai jalan arteri utama tidak lagi dapat memenuhi harapan tersebut, karena jalan arteri selatan Bandung ini tidak dilengkapi dengan rencana pembangunan dan pengembangannya secara detail, karena tidak disiapkan bentuk - bentuk pengaturan tata ruang di kawasan jalan arteri tersebut secara pasti dan jelas. Akibatnya terjadilah perkembangan di sepanjang jalan arteri yang cenderung mengurangi fungsi jalan arteri itu.

Alternatif lainnya adalah membangun jalan bebas hambatan (By Pass) kota Bandung ke arah selatan lagi yang diharapkan dapat membantu perkembangan Kotamadya Bandung. Keuntungan lainnya yang diperoleh adalah menunjang aksesibilitas industri pesawat terbang dan instalasi pemeliharaan di pelabuhan udara Husein Sastranegara serta pengembangan pabrik kertas Padalarang.



2.2 Evaluasi Ekonomi

Guna mengetahui tingkat kelayakan dari rencana pembangunan jalan By Pass di Bandung yang dimulai dari Padalarang dan berakhir di Cileunyi, berupa jalan bebas hambatan dengan kecepatan rencana 120 km/jam, maka setelah dianalisis kemudian dilakukan evaluasi secara ekonomi untuk menentukan apakah jalan bebas hambatan tersebut layak dioperasikan sebagai :

- a) Jalan Tol
- b) Jalan tidak Tol

Analisis dilakukan dengan metoda "Kriteria Investasi", yang meliputi :

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

Net Present Value adalah selisih antara present value dari pada benefit dan present value dari pada biaya, ditulis :

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

B_t = Benefit sosial kotor proyek pada tahun ke - t

C_t = Biaya sosial kotor proyek pada tahun ke - t

n = Design life

i = Social Opportunity Cost of Capital

Proyek dapat diteruskan bila Analisis ekonomi menunjukkan bahwa NPV lebih besar dari pada 0 (nol).

Benefit Cost Rasio adalah nilai banding present value benefit terhadap present value dari biaya. Analisis cara ini dikenal dua macam yaitu : Net B/C dan Gross B/C. Proyek ini dianggap layak bila nilai B/C > 0.

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

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

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.

Menurut laporan Feasibility Studi review - November 1981 yang dibuat oleh konsultan : Lyon Associates, INC (USA) dan Indec & Associates, Ltd (Indonesia), hasil Analisis Ekonomi jalan Bandung By Pass untuk harga yang berlaku tahun 1981 adalah sebagai berikut :

Jika dioperasikan sebagai jalan Tol, diperoleh IRR sebesar 30% (termasuk passenger time savings), atau IRR sebesar 23% (tanpa time saving), sedang NPV pada discount rate 11% adalah sebesar US \$ 450 juta.

Untuk lebih jelasnya hasil evaluasi ekonomi bila jalan dibuat sebagai jalan Tol dapat dilihat pada tabel 2.3. :

Tabel 2.3 : Evaluasi Ekonomi jika dibuat jalan Tol
(dalam milyar rupiah)

Year	Land, Construction & Maintenance Costs	V.O.C. Saving	Gen. V.O.C. Saving	Passenger Time Saving	Net Benefits
1982	- 3.73	0	0	0	- 3.73
1983	- 21.79	0	0	0	- 21.19
1984	- 35.35	0	0	0	- 35.35
1985	- 42.20	0	0	0	- 42.20
1986	- 32.30	0	0	0	- 32.30
1987	- 0.41	23.30	0.77	13.24	36.69
1988	- 0.41	26.96	0.94	16.20	43.69
1989	- 0.41	30.98	1.09	19.68	51.34
1990	- 0.41	38.21	2.80	23.65	64.25
1991	- 0.41	42.45	3.10	27.64	72.78
1992	- 0.41	46.46	3.42	32.99	82.46
1993	- 0.41	53.65	4.04	37.25	94.53
1994	- 3.78	57.82	4.34	42.08	100.16
1995	- 0.41	65.18	4.96	45.94	115.67
1996	- 0.41	69.52	5.28	51.16	125.55
1997	- 0.41	77.07	5.90	55.88	138.44
1998	- 0.41	81.62	6.21	60.71	148.13
1999	- 0.41	89.40	6.83	65.71	161.53
2000	- 0.41	94.19	7.14	70.84	171.76
2001	+ 61.00	100.22	7.76	76.13	245.11

With Passenger Time

Discount Rate	11%	15 %	20%	30.7% (IRR)
NPV	282.64	154.92	69.33	0.00
B/C Ratio	4.20	2.92	1.97	1
FYRR	21.0%	19.2%	17.1%	13.6%

Without Passenger Time

Discount Rate	11%	15%	20%	22.7% (IRR)
NPV	136.88	62.90	14.87	0.0
B/C Ratio	2.54	1.78	1.20	1.00
FYRR	13.4%	12.2%	10.9%	10.3%

Apabila jalan dioperasikan sebagai jalan Tol, hasil analisis ekonomi memberikan nilai IRR sebesar 33% (termasuk passenger time savings), atau IRR sebesar 25% (tanpa time saving). Hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 : Evaluasi Ekonomi bukan jalan Tol

(dalam milyar rupiah)

Year	Land, Construction & Maintenance Costs	V.O.C. Saving	Gen. V.O.C. Saving	Passenger Time Saving	Net Benefits
1982	- 3.73	0	0	0	- 3.73
1983	- 21.19	0	0	0	- 21.19
1984	- 35.35	0	0	0	- 35.35
1985	- 42.20	0	0	0	- 42.20
1986	- 27.07	0	0	0	- 32.30
1987	- 0.21	25.41	0.91	13.79	39.90
1988	- 0.21	29.85	1.10	17.07	47.81
1989	- 0.21	34.38	1.28	20.93	56.38
1990	- 0.21	42.65	3.29	25.37	71.10
1991	- 0.21	47.38	3.65	29.79	80.61
1992	- 0.21	51.90	4.02	35.50	91.21
1993	- 0.21	60.14	4.75	40.24	104.92
1994	- 3.78	64.80	5.11	45.64	111.77
1995	- 0.21	73.20	5.84	50.01	128.84
1996	- 0.21	78.03	6.21	55.68	138.71
1997	- 0.21	86.61	6.94	60.87	154.21
1998	- 0.21	91.64	7.30	66.17	164.90
1999	- 0.21	100.44	8.03	71.62	179.88
2000	- 0.21	105.70	8.40	77.20	191.09
2001	+ 57.93	114.74	9.13	82.94	264.74

With Passenger Time

Discount Rate	11%	15%	20%	33.0% (IRR)
NPV	325.18	182.39	86.11	0.00
B/C Ratio	4.83	3.34	2.25	1
FYRR	23.6%	21.25%	19.2%	14.5%

Without Passenger Time

Discount Rate	11%	15%	20%	25.0% (IRR)
NPV	167.79	83.18	27.52	0.0
B/C Ratio	2.97	2.07	1.40	1.00
FYRR	15.5%	14.1%	12.6%	11.3%

Untuk mengontrol hasil analisis diatas, digunakan Sensitivity Analysis

untuk melihat apa yang terjadi dengan hasil analisis proyek jika ada suatu kesalahan atau perubahan dalam dasar - dasar perhitungan biaya atau benefit pada masa mendatang yang tidak pasti, antara lain disebabkan oleh :

1. Terdapat "Cost Over Run", seperti kenaikan pada biaya konstruksi.
2. Perubahan dalam perbandingan harga terhadap harga umum umpamanya penurunan hasil - hasil produksi.
3. Mundurnya waktu implementasi.

NPV at 11.00% = 265.31

NPV at 15.00% = 139.02

NPV at 20% = 55.27

B/C = 3.51

B/C = 2.64

B/C = 1.64

IRR = 27.59%

Pihak Konsultan mengadakan analisis sensitivitas seandainya biaya konstruksi naik 20%, maka diperoleh IRR sebesar 27.59% dan NPV menjadi US \$ 265.31 juta. Hasil selengkapnya analisis sensitivitas dapat dilihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 : Analisis sensitivitas
(dalam milyar rupiah)

year	Land, Construction & Maintenance Costs	V.O.C. Saving	Gen. V.O.C. Saving	Passenger Time Saving	Net Benefits
1982	- 4.47	0	0	0	- 4.47
1983	- 25.42	0	0	0	- 25.42
1984	- 42.42	0	0	0	- 42.42
1985	- 50.64	0	0	0	- 50.64
1986	- 38.64	0	0	0	- 38.64
1987	- 0.41	23.03	0.77	13.24	36.63
1988	- 0.41	26.96	0.94	16.20	43.69
1989	- 0.41	30.98	1.09	19.68	51.34
1990	- 0.41	38.21	2.80	23.65	64.25
1991	- 0.41	42.45	3.10	27.64	72.78
1992	- 0.41	46.46	3.42	32.99	82.46
1993	- 0.41	53.65	4.04	37.25	94.53
1994	- 4.53	57.82	4.34	42.08	99.70
1995	- 0.41	65.18	4.96	45.94	115.67
1996	- 0.41	69.52	5.28	51.16	125.55
1997	- 0.41	77.07	5.90	55.88	138.44
1998	- 0.41	81.62	6.21	60.71	148.13
1999	- 0.41	89.40	6.83	65.71	161.53
2000	- 0.41	94.19	7.14	70.84	171.76
2001	+ 73.28	102.22	7.76	76.13	259.39

2.3 Pembahasan

Pertumbuhan yang pesat pada sektor ekonomi dan industri di kota Bandung yang didukung pula oleh laju pertumbuhan penduduk dan migrasi angkatan kerja dari luar kota Bandung mengakibatkan aktifitas ekonomi masyarakat meningkat. Aktifitas ekonomi seperti berkendara di jalan raya menjadi sesuatu yang tetap (reguler), sehingga lebih banyak prasarana jalan yang dibutuhkan. Jalan lingkar selatan (Jl. Soekarno - Hatta) sudah tidak mampu lagi mengatasi masalah lalu lintas yang ada, sehingga mendorong Pemerintah untuk membangun jalan baru lagi. Alternatif dari pemecahan masalah tersebut adalah dengan membangun jalan bebas hambatan (By Pass) kota Bandung, dari Padalarang sampai Cileunyi.

Untuk menentukan apakah jalan bebas hambatan yang akan dibuat layak sebagai jalan Tol atau tidak Tol maka dibuat analisis ekonomi yang dilakukan oleh Konsultan. Metode analisis yang digunakan adalah metode Kriteria Investasi berupa NPV, B/C dan IRR. Ketiga metode penghitungan analisis ekonomi tersebut dipergunakan oleh konsultan karena dengan menggunakan semua metode ini bisa membandingkan hasil perhitungan yang diperoleh. Hal ini sangat baik dilakukan sebab akan mendapatkan hasil analisis yang lebih akurat dan teliti.

Hasil dari analisis perhitungan tersebut menunjukkan nilai yang lebih besar bila jalan bebas hambatan dioperasikan sebagai jalan tidak Tol. Akan tetapi dengan pertimbangan faktor ekonomi dan lalu lintas maka pemerintah berketetapan untuk mengoperasikan sebagai jalan Tol.

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.

Dalam perancangan jalan Tol Padalarang- Cileunyi, data mengenai komposisi lalu lintas didapat dari survei lalu lintas atau pengamatan lapangan.

Pengaruh lalu lintas paling dominan adalah pada arah Padalarang dan Cileunyi, yang di tahun 1980 masing - masing mempunyai ADT sekitar 30.000 kendaraan, menurut perhitungan Bina Marga.

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 telah dilakukan oleh Konsultan adalah :

1. Perhitungan lalu lintas secara manual pada 9 lokasi pos pengamatan.
2. Survei asal tujuan pada 4 lokasi pos.
3. Survei kecepatan kendaraan dan waktu perjalanan sepanjang jalan masuk yang ada.

Sehubungan dengan keterbatasan dana yang ada, maka survei dilakukan terbatas (beberapa hari saja). Diambil hari - hari yang dapat mewakili hari - hari secara keseluruhan :

1. Hari Senin, Selasa, Rabu, Kamis, diwakili hari Rabu dan hari Kamis.
2. Hari Jumat, dipilih karena hari ini bukan hari normal dimana penduduk melakukan perjalanan akhir pekan.
3. Hari Sabtu, Minggu diwakili hari Minggu.

3.2.1 Perhitungan Lalu Lintas

Survei ini bertujuan untuk mendapatkan data mengenai volume lalu lintas, fluktuasi lalu lintas dan komposisi lalu lintas. Volume lalu lintas yaitu jumlah kendaraan yang melewati suatu titik pada jalan raya dalam suatu satuan waktu, yang berubah - ubah dengan waktu tergantung dari interval waktu yang dijadikan satuan waktu, sehingga, dikenal variasi jam, variasi harian, variasi mingguan, variasi bulanan dan sebagainya, dimaksudkan untuk mengetahui kemungkinan volume sibuk ("peak volume") yang terjadi pada masing - masing variasi.

Perhitungan volume lalu lintas bila digabungkan dengan hasil pengamatan komposisi kendaraan dan arah kendaraan mempunyai kegunaan dalam penghitungan kapasitas dan studi ekonomi jalan raya, dalam penentuan design geometrik serta kriteria kontrol lalu lintas ("Traffic Control Criteria"), terutama pada pertemuan jalan.

3.2.1.1 Pos Pengamatan.

Perhitungan lalu lintas dilaksanakan konsultan secara manual selama 24 jam. Dengan pos - pos pengamatan diletakkan pada lokasi - lokasi :

- ◆ TC-01 (Bandung - Padalarang), pada km 9,0 dari Bandung.
 - ◆ TC-02 (Bandung - Cileunyi), pada km 15,6 dari Bandung.
 - ◆ TC-03 (Padalarang - Cianjur), pada km 23,0 dari Bandung.
 - ◆ TC-04 (Padalarang - Purwakarta), pada km 21,0 dari Bandung.
 - ◆ TC-05 (Cileunyi - Sumedang), pada km 21,7 dari Bandung
 - ◆ TC-06 (Cileunyi - Nagrek), pada km 21,8 dari Bandung.
 - ◆ TC-07 (Bandung - Soreang), pada km 12,4 dari Bandung.
-
- ◆ TC-08 (Bandung - Pengalengan), pada km 7,0 dari Bandung.
 - ◆ TC-09 (Bandung - Leuwihgajah), pada km 7,3 dari Bandung.

Disebabkan beberapa keterbatasan yang bersifat logistik terutama dari segi dana, maka survei dilakukan dengan terbatas yaitu tanggal 19, 20, 21 dan 23 Agustus 1981 (hari Rabu, Kamis, Jum'at dan Minggu), untuk pos - pos TC-03, TC 04, TC-05, dan TC-06. Selanjutnya pada hari - hari yang sama pada minggu berikutnya (26, 27, 28 dan 30 Agustus 1981) pengamatan dilakukan pada pos TC -01, TC-02, TC-07,TC-08. Untuk pos TC-09 pengamatan hanya dilakukan

dalam dua hari saja (26 dan 27 Agustus 1981) dengan tujuan untuk memeriksa lalu lintas lokal pada daerah perindustrian Leuwihgajah.

3.2.1.2 Metoda pengamatan

Ada beberapa metoda untuk memperoleh data volume lalu lintas antara lain:

1. Penghitungan secara otomatis ("automatic count").
2. Penghitungan secara manual ("manual count").
3. Gabungan secara otomatis dan secara manual.

3.2.1.3 Pengolahan data dan analisis

Dari data - data yang didapat kemudian disusun dan dibuat kurva fluktuasi selama 24 jam untuk tiap pos dan tiap hari pengamatan, sehingga dapat memberi gambar karakteristik lalu lintas yang ada.

3.2.1.3.1 Lalu lintas harian rata - rata (LHR)

Dari hasil pengamatan lalu lintas dihubungkan dengan komposisi lalu lintas yang ada, dapatlah diketahui besarnya lalu lintas harian rata - rata. Data mengenai lalu lintas harian rata - rata dipakai sebagai "beban" untuk merancang tebal perkerasan dan juga dalam perancangan geometrik jalan

Harga LHR dari empat hari pengamatan dirata - ratakan untuk mendapatkan satu harga pada tiap pos. Harga ini dalam dua arah, hasilnya dapat dilihat dalam tabel 3.1.

Tabel 3.1 : Tabel harga rata - rata LHR untuk tiap pos

Pos	Car	Bus	Truk	Total
TC-01 Bandung - Padalarang	23344	1055	3775	38174
TC-02 Bandung - Cileunyi	10930	881	3214	15025
TC-03 Padalarang - Cianjur	6856	746	2034	9636
TC-04 Padalarang - Purwakarta	2533	103	1213	3849
TC-05 Cileunyi - Sumedang	4191	379	2216	6786
TC-06 Cileunyi - Nagrek	5673	1153	1563	8389
TC-07 Bandung - Soreang	3802	52	447	4301
TC-08 Bandung - Pengalengan	11950	169	1787	13906

Catatan

Yang termasuk klasifikasi :

Car : sedan, station wagon, jeep, pickup

Bus : Bis dan microbis

Truck : Semua jenis truck dan mobil tangki

3.2.1.3.2 Volume Jam Perancangan (VJP)

Volume lalu lintas dalam interval yang lebih pendek dari satu hari (24 jam), akan lebih mencerminkan keadaan yang harus diperhatikan dalam perancangan geometrik. Waktu yang lebih pendek tapi sering berulang pada jam sibuk adalah lebih penting. Dalam banyak hal waktu satu jam memenuhi persyaratan dalam perancangan geometrik jalan. Volume selama satu jam yang dipakai sebagai dasar perancangan disebut sebagai volume jam perancangan.

Dalam perencanaan jalan Tol Padalarang - Cileunyi pihak konsultan berpedoman pada karakteristik lalu lintas yang ada, memperkirakan VJP sebesar 10% dari LHR yang ada.

3.2.1.3.3 Ekivalensi Kendaraan Dalam SMP

Kendaraan dengan ukuran dan berat yang berbeda mempunyai sifat - sifat yang berbeda pula. Untuk memperhitungkan pengaruhnya terhadap arus lalu lintas dan kapasitas jalan maka harus diekivalensikan dalam satuan mobil penumpang (SMP). Untuk daerah datar faktor ekivalensinya adalah sebagai berikut :

1. Untuk semua jenis kendaraan yang tergolong dalam klasifikasi Car, faktor ekivalensinya 1 smp.
2. Klasifikasi Bus, faktor ekivalensinya 3 smp.
3. Klasifikasi Truck, faktor ekivalensinya 2,5 smp.

3.2.2 Survei Asal - Tujuan (O - D survei)

Survei ini melakukan penelitian terhadap perjalanan - perjalanan penumpang dan pergerakan kendaraan dalam suatu area tertentu. O - D survei menghasilkan suatu data yang menunjukkan pada saat tertentu, asal dan tujuan dari semua jenis angkutan serta banyaknya masing - masing jenis angkutan tersebut.

3.2.2.1 Lokasi Pos

O - D survei yang dilakukan konsultan selama 4 hari secara simultan dengan penghitungan lalu lintas pada hari Rabu, Kamis, Jumat dan Minggu (tanggal 26 - 30 Agustus 1981) yaitu pada pos TC-01,TC-02,TC-07 dan TC-08, dengan jumlah 36.000 formulir interview.

3.2.2.2 Metoda Survei

Untuk survei ini ada beberapa metoda dasar, yaitu :

1. Pengamatan nomor polisi kendaraan.
2. Menempelkan tanda pada kendaraan.
3. Cara kartu pos.
4. Wawancara di jalan.
5. Wawancara di rumah.

Metode survei bisa saja disesuaikan dengan keadaan dan yang penting harus diperhatikan adalah bagaimana menghilangkan pengamatan yang ganda (double counting) dari data - data survei.

Khususnya pada wawancara di jalan ("road side interview") untuk menghindari kemacetan lalu lintas dan demi efisiensi pekerjaan bisa diadakan sampling menurut cara - cara :

1. Menurut Volume (volume cluster sampling)

misal : a = kendaraan diberhentikan

b = kendaraan diteruskan

$$\text{Besar sample} = \frac{a}{a + b}$$

2. Menurut waktu (time cluster sampling)

misal : t detik semua kendaraan diberhentikan

T detik semua kendaraan diteruskan

$$\text{Besar sampel} = \frac{t}{t + T}$$

3. Secara variabel (variable rate sampling)

Interview dilakukan dengan interval waktu yang konstan tidak bergantung besar kecilnya volume kendaraan, sehingga besarnya sampel yang didapat tergantung dari variasi volume kendaraan yang lewat, dalam hal ini volume lalu lintas diketahui pula.

$$\text{Besarnya sampel} = \frac{\text{Jumlah survei}}{\text{Volume total}}$$

Pihak konsultan menggunakan metode ini dengan besar sampel yang didapat dari masing - masing pos :

TC - 01	10.8%
TC - 02	19.8%
TC - 07	36.2%
TC - 08	11.6%
Total	15.5%

Besarnya sampel adalah memenuhi persyaratan, dari minimum yang disyaratkan (10% dari ADT)

3.2.2.3 Pengolahan Data dan Analisis

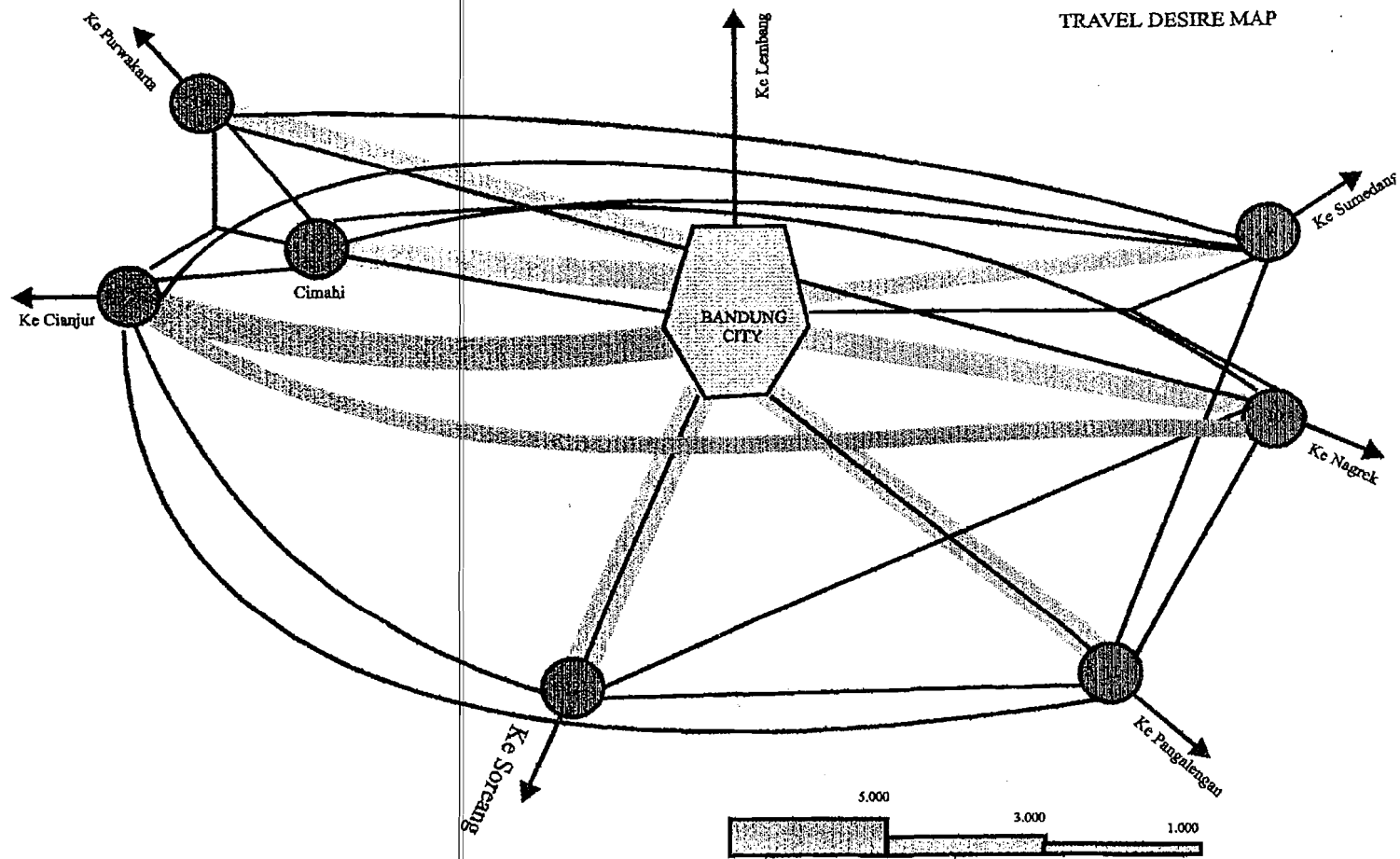
Langkah pertama dalam kebanyakan analisis data O - D survei adalah mengklasifikasikan data. Kendaraan - kendaraan dikelompokkan dalam zona - zona. Untuk praktisnya batas zona sering diambil batas geografis dan fisik, seperti : sungai, topografi yang membukit, jalan kereta api dan lain - lain. Semua asal dan tujuan perjalanan diasumsikan memulai dan berakhir pada pusat zona. Dari estimasi

pihak konsultan didapat 15 zona, 8 di kota Bandung dan masing - masing 2 pada sebelah selatan, timur dan barat.

Adalah tidak praktis untuk menganalisis data selanjutnya secara manual, sehingga dipergunakan komputer untuk mendapatkan output :

1. Matrik persentase pergerakan kendaraan perhari.
2. Matrik pergerakan total kendaraan perhari.
3. Matrik maksud dan tujuan perjalanan untuk semua jenis kendaraan perhari.
4. Matriks pola pergerakan penumpang antar zona untuk semua jenis kendaraan.
5. Matriks pola pergerakan barang antar zona perhari untuk tiap pos pengamatan.

Hasil akhir dari analisa O - D survei adalah gabungan dari seluruh output di atas, yang berupa matriks volume pergerakan total kendaraan perhari untuk seluruh area studi. Hasil akhir tersebut biasanya dinyatakan dalam bentuk Desire Line Graphs. Desire Line Graphs menggambarkan besarnya volume pergerakan antar zona yang dinyatakan dalam tebalnya pita penghubung secara skala. Desire Line Graphs hasil O - D survei untuk perancangan Jalan Tol Padalarang - Cileunyi terlihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 : Desire Line graphs antar zona kota Bandung

Dalam analisis interchange, hasil O - D survei dipergunakan untuk mendapatkan besarnya lalu lintas yang membebani, beserta persentase kendaraan yang membelok dari volume kendaraan pada arah asalnya dan digolongkan menurut klasifikasi kendaraan masing - masing (C,B,T).

Besarnya persentase didapat dari penjumlahan besarnya pergerakan kendaraan antar zona, yang kombinasinya diperoleh dari kemungkinan pergerakan kendaraan yang akan mempergunakan simpang susun (“interchange”) melalui kaki - kakinya.

3.2.3 Survei Kecepatan Kendaraan dan Waktu Perjalanan

Tujuan dari survei ini adalah untuk mengetahui kecepatan rata - rata (“mean speed”) dan waktu perjalanan (“travel time”) kendaraan di sepanjang jalan masuk. Pengetahuan tentang kecepatan dalam bentuk running speed mempunyai kegunaan yang luas, seperti perhitungan kapasitas, pengukuran tingkat pelayanan (“level of service”) yang diberikan sepotong jalan dan dalam studi ekonominya. Waktu perjalanan untuk melihat tingkat penundaan (“delay”) dan kesesakan (“congestion”) dari lalu lintas pada jalan - jalan yang ada.

3.2.3.1 Metoda Pengukuran dan Pos Pengamatan

Ada 3 metode yang paling banyak dipakai untuk memperoleh kecepatan kendaraan (“running/journey speed”), yaitu :

1. Metoda nomor kendaraan (“registration number method”)
2. Elevated observer method.
3. Moving observer method.

Pada tanggal 22 dan 23 September 1981 (Selasa dan Rabu) dilakukan survei

pengukuran, dengan 16 titik kontrol di sepanjang jalan masuk yang ada.

Test dilakukan pada 3 periode waktu :

1. Periode waktu 07.00 - 10.00
2. Periode waktu 13.00 - 17.00
3. Periode waktu 00.00 - 03.00

Pengukuran dilakukan terpisah untuk Car, Bus dan Truck dengan metode :

Car dan Truck : sebagai pencatat waktu adalah penumpang yang berada di dalam kendaraan survei yang membuntuti.

Bus : Pencatat waktu mengikuti jalannya bus, berada dalam kendaraan survei.

3.2.3.2 Analisis dan Hasil

Besarnya kecepatan didapat dengan membagi besarnya jarak pengamatan dengan waktu yang dicatat kendaraan survei untuk tiap bagian jalan, harga - harga yang didapat dirata - ratakan. Hasil akhir untuk seluruh area, bobot rata - rata pada bagian jalan berbeda - beda didasarkan pada panjangnya, bukan berdasarkan volume lalu lintasnya.

Car : 36.4 km/jam

Bus : 29.6 km/jam

Truck : 31.3 km/jam.

3.3 Proyeksi Lalu Lintas

Perencanaan jalan baru atau perbaikan jalan lama tidak hanya didasarkan pada lalu lintas yang akhir saja, tetapi pada lalu lintas akan datang, yang akan memakai sarana ini.

Memproyeksikan lalu lintas pada tahun tertentu di masa datang tidaklah mudah, tetapi lalu lintas dapat diramalkan dengan ketetapan yang pantas kalau data - data lalu lintas baru dan lama didapat. Adapun komponen dari lalu lintas yang akan datang yaitu : Lalu lintas pada waktu sekarang, Penambahan lalu lintas (“Traffic Increase”) dan Pengembangan lalu lintas.

3.3.1 Lalu Lintas Pada Waktu Sekarang

Lalu lintas waktu ini adalah volume lalu lintas yang akan mempergunakan jalan baru atau yang diperbaiki kalau jalan dibuka untuk lalu lintas. Dalam hal perbaikan jalan yang telah ada, lalu lintas pada waktu sekarang adalah lalu lintas yang mempergunakan jalan sebelum ada perbaikan, ditambah lalu lintas yang tertarik sesudah jalan selesai diperbaiki. Dalam hal jalan baru, lalu lintas pada waktu ini adalah keseluruhan dari lalu lintas yang tertarik.

Untuk memperkirakan besarnya lalu lintas yang tertarik dari jalan lama ke jalan baru dapat dilakukan dengan metoda (“Traffic Assignment Method”), yaitu dengan melihat perbandingan waktu perjalanan (“Travel Time”) dan jarak tempuh. Untuk itu telah dibuat diagram oleh California Division of Highway (“Traffic Assignment Curves”).

Metoda yang dipergunakan pihak konsultan, selain (“Traffic Assignment Curves”), juga dari hasil wawancara pada saat survei asal tujuan. Dari wawancara

yang dilakukan ternyata hampir seluruh pemakai jalan menyatakan mempergunakan jalan baru. Tetapi estimasi konsultan tidak menetapkan 100 %, karena hasil wawancara tidak selalu baik.

3.3.2 Penambahan Lalu Lintas (“Traffic Increase”)

Penambahan lalu lintas yang akan datang dapat disebabkan oleh :

1. Pertumbuhan lalu lintas normal (“Normal Traffic Growth”) :

Penambahan volume lalu lintas yang disebabkan oleh bertambahnya jumlah pemakai kendaraan.

2. Lalu lintas yang dibangkitkan (“Generated Traffic”) :

Lalu lintas yang dibangkitkan terdiri dari perjalanan kendaraan yang tidak akan ada bila sarana yang baru tidak diadakan. Lalu lintas yang dibangkitkan terdiri dari 3 katagori :

- a) Perjalanan baru yang waktu sebelumnya tidak pernah ada.
- b) Perjalanan dimasa lalu dilakukan oleh kendaraan lain (“Converted Traffic”).
- c) Perjalanan pada waktu lalu dibuat ke berbagai tempat, sekarang diambil jalan yang baru diperbaiki karena keindahan jalan baru tersebut (“Shifted Traffic”).

3.3.3 Perkembangan Lalu Lintas (“Development Traffic”)

Perkembangan lalu lintas diakibatkan oleh perbaikan dari tanah sebelah, apakah jalan baru dibangun atau tidak dibangun. Hal ini tidak sama dengan lalu lintas yang dibangkitkan. pada “Development Traffic”, lalu lintas berkembang terus bertahun - tahun setelah dibangun.

Untuk perancangan jalan Tol Padalarang - Cileunyi, beberapa kalangan memberikan angka yang berbeda - beda, dan konsultan menghitung angka pertumbuhan yang dianggap cocok dipakai untuk analisis selanjutnya. Angka pertumbuhan tersebut terdapat dalam tabel 3.2 berikut :

Tabel 3.2 :Angka perkembangan lalu lintas (hasil studi CMP)

	Car	Bus	Truck
1980 - 1985	12 %	10 %	10 %
1985 - 1990	9 %	8 %	8 %
1990 - 2005	7 %	8 %	6 %

3.4 Umur Rencana

Tidak mudah untuk menentukan umur suatu jalan, karena banyak bagian - bagian mempunyai umur yang berbeda - beda tergantung variasi dari umur rencana yang diduga berdasarkan berubahnya volume, pola dan beban lalu lintas.

Umur rencana 20 tahun banyak dipakai sebagai dasar perancangan.

Meramalkan lalu lintas melebihi waktu ini tidak dapat dibenarkan karena kemungkinan perubahan - perubahan dalam tata guna tanah dan jumlah penduduk, atau ekonomi daerah yang tak dapat diramalkan dengan baik.

Bila diperkirakan bahwa jalan bebas hambatan ini bisa mulai digunakan tahun 1985 (“Opening Year”), maka akhir umur rencana adalah tahun 2005.

3.5 Hasil analisis Survei

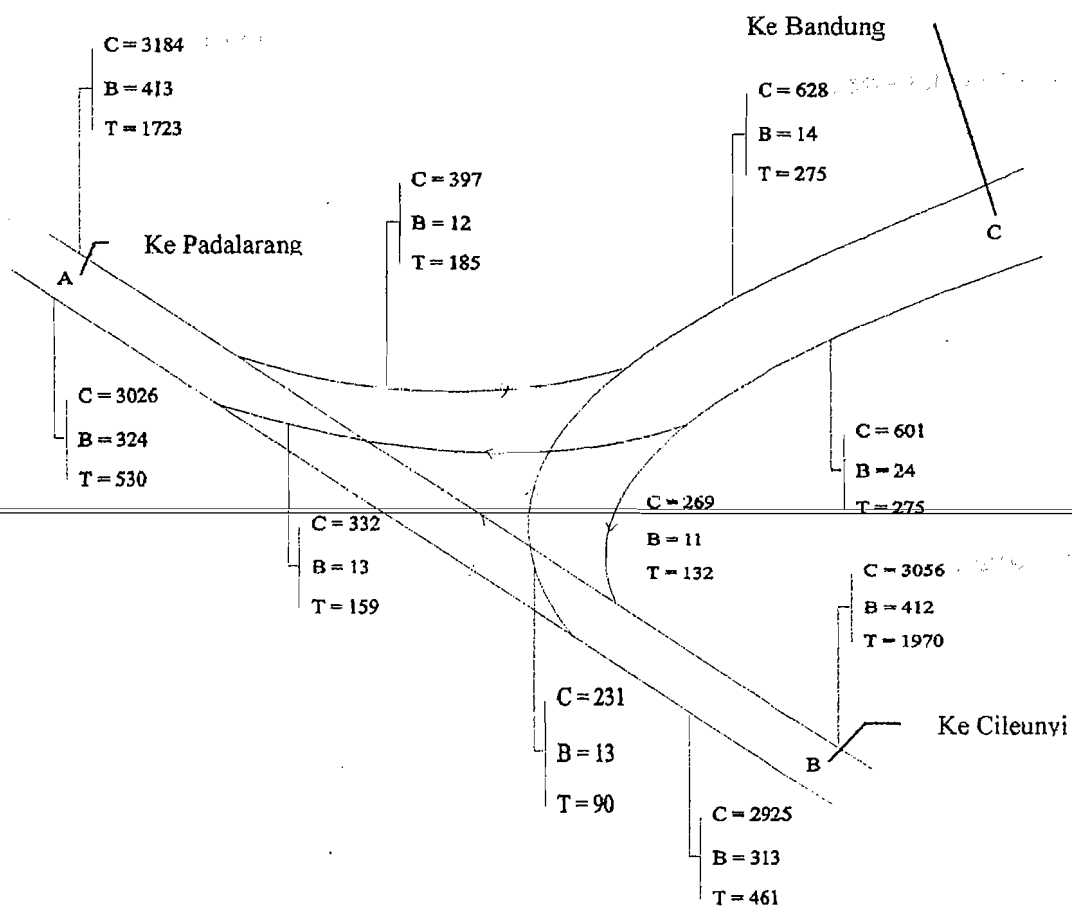
Volume lalu lintas yang akan membebani pada “Kopo Interchange” berdasarkan hasil analisis survei, dengan menggunakan persamaan :

Volume lalu lintas = (% arah) x (% penyebaran) x LHR tahun 1981

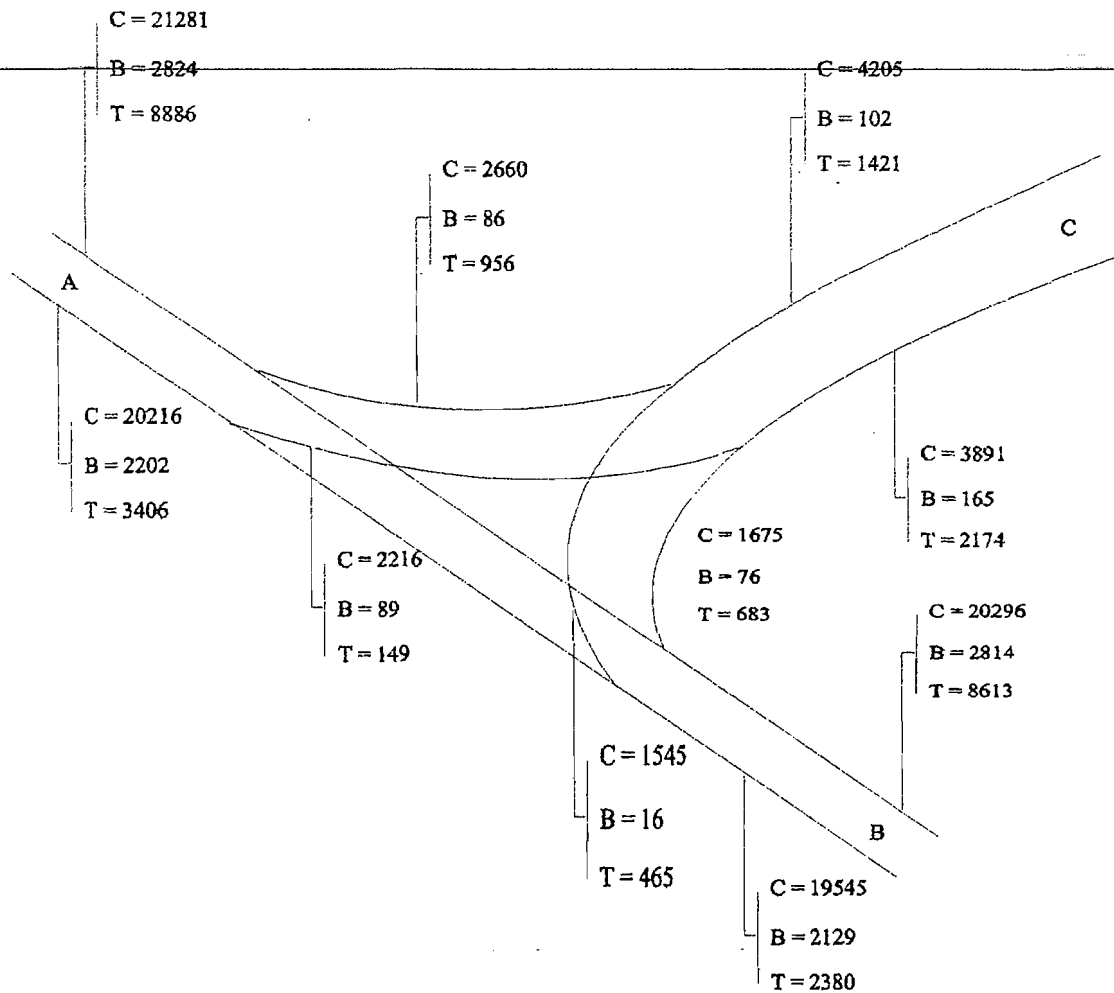
dengan :

- % arah menyatakan besarnya persentase kendaraan dalam satu jurusan.
- % penyebaran menyatakan besarnya persentase kendaraan yang akan membelok atau menerus pada kaki "Interchange".

Menurut perhitungan konsultan, volume lalu lintas pada kaki - kaki interchange pada tahun 1981 dan akhir umur rencana tahun 2005 adalah pada gambar 3.2 dan 3.3 berikut :



Gambar 3.2 : Volume lalu lintas pada tahun 1981



Gambar 3.3 : Volume lalu lintas pada tahun 2005

Rumus yang dipakai untuk memperkirakan volume lalu lintas setelah tahun 1981

adalah :

$$I_n = I_0 \times (1 + i)^n$$

dengan : I_n = Volume lalu lintas setelah tahun ke-n

I_0 = Volume lalu lintas dasar

i = Angka pertumbuhan

n = Jumlah tahun setelah tahun dasar.

Volume lalu lintas sampai akhir umur rencana dapat dilihat pada tabel 3.3

berikut :

Tabel 3.3 : Tabel volume lalu lintas sampai akhir umur rencana

Dari	Ke	Jenis	1981	1985	1990	2005
A	B	C	2787	4386	6749	18621
		B	401	587	863	2738
		T	1538	2252	3309	7930
	C	C	397	626	964	2660
		B	12	18	27	86
		T	185	271	399	956
B	A	C	2694	4240	6524	1800
		B	309	453	666	2113
		T	371	544	799	1915
	C	C	231	364	560	1545
		B	2	3	5	16
		T	90	132	194	465
C	A	C	332	522	803	2216
		B	13	19	28	89
		T	159	423	622	1491
	B	C	269	394	607	1675
		B	11	16	24	76
		T	132	194	285	683

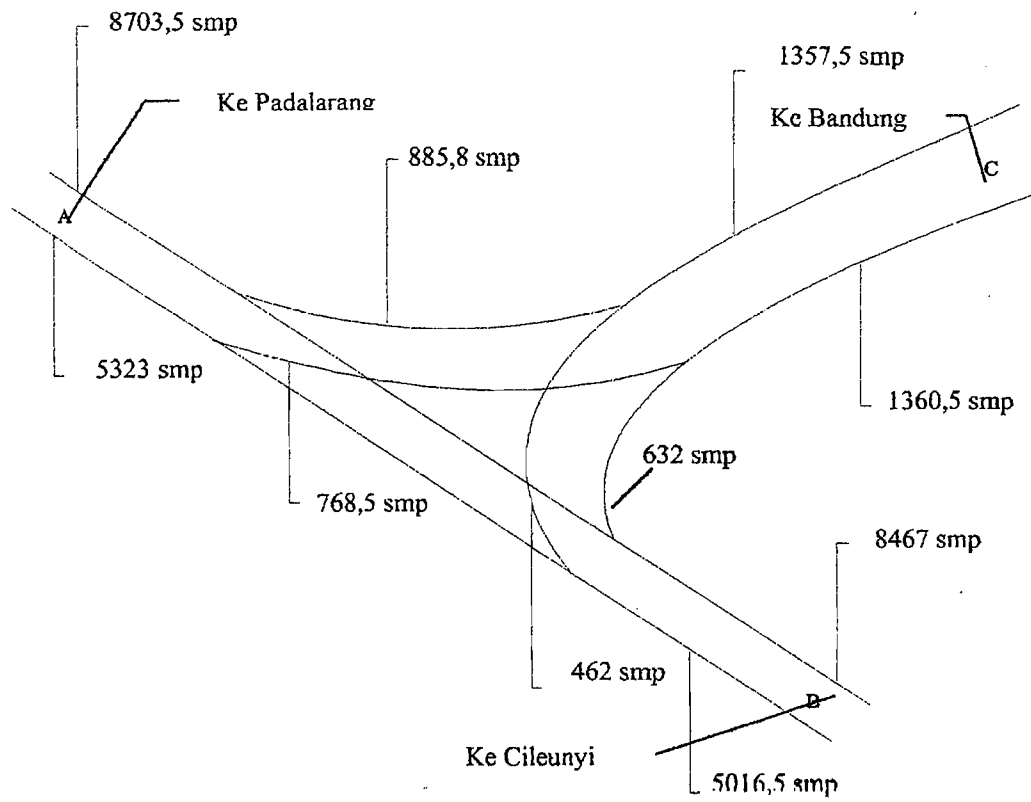
Untuk keperluan perancangan geometrik, Volume lalu lintas yang diperhitungkan adalah Volume Jam Perancangan (VJP) dihitung dengan rumus :

$$VJP_{(\text{tahun ke-n})} = 10\% \times LHR_{(\text{tahun ke-n})}$$

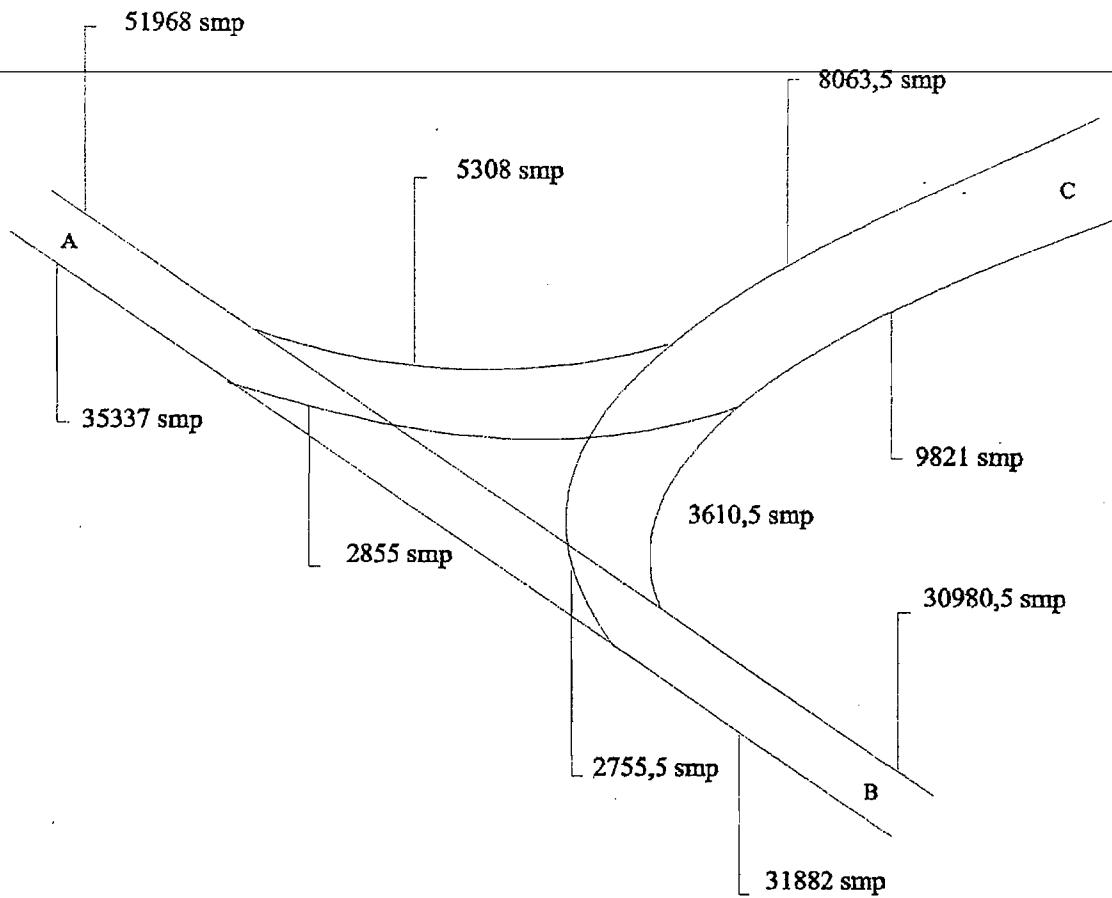
Untuk memperhitungkan pengaruhnya terhadap arus lalu lintas dan kapasitas jalan, maka VJP yang didapat harus diekivalensikan dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP). Pada perancangan jalan Tol Padalarang - Cileunyi karena merupakan daerah datar maka faktor ekivalensinya adalah sebagai berikut :

1. Jenis kendaraan Car faktor ekivalensinya = 1 SMP
2. Jenis kendaraan Bus faktor ekivalensinya = 3 SMP
3. Jenis kendaraan Truck faktor ekivalensinya = 2,5 SMP.

Hasil perhitungan VJP pada kaki - kaki interchange untuk tahun 1981 dan tahun 2005 dapat dilihat dalam gambar 3.4. dan 3.5 berikut :

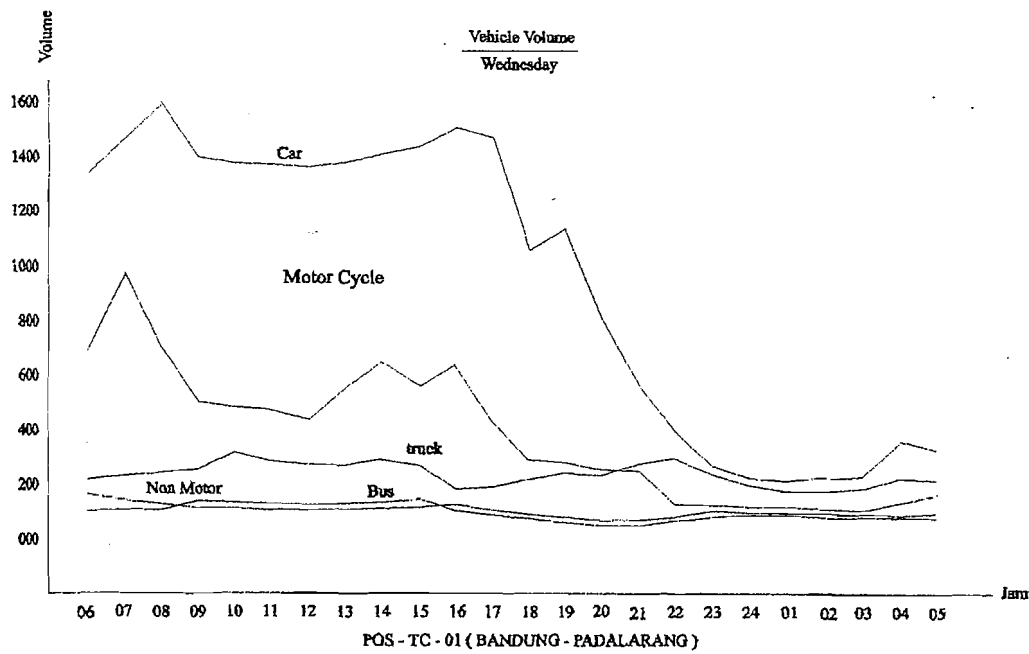


Gambar 3.4. VJP dalam SMP pada tahun 1981

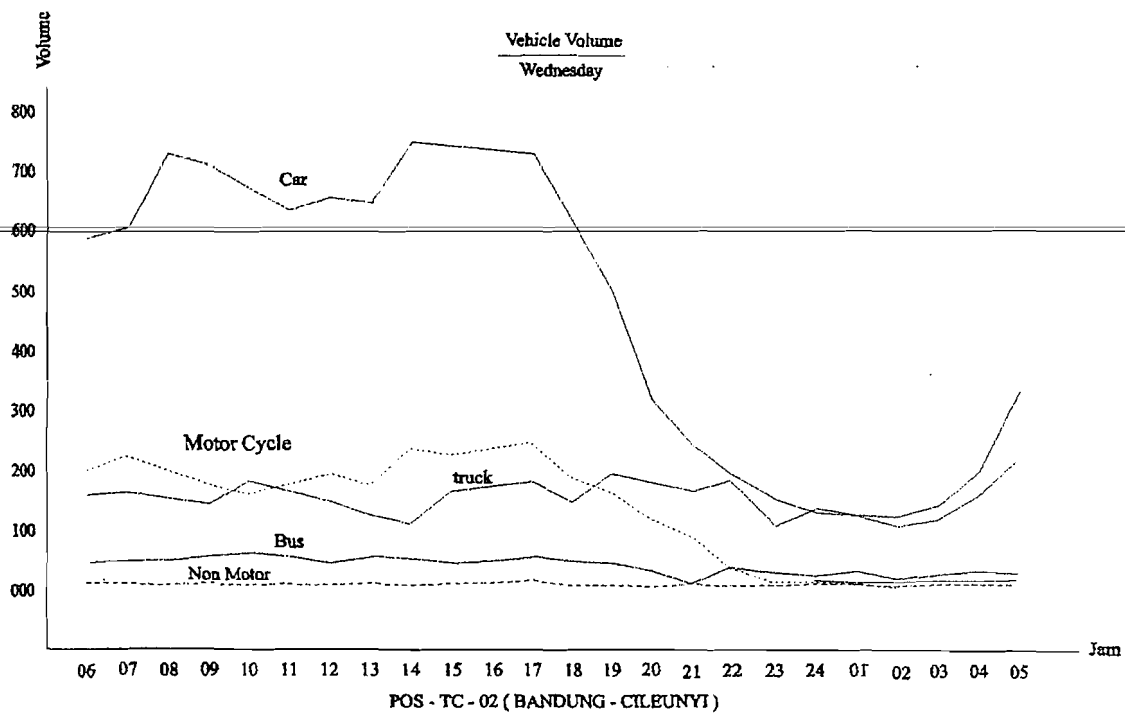


Gambar 3.5. VJP dalam SMP pada tahun 2005

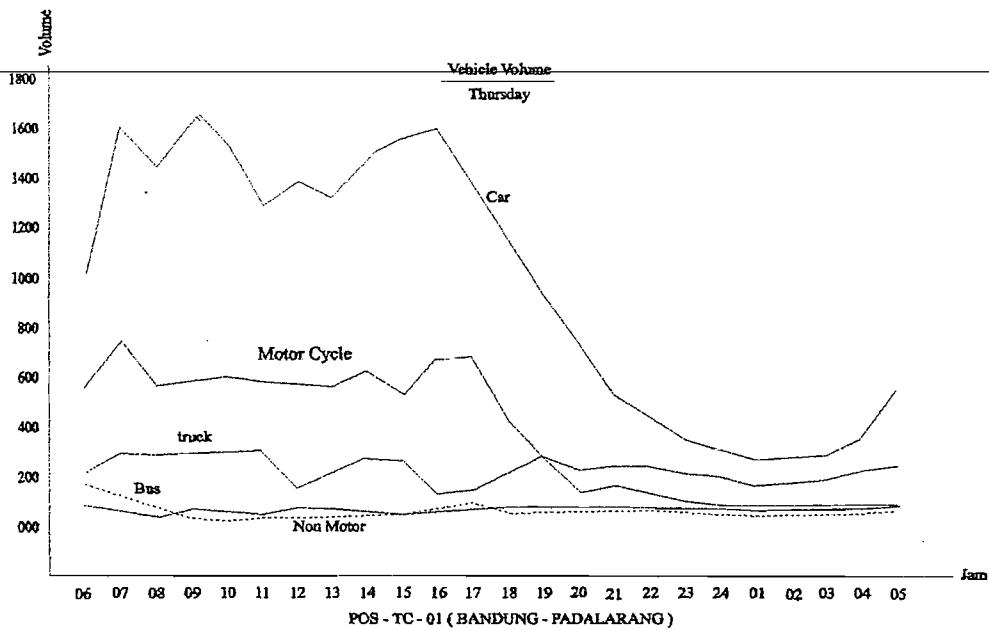
Hasil perhitungan volume kendaraan yang dilakukan oleh konsultan untuk perancangan Jalan Tol Padalarang - Cileunyi pada pos dan hari yang telah ditentukan dapat dilihat dalam grafik 3.1. sampai 3.8 berikut :



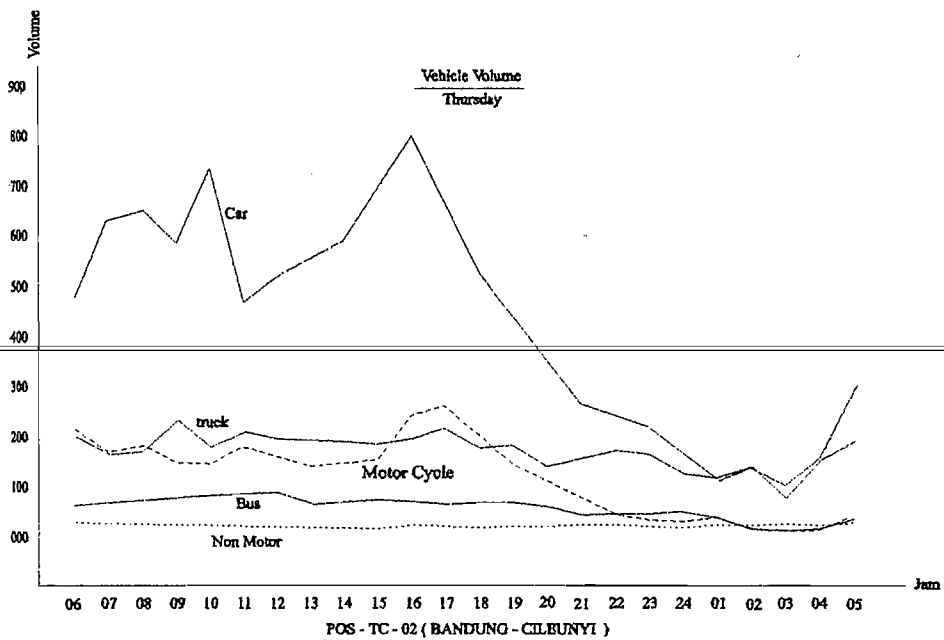
Grafik 3.1. Volume kendaraan pada Pos - TC - 01 (Bandung - Padalarang)



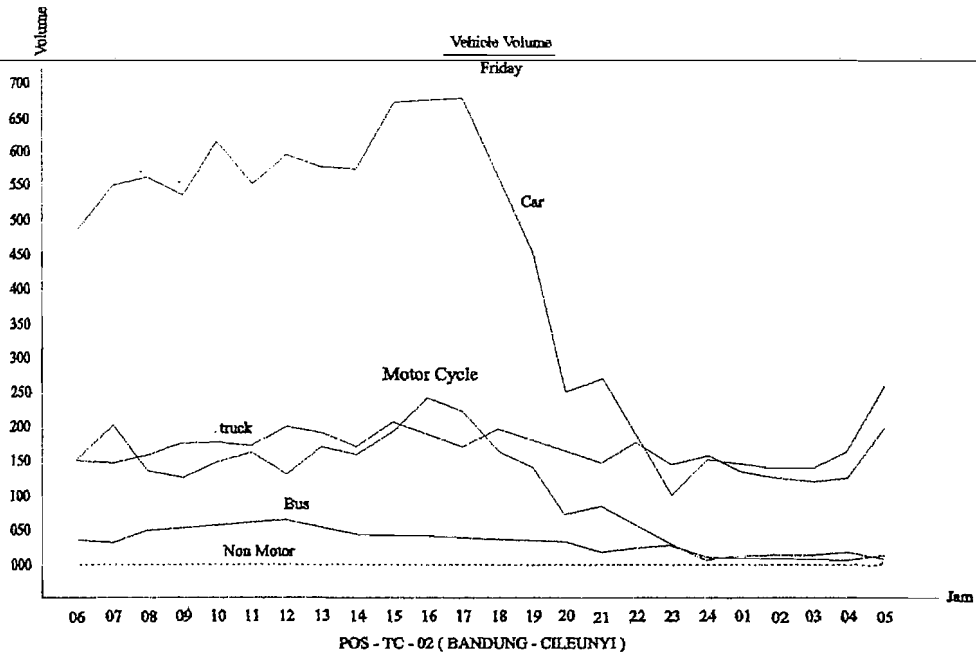
Grafik 3.2. Volume kendaraan pada Pos - TC -02 (Bandung - Cileunyi)



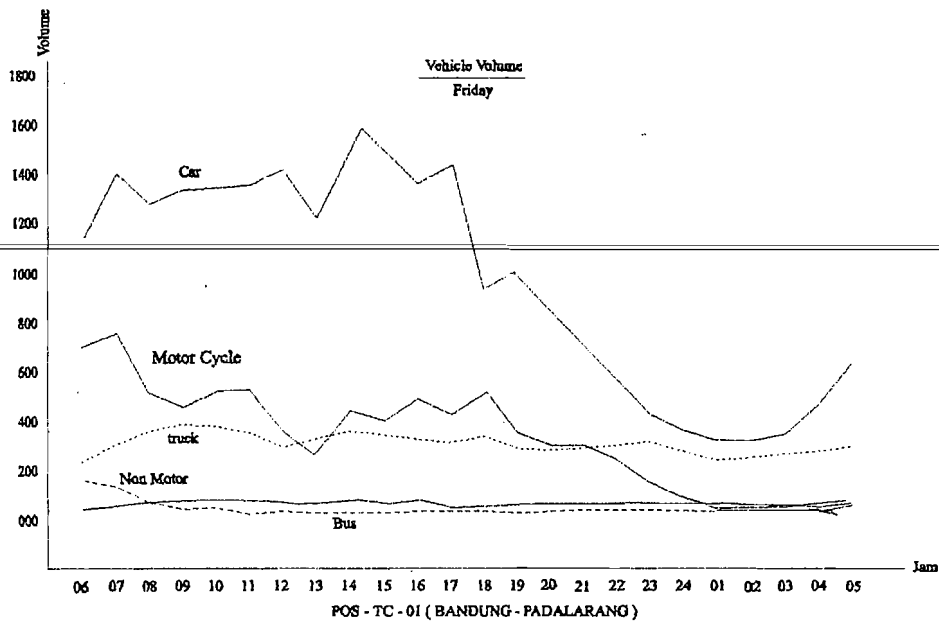
Grafik 3.3 Volume kendaraan pada Pos - TC - 01 (Bandung - Padalarang)



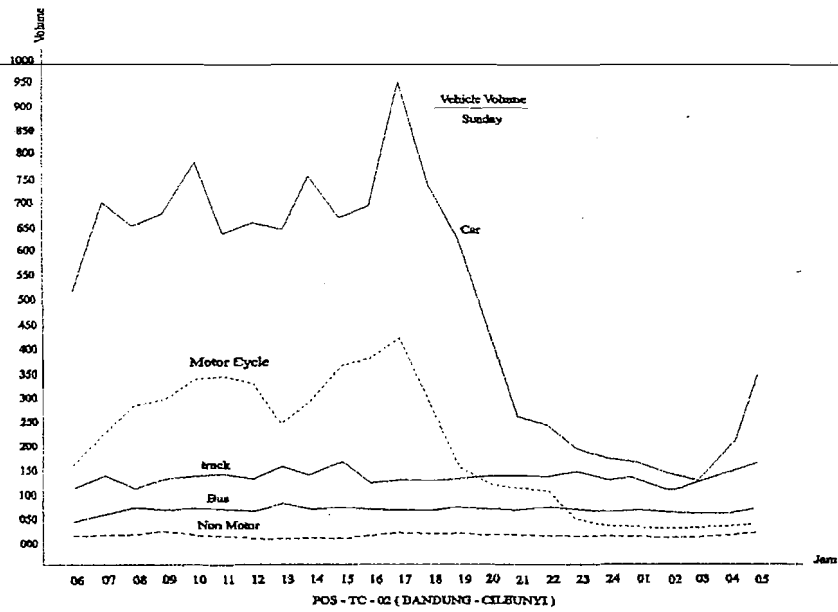
Grafik 3.4 Volume kendaraan pada Pos - TC - 01 (Bandung - Cileunyi)



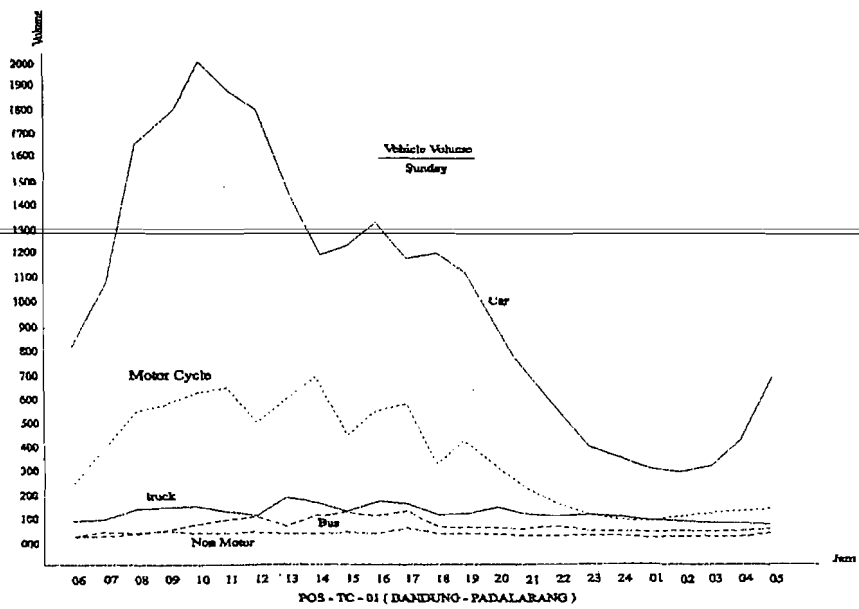
Grafik 3.5 Volume kendaraan pada Pos – TC – 02 (Bandung – Cileunyi)



Grafik 3.6 Volume kendaraan pada Pos – TC – 01 (Bandung – Padalarang)



Grafik 3.7 Volume kendaraan pada Pos - TC - 02 (Padalarang -Cileunyi)



Grafik 3.8 Volume kendaraan pada Pos - TC 01 (Bandung - Padalarang)

3.6 Pembahasan

Guna mendapatkan data sebagai pendukung perancangan Jalan Tol Padalarang - Ciemunyi perlu sekali dilakukan survei dan analisis lalu lintas kota Bandung. 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.

Survei lalu lintas yang dilakukan oleh konsultan adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan lalu lintas.

Bertujuan untuk mengetahui volume, fluktuasi dan komposisi lalu lintas. Survei dilakukan menggunakan metode perhitungan secara manual pada 9 lokasi pengamatan. Data yang didapat adalah LHR dan VJP.

2. Survei Asal - Tujuan

Bertujuan untuk melakukan penelitian terhadap perjalanan penumpang dan pergerakan kendaraan. Survei dilakukan pada 4 lokasi pos yang telah ditentukan dengan menyebarkan 36.000 formulir interview. Hasil survei didapatkan sample untuk menggambarkan Desire Line Graphs, yang menggambarkan pergerakan kendaraan antar zona.

3. Survei kecepatan kendaraan dan waktu perjalanan

Bertujuan untuk mengetahui kecepatan rata - rata dan waktu perjalanan di sepanjang jalan masuk. Survei dilakukan selama 2 hari pada 16 titik kontrol di sepanjang jalan masuk. Hasil yang didapat berupa kecepatan kendaraan pada tiap bagian jalan dan hasil tersebut dapat dirata - ratakan.

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 perancangan jalan Tol Padalarang - Cileunyi hanya dilakukan selama beberapa hari yang ditentukan saja. Akan tetapi karena alasan keterbatasan dana dan logistik maka survei yang dilaksanakan sudah dianggap mewakili survei secara keseluruhan.

Selain melakukan survei konsultan juga melakukan analisis lalu lintas yaitu menentukan proyeksi lalu lintas dan umur rencana. Proyeksi lalu lintas untuk lalu lintas sekarang dihitung dengan metode Traffic Assignment Method dan hasil survei asal - tujuan. Penambahan lalu lintas dapat diakibatkan oleh pertumbuhan normal dan lalu lintas yang dibangkitkan. Pada perkembangannya pada tahun mendatang tidak bisa ditentukan secara pasti, untuk menghitung angka tersebut konsultan mengambil angka dari hasil studi CMP. Untuk analisis umur rencana ditetapkan 20 tahun untuk menjaga perubahan dalam tata guna tanah, jumlah penduduk dan ekonomi. Dalam pemilihan metode analisis lalu lintas ini konsultan telah menetapkan metode dan angka yang dianggap cocok dan sesuai dengan ketentuan sehingga dapat dijadikan standar untuk analisis berikutnya.

Hasil analisis survei lalu lintas selain untuk perancangan jalan Tol Padalarang - Cileunyi juga digunakan untuk perancangan interchange (termasuk Kopo Interchange), dengan hasil analisis dan survei dapat diketahui data lalu lintas, proyeksi lalu lintas dan umur rencana dari interchange 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 Padalarang - Cileunyi ini, salah satu titik persimpangan yang menghubungkan jalan Tol dengan kota Bandung adalah “Simpang susun Kopo” (Kopo Interchange).

4.2 Fungsi Simbang Susun

Fungsi dari simpang susun adalah :

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 meredusir 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 Kopo ini adalah arah Barat - Timur, yaitu arah Padalarang - Cileunyi.

b. Jalur Percepatan/Perlambatan

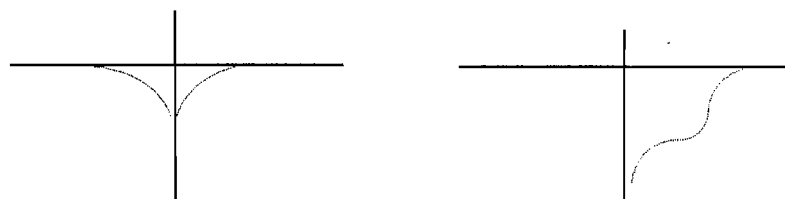
Jalur ini berfungsi untuk menyesuaikan kecepatan dari situasi di belakangnya ke situasi di depannya. Jalur percepatan digunakan menuju arus utama (“main lane”) dan jalur perlambatan digunakan meninggalkan arus utama.

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”)

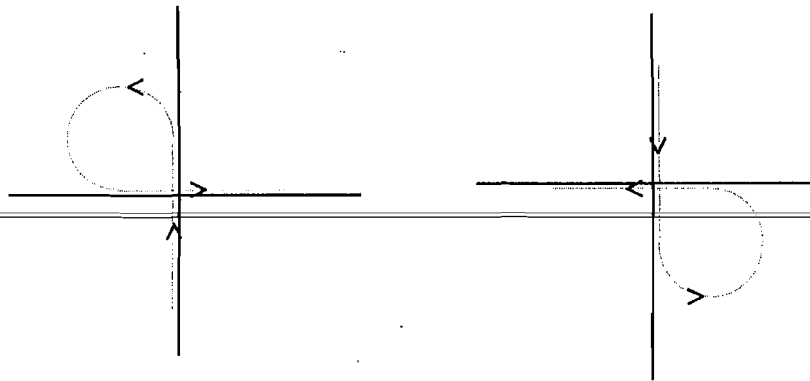
Dalam mencapai arah tujuan, melewati ataupun mengelilingi titik pusat dahulu dan memotong salah satu arus lain (lihat gambar 4. 2).



Gambar 4.2 : Hubungan setengah langsung (“Ramp Semi Direct”)

3. Hubungan Tidak Langsung (“Indirect”)

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



Gambar 4.3 : Hubungan tidak langsung (“Indirect”)

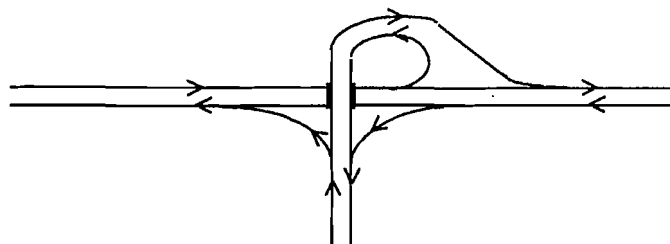
4.4 Jenis Simpang Susun

Simpang susun terdiri dari beberapa tipe. Pemilihan bentuk ditentukan oleh : jumlah kaki pada persimpangan, volume lalu lintas yang akan 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 Padalarang - Cileunyi persimpangan yang terjadi untuk menghubungkan Bandung (Jalan Kopo) dengan jalan Tol adalah persimpangan tiga kaki. Sistem persimpangan dengan tiga kaki ini biasanya terdiri dari tiga tipe yaitu :

1. Trumpet

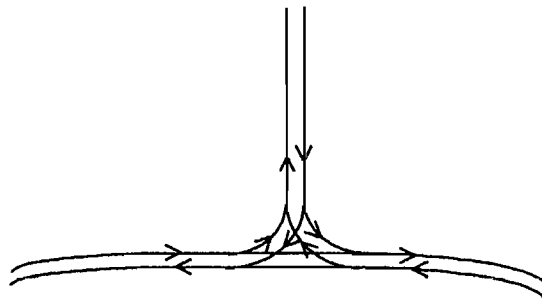
Apabila 2 dari 3 kaki persimpangan adalah jalan yang lurus dan satu kaki yang lainnya membentuk sudut yang tidak terlalu kecil dengan jalan tersebut, maka pemilihan tipe trumpet lebih tepat (lihat gambar 4.4).



Gambar 4.4 : Trumpet

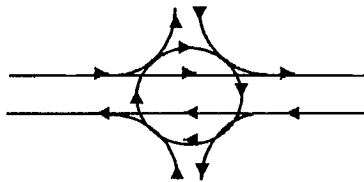
2. Directional

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)



Gambar 4.6 : Bundaran.

Sistem persimpangan pada Simpang susun Kopo ini adalah 3 kaki dan simpang susun yang dipilih oleh Konsultan adalah tipe Trumpet

4.5 Prosedure 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.

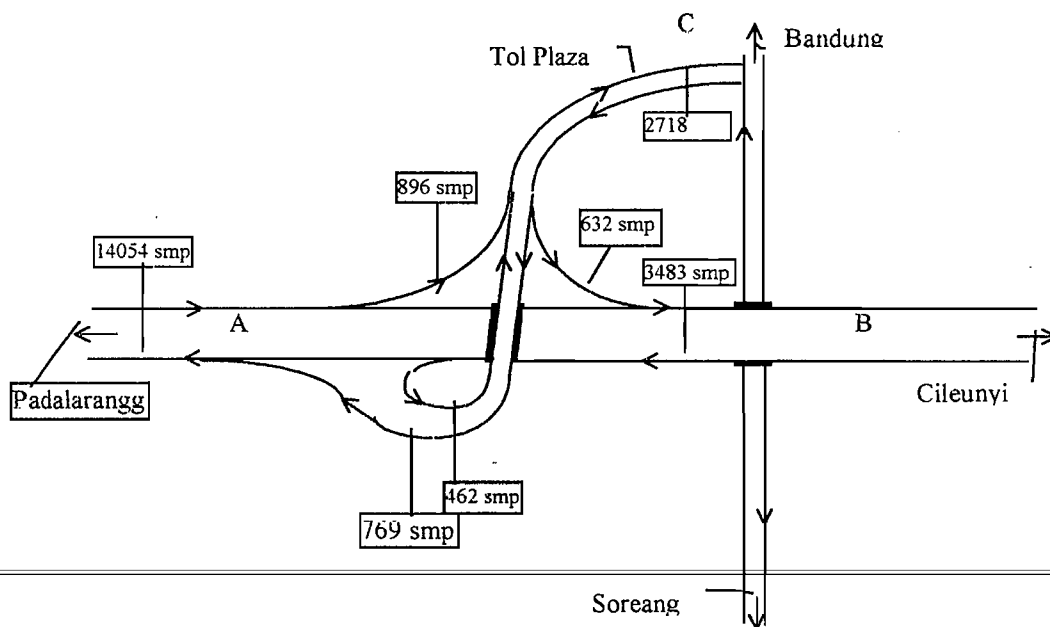
4.6 Bentuk Alternatif

Bentuk - bentuk alternatif yang ditawarkan pada pemilihan bentuk simpang susun adalah sebagai berikut :

Alternatif I

Karakteristik operasi dari segala jurusan baik, arus utama Padalarang - Cileunyi tidak terganggu. Pola ramp tidak membingungkan pengemudi. Biaya ("initial cost") relatif lebih murah, karena hanya dibangun sebuah jembatan dan pembebasan tanah tidak terlalu besar. Pentahapan pembangunan pada ramp dapat dilakukan dengan baik sesuai dengan tuntutan volume lalu lintas yang akan datang.

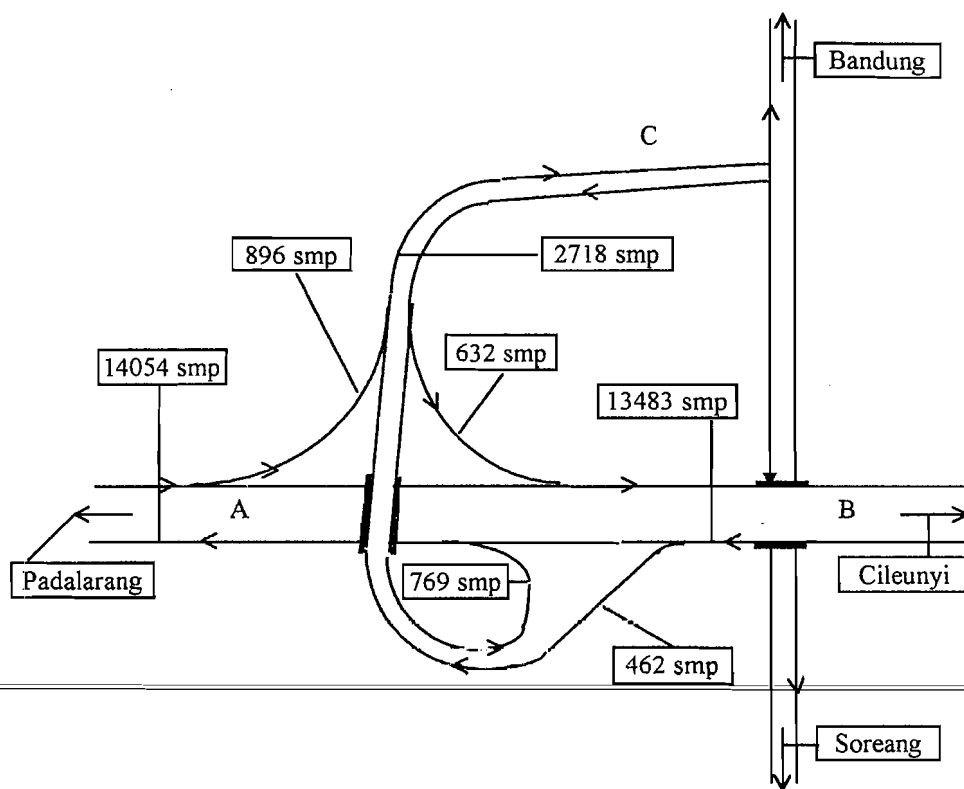
Kecepatan kendaraan dari A ke C dan C ke B dapat disesuaikan dengan baik. Sedangkan kecepatan dari B ke C akan mengalami penurunan yang cukup besar karena B adalah jalur utama dan kendaraan harus memasuki loop. Maka dari segi keamanan hal ini kurang baik. Biaya operasi kendaraan diperkirakan lebih murah karena jalan yang ditempuh pendek dan tidak ada daerah (“weaving”) (lihat gambar 4.7)



Gambar 4.7 : Alternatif I

Alternatif II

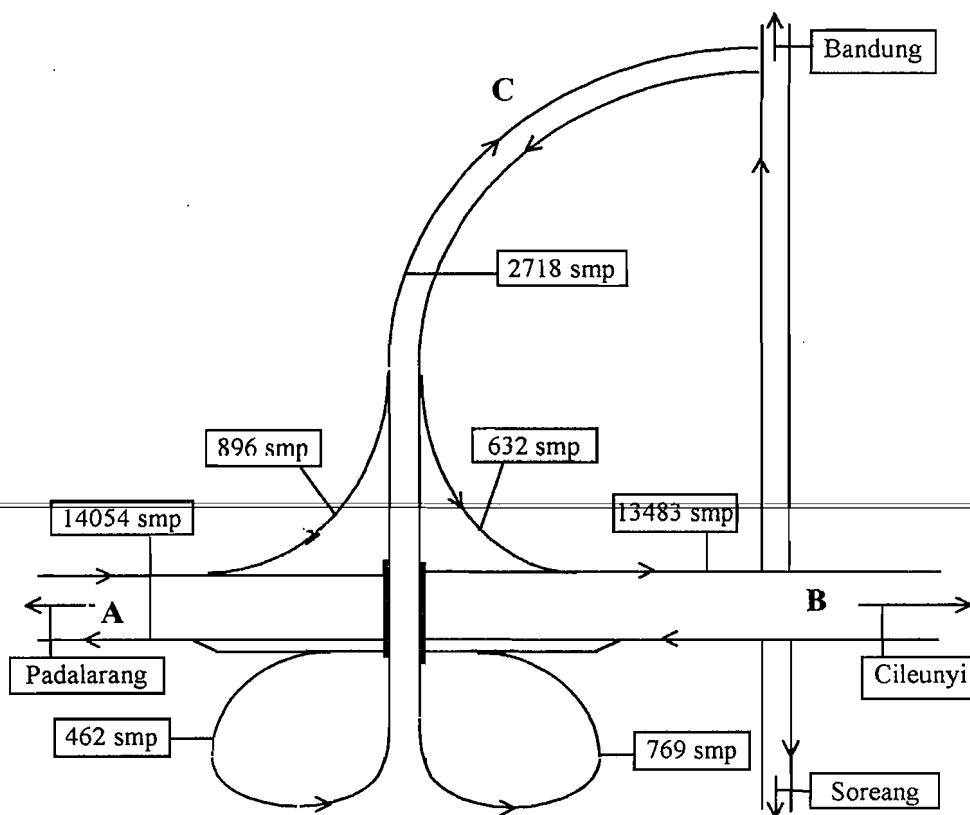
Secara umum hampir sama dengan alternatif I, hanya di sisi arus dari B ke C lebih kecil dari arus C ke A. Jadi penempatan loop di sisi kurang cocok atau karakteristik operasi tidak sebaik alternatif I (lihat gambar 4.8).



Gambar 4.8 : Alternatif II

Alternatif III

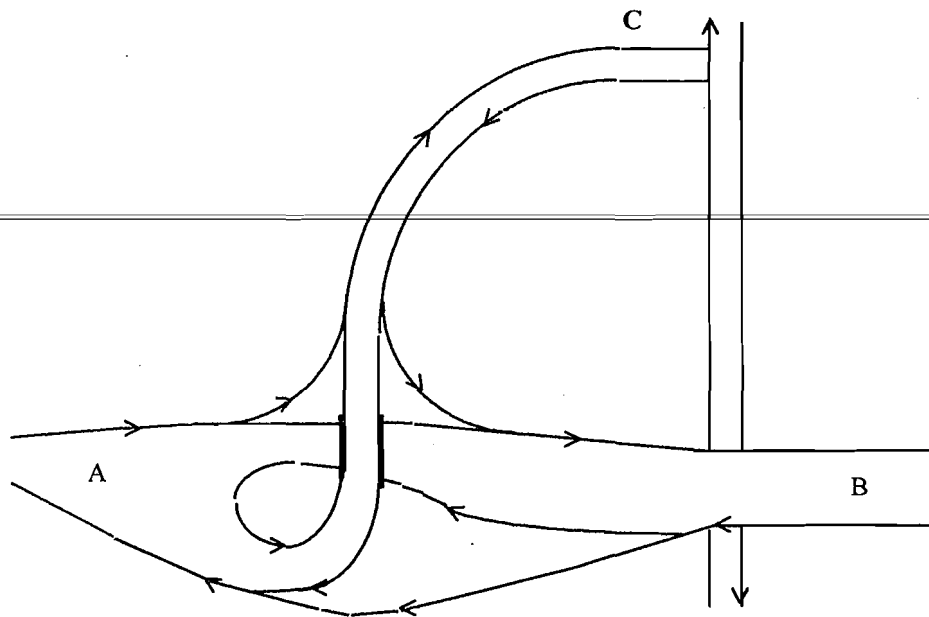
Karakteristik operasi baik, biaya pembebasan tanah sedikit lebih besar dari alternatif I. Untuk arus dari B ke C perubahan kecepatan besar ketika hendak memasuki loop, keamanan kurang. Biaya operasi kendaraan besar, sebab adanya daerah (“weaving”). Pentahapan pembangunan dapat dilakukan dengan baik, misalnya penambahan kaki simpang susun (dalam hal ini kaki C diteruskan) sehingga akhirnya didapat (“type Cloverleaf”). Pola ramp sederhana, sehingga tidak membingungkan pengemudi (lihat gambar 4.9).



Gambar 4.9 : Alternatif III

Alternatif IV

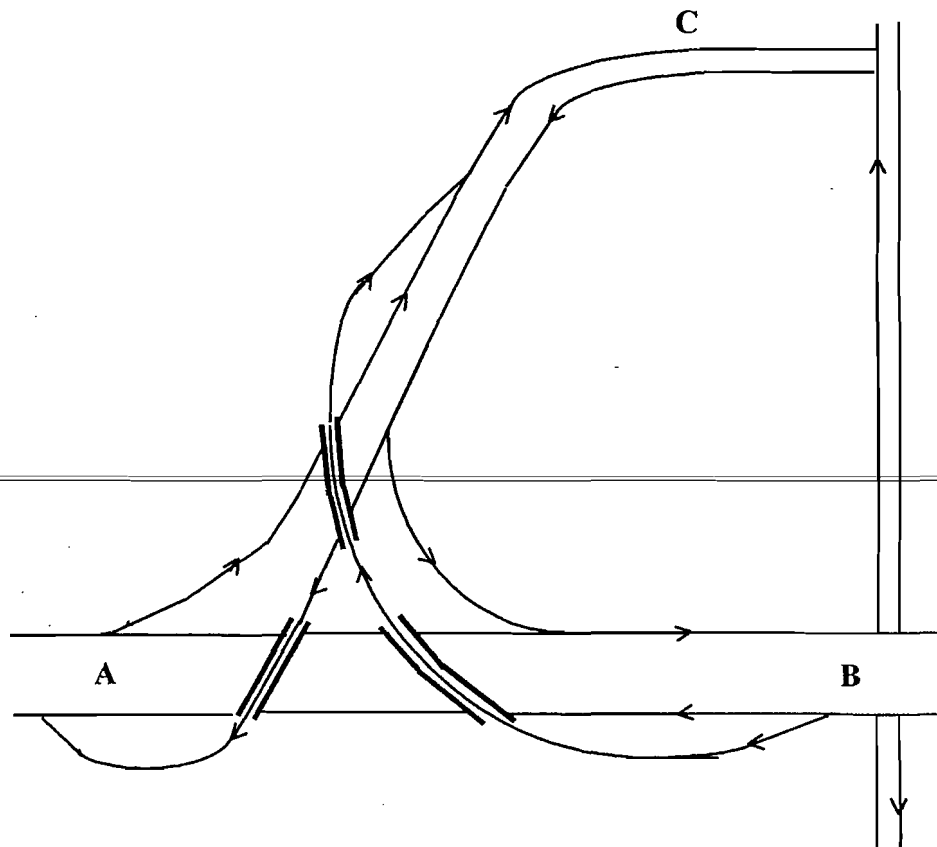
Karakteristik operasi cukup baik, dimana arus utama Padalarang - Cileunyi tidak terganggu dengan adanya lalu lintas yang akan membelok. Ramp untuk membelok dari B ke C agak membingungkan pengemudi, karena kebiasaan kita untuk dari B ke A akan mengambil jalur sebelah kanan. Perubahan kecepatan untuk membelok dari B ke C cukup besar ketika memasuki loop, jadi biaya operasi kendaraan relatif lebih besar, arus dari C ke A masuk dari kanan pada highway, kurang baik. Daerah yang harus dibebaskan relatif besar akibat dari adanya lengkungan pada jalur utama. Keamanan pengemudi pada daerah loop kurang baik, pengembangan simpang susun menjadi sistem 4 kaki agak sukar. Biaya konstruksi jembatan lebih murah karena jembatan relatif lebih pendek (lihat gambar 4.10).



Gambar 4.10 : Alternatif IV

Alternatif V

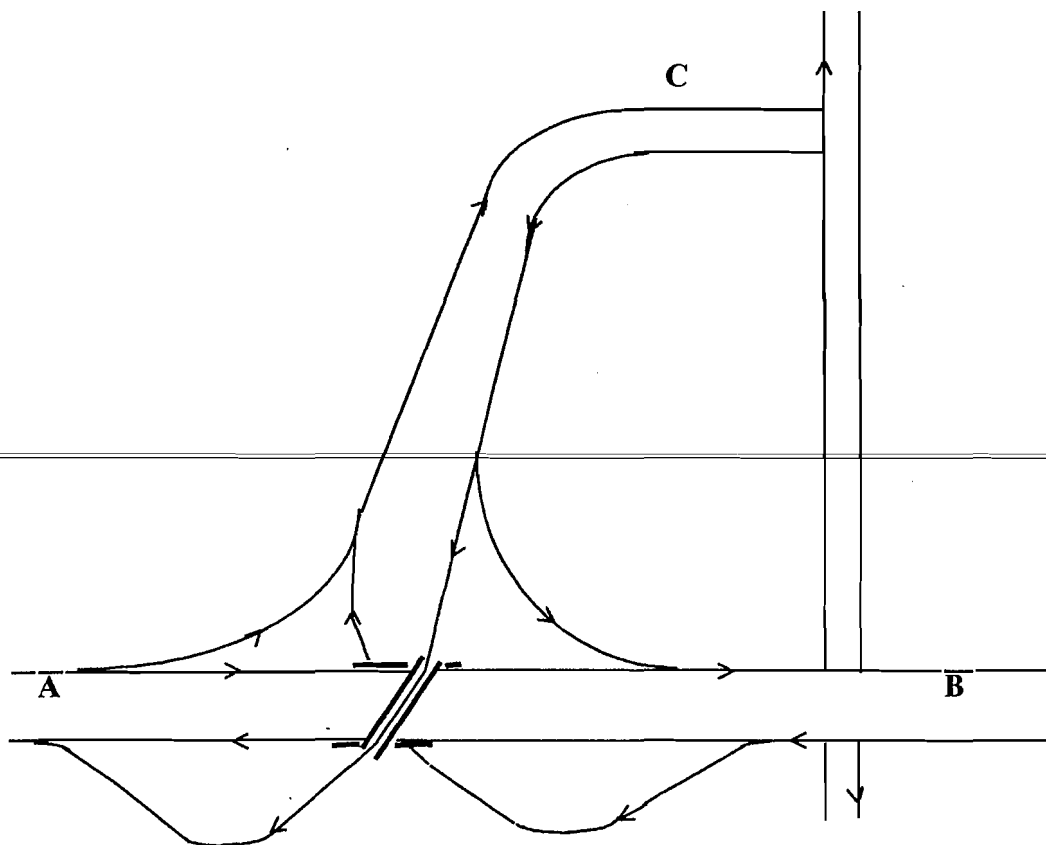
Karakteristik operasi dari sistem directional ini adalah paling baik. Biaya konstruksi relatif mahal akibat adanya 3 buah jembatan. Kecepatan rencana relatif tinggi untuk membelok, karena tidak ada loop, konsekwensinya jari - jari tikungan besar. Daerah yang dibebaskan relatif besar dibandingkan alternatif I, Biaya operasi kendaraan relatif rendah karena semua proses berbelok adalah langsung (lihat gambar 4.11).



Gambar 4.11 : Alternatif V

Alternatif VI

Karakteristik operasi baik, arus utama tidak terganggu. Biaya operasi relatif mahal karena adanya dua buah jembatan. Kecepatan rencana cukup baik, daerah yang dibebaskan relatif besar. Keamanan berkendara cukup aman karena tidak adanya loop dan arus yang memotong arus utama. Pola ramp cukup sederhana dan jelas. Biaya operasi kendaraan hampir sama dengan alternatif I. Tahap pembangunan menjadi sistem 4 kaki tidak begitu mudah (lihat gambar 4.12)



Gambar 4.12 : Alternatif VI.

Dari enam alternatif bentuk perancangan simpang susun yang diajukan oleh konsultan tersebut dipilih alternatif perancangan pertama (alternatif I) karena pertimbangan biaya yang terbatas dan layanan terhadap lalu lintas yang diberikan cukup baik.

4.7 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 memberikan fasilitas membelok bagi kendaraan yang keluar masuk jalan Tol. Jadi dengan adanya simpang susun ini memberikan keuntungan antara lain penghematan waktu, biaya pengoperasian murah dan kenyamanan. Simpang susun kopo merupakan titik pertemuan antara Jalan Tol Padalarang - Cileunyi dengan Jalan Kopo yang menghubungkan Bandung. Bagian dari simpang susun kopo adalah Jalur utama (arus lalu lintas dari Padalarang dan Cileunyi), Jalur perlambatan dan percepatan dan Jalur penghubung (ramp).

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 di sepanjang jalan Tol agar pengendara lebih mudah memahami jalur keluar masuk dari jalan Tol tersebut. Jenis simpang susun yang dipilih oleh Konsultan untuk simpang susun kopo adalah persimpangan tiga kaki. Persimpangan tiga kaki terdiri dari tipe Trumpet, Directional dan Bundaran. Dari ketiga tipe tersebut Konsultan

mengajukan 6 (enam) alternatif bentuk perancangan simpang susun, setelah mempertimbangkan banyak hal maka dipilih alternatif I yaitu tipe trumpet. Pemilihan ini didasarkan atas pertimbangan biaya konstruksi yang relatif murah (1 buah jembatan), pembebasan tanah tidak terlalu besar dan pentahapan pembangunan pada ramp dapat disesuaikan dengan tuntutan volume lalu lintas yang akan datang. Dari pertimbangan lalu lintas : karakteristik operasi dari segala jurusan baik, arus utama Padalarang - Cileunyi tidak terganggu, biaya operasi kendaraan murah karena jarak yang ditempuh pendek dan tidak ada ("weaving"), hanya dari segi keamanan kurang baik karena kendaraan mengalami penurunan kecepatan cukup besar saat memasuki loop.

Dari keenam alternatif perancangan ini, bentuk simpang susun yang paling baik adalah alternatif V yaitu tipe directional karena kecepatan rencana relatif tinggi untuk membelok karena tidak ada loop, keamanan baik, biaya operasi kendaraan murah karena semua prose membelok langsung, akan tetapi karena biaya konstruksi besar (ada 3 buah jembatan) dan pembebasan tanah relatif besar (jari - jari tikungan besar) maka alternatif V tidak dipilih.

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 Publik Works.
3. A Policy on Geometric Design of Rural Highway, AASHTO 1994.

Proyek Jalan Tol Padalarang - Cileunyi ini dibagi menjadi dua seksi, Kopo Interchange terletak pada seksi A₁ (Jalan Tol Padalarang - Cileunyi Sta. 0 + 000 - Sta. 18 + 800).

Adapun aspek - aspek perancangan geometriknya adalah sebagai berikut :

5.1.1 Kecepatan Rencana

Karena daerah sepanjang jalan ini dikategorikan sebagai daerah yang datar maka kecepatan rencana pada :

- Jalan utama (“Freeway”) : 80 km/jam.
- Jalan Penghubung (“Ramp”) : 40 - 60 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 (S.U).

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 60 km/jam adalah sebesar 75 m,
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

- Jarak Pandangan Menyiap (untuk jalan dua lajur), yaitu jarak yang diperlukan pengemudi untuk menyiap kendaraan di depannya dengan menggunakan lajur lalu lintas lawan. Diasumsikan ketinggian mata pengemudi dan ketinggian penghalang sama yaitu 1.25 m.

Untuk perancangan proyek ini, jarak pandangan menyiap tidak diperlukan karena pada perancangan Jalan Tol Padalarang - Cileunyi lalu lintas berlawanan arah dipisahkan oleh median. Sedang pada jalan masuk/keluar, karena tidak panjang dan harus berhenti pada Tol-Plaza maka cukup jarak pandangan henti yang diambil.

5.1.4 Penampang Melintang

- Lebar R.O.W/Daerah Penguasaan Jalan (DPJ) minimum, R.O.W 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, sedang untuk jalan arteri adalah sebesar 30 m sesuai dengan standar Bina Marga untuk jalan kelas II.

2. Lebar Perkerasan

Lebar perkerasan pada proyek ini diambil 3,50 m per lajur untuk jalan utama, sedang lebar jalan penghubung masing - masing 4,50 m untuk lajur tunggal dan untuk lajur banyak diambil 3,75 m per lajur.

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 3,00 m dan bahu dalam sebesar 2,50 m
- Jalan Penghubung : Bahu luar 3,00 m dan bahu dalam sebesar 2,00 m

4. Lebar Median

Median diperlukan sebagai ruang bebas - antara dan juga untuk pemasangan rambu, lampu dan pilar jembatan. Besarnya lebar median disini diambil 2,50 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 menurut Bina Marga adalah 2 %, akan tetapi pada proyek ini diambil 2,5 % oleh karena curah hujan relatif lebih tinggi sepanjang tahun, sedang kemiringan bahu jalan diambil 4,0 %.

Secara umum kemiringan samping (“side slope”) diambil sebagai berikut :

- Timbunan : 4:1
- Galian : 3:1

Khusus jalan di atas/di bawah jalan utama 3:1.

6. Superelevasi

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

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

$$e = \frac{V^2}{127R} - f$$

dengan : e = super elevasi (m/m)

V = kecepatan rencana (km/jam)

R = jari - jari tikungan

f = koefisien gesekan

Tabel 5.2 : Superelevasi (Bina Marga 1990)

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

Untuk mencapai kemiringan penuh, dimulai dari bentuk permukaan jalan

normal dapat dilakukan dengan 3 cara :

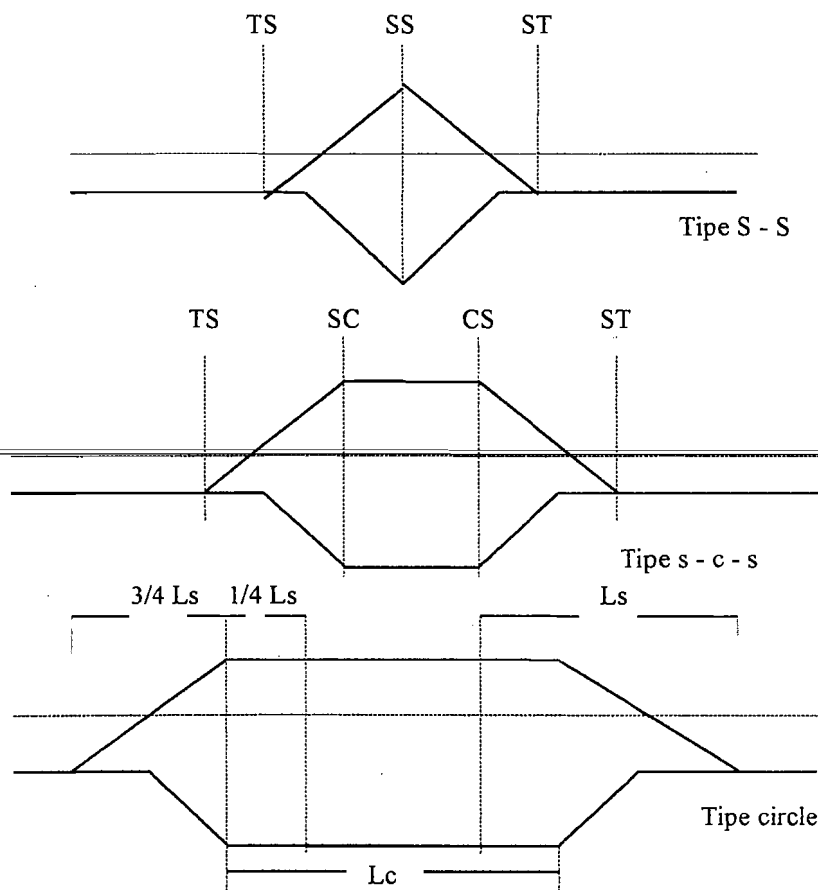
- a. Memutar perkerasan jalan terhadap profil sumbu.
- b. Memutar perkerasan jalan terhadap tepi dalam.
- c. Memutar perkerasan jalan terhadap tepi luar.

Pada profil ini, untuk jalan yang masing - masing arah dibagi/terpisah dipergunakan cara kedua, sedang untuk jalan yang dua lajur dua arah dipakai cara kesatu. Dalam pencapaiannya 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 $\frac{3}{4}$ bagian lajur yang lurus dan $\frac{1}{4}$ 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 :

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

m = satu per landai relatif maksimum, (periksa tabel 5.3)

e = kemiringan total maksimum ($e_n + e_{\text{mak}}$).

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 landai relatif maksimum antara tepi perkerasan sebagai berikut :

- Jalan utama = kecepatan 80 km/jam diambil 1/150
- Jalan penghubung = kecepatan 60 km/jam diambil 1/125
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 1990)

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 superelevasi maksimum, seperti diperlihatkan pada tabel 5.2.

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

- Jalan utama dengan kecepatan 80 km/jam, $R_{min} = 210$ m.
- Jalan penghubung dengan kecepatan 60 km/jam, $R_{min} = 115$ m.
- kecepatan 40 km/jam, $R_{min} = 50$ m.

Ketentuan - ketentuan lain pada jalan utama, harus tidak terdapat tikungan gabungan ("compound curve") dan jarak minimum pada tikungan balik ("reserved curves") sebesar 50 m dan untuk jalan penghubung sebesar 25 m,

hal ini dimaksudkan agar tersedianya jarak yang cukup untuk pencapaian kemiringan (“superelevation run off”)

2. Panjang lengkung peralihan

Lengkung peralihan adalah lengkungan pada tikungan yang digunakan untuk mengadakan peralihan dari bagian jalan yang lurus ke 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 dari 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

$$\text{sebesar : } \alpha_c = \frac{v^2}{R}$$

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 lengkungan 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, nilai pergeseran minimum tiap kecepatan rencana ditentukan oleh jari - jari lengkung. Jika jari - jari lengkung besar maka pergeseran kecil, pergeseran dapat diadakan di dalam lebar jalur, maka tidak dibutuhkan lengkung peralihan. Rumus dibawah untuk mendapatkannya dengan perubahan kurang dari 20 cm. Besarnya jari jari tersebut direkomendasikan Bina Marga, terlihat pada tabel 5.5.

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

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

Besarnya 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 (e_n)

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 menggunakan rumus atau menggunakan tabel 5.7.

Tabel 5.7 : Pelebaran perkerasan pada tikungan

Jari - jari kelengkungan R (m)		Pelebaran per lajur (m)
Kelas 1	Kelas 2, 3, 4	
$280 > R \geq 150$	$160 > R \geq 90$	0,25
$150 > R \geq 100$	$90 > R \geq 60$	0,50
$100 > R \geq 70$	$60 > R \geq 45$	0,75
$70 > R \geq 50$	$45 > R \geq 32$	1,00
	$32 > R \geq 26$	1,25
	$26 > R \geq 21$	1,50
	$21 > R \geq 19$	1,75
	$19 > R \geq 16$	2,00
	$16 > R \geq 15$	2,25

6. Pandangan bebas pada tikungan

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

Besarnya jarak pandangan bebas dapat dihitung dari rumus :

$$E = d^2 / 8R$$

E = Jarak pandangan bebas pada tikungan (m)

d = jarak pandangan henti (m)

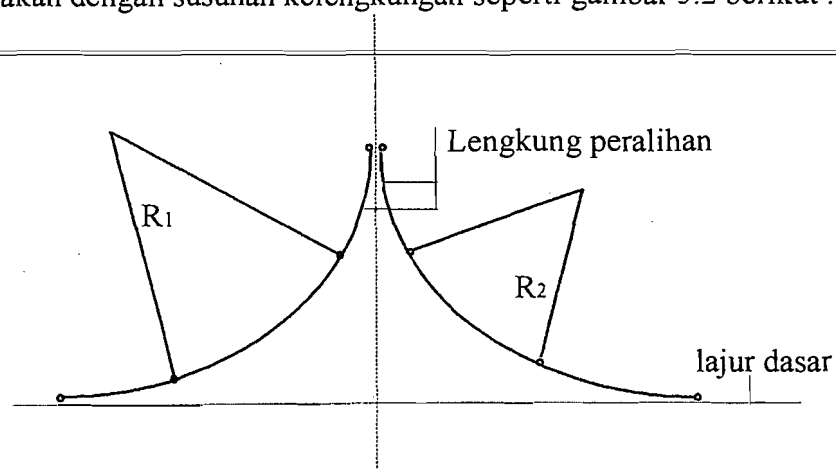
R = jari - jari tikungan (m)

7. Jalan Penghubung (“Ramp”)

Bentuk jalan penghubung bisa berupa loop, hubungan langsung dan hubungan setengah langsung, pengoperasian loop hubungan langsung dibuat satu arah. Sedang loop setengah langsung setelah menggabung membentuk dua arah. Bentuk dari masing - masing sambungan jalan penghubung adalah sebagai berikut :

1. Jalan Penghubung Langsung (“Direct ramp”)

Bentuk sambungan jalan penghubung (“direct ramp ⁿⁿconection”) langsung harus memungkinkan kecepatan rencana yang cukup tinggi. Alinyemen direncanakan dengan susunan kelengkungan seperti gambar 5.2 berikut :



Gambar 5.2 : Susunan kelengkungan jalan penghubung langsung

Panjang busur peralihan bisa dibuat simetris atau tidak sama panjang, maka tiap parameter lengkung peralihan (A) dapat dibuat berbeda.

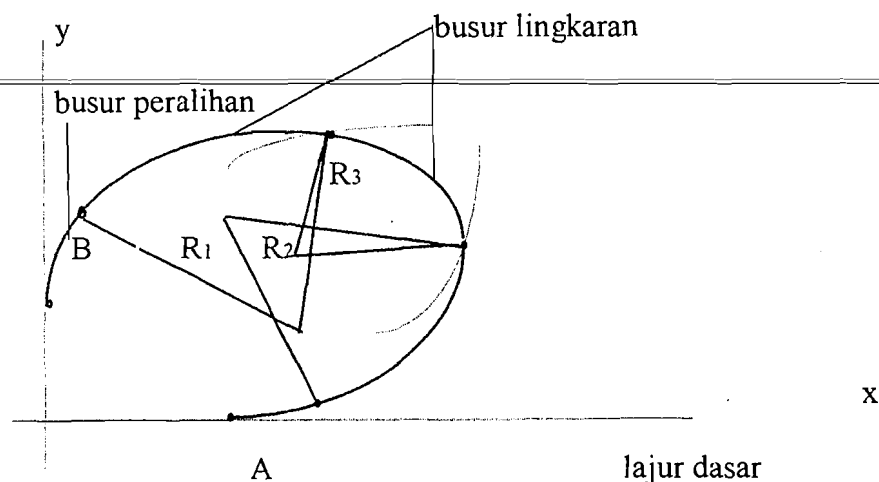
2. Jalan Penghubung melingkar (“Loop ramp”)

Jalan penghubung berbentuk melingkar sehingga mempunyai kecepatan rencana mendekati minimum disebabkan kelengkungan yang tajam .

Alinyemen yang sesuai adalah menggunakan lengkung melingkar gabungan (“compound circular curves”), yaitu gabungan busur - busur lingkaran dengan perbandingan jari - jari secara berurutan dan perbandingan jari - jari tidak lebih dari 1,50. Ada beberapa tipe yang lazim dipergunakan yaitu :

- Lengkung gabungan dengan tiga pusat

Bila arah kaki - kaki x dan y telah ditetapkan, dengan memilih R_1 , R_2 dan R_3 yang sesuai dengan kriteria perancangan, maka titik - titik A dan B diperoleh dengan menggeser - geser lengkungan sehingga menghasilkan luas yang terkecil (lihat gambar 5.3)



Gambar 5.3 : Tipe lengkung melingkar gabungan dengan tiga pusat

Panjang minimum busur lingkaran untuk lengkung gabungan ditunjukkan oleh tabel 5.8 dan 5.9 berikut :

Tabel 5.8 : Panjang busur lingkaran untuk lengkung gabungan

Jari - jari R (m)	30	50	60	75	100	125	150 ≤
Panjang busur lingkaran (m)							
Minimum	12	15	20	25	30	35	45
Dianjurkan	20	20	30	35	45	55	60

Sumber : AASHTO 1994

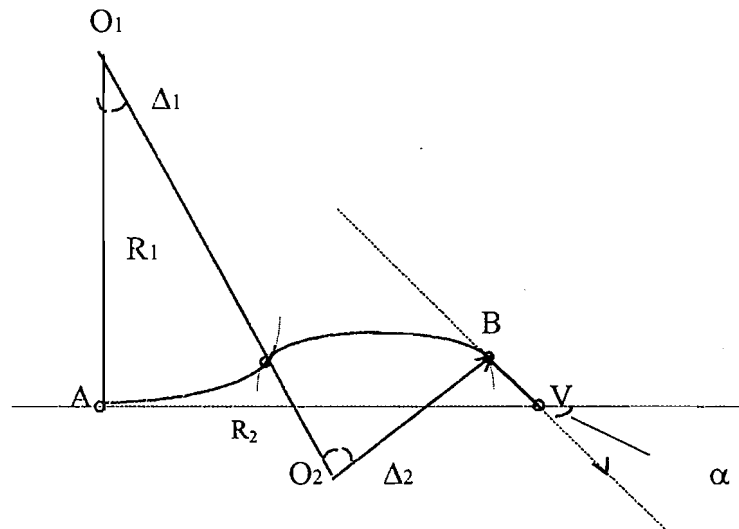
Tabel 5.9 : Panjang minimum spiral untuk lengkung gabungan

Kecepatan rencana (km/h)	30	40	50	60	70
Jari - jari minimum	25	50	80	125	160
Asumsi C	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8
Perhitungan panjang spiral (m)	19	25	33	41	57
Penentuan panjang minimum	20	25	35	45	60
lingkung spiral (m)					
Hubungan busur lingkaran dan tangen (m)	0.7	0.7	0.7	0.8	0.9

Sumber : AASHTO 1994

3. Jalan Penghubung Setengah Langsung (“Semi direct ramp”)

Bentuk umum Jalan penghubung setengah langsung adalah alinyemen utama berbentuk lengkung berbalik (“reverse curve”), susunan lengkung adalah seperti pada gambar 5.4 berikut :



Gambar 5.4 : Jalan penghubung setengah langsung

rumus - rumus yang dipergunakan :

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{1 - \cos 1/2 \alpha}{1 + \cos 1/2 \alpha} = \tan^2 1/2 \alpha$$

$$\text{Vers } \Delta_1 = \frac{r_2 \cdot \text{Vers } \alpha + VB \sin \alpha}{r_1 + r_2}$$

$$\Delta_2 = \Delta_1 + \alpha$$

$$VA = VB \cos \alpha + r_2 \sin \alpha + (r_1 + r_2) \sin \Delta_1$$

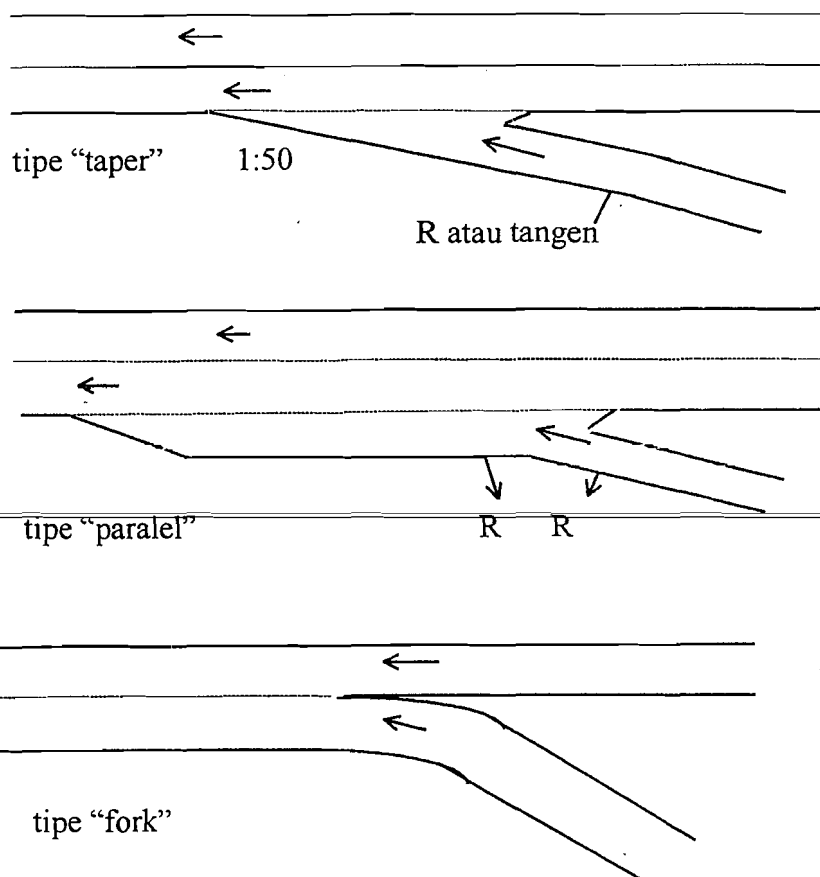
Bila ditentukan VB, α , r_1 dan r_2 , maka dapat dihitung VA, Δ_1 dan Δ_2 .

8. Terminal Jalan Penghubung

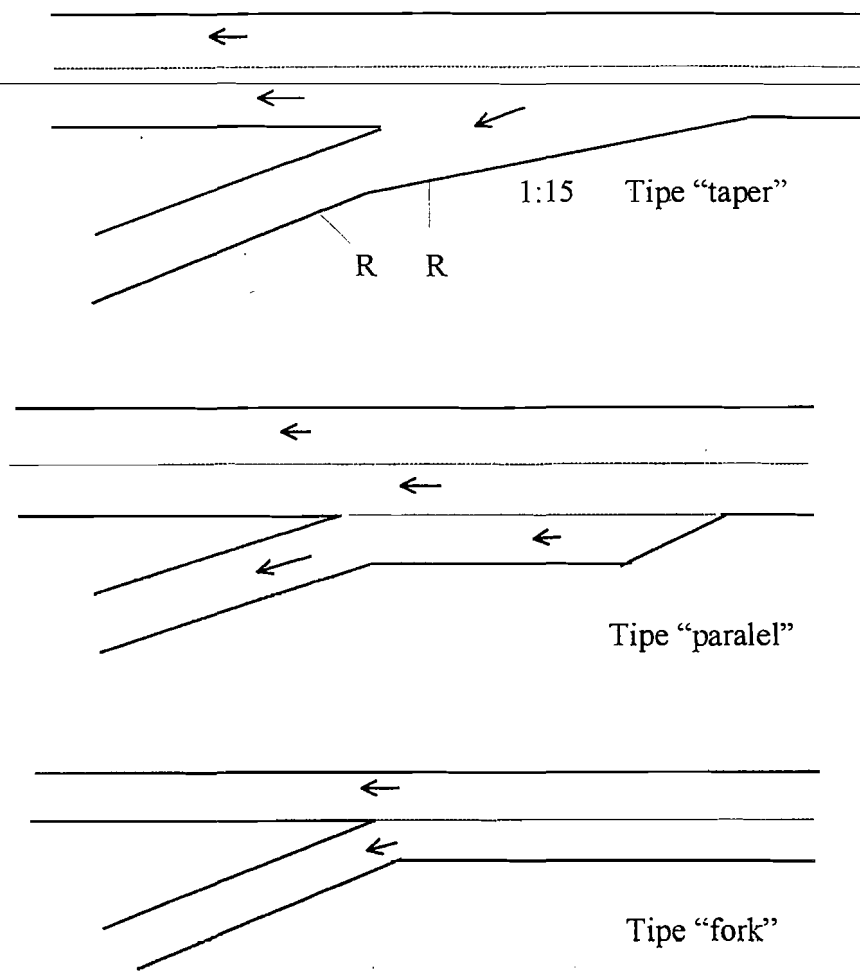
Terminal jalan penghubung direncanakan agar dapat mengalirkan arus lalu lintas dengan kecepatan tinggi, sehingga lebih disukai tipe aliran bebas ("free flow"). Ujung terminal berbentuk runcing ("taper") atau sejajar ("paralel").

Ada beberapa bentuk terminal jalan penghubung, dapat dikelompokkan atas terminal masuk dan terminal keluar. Masing - masing kelompok dikenal ada tiga tipe yaitu tipe runcing ("taper"), tipe sejajar ("paralel") dan tipe "fork".

Ketiga tipe di atas dapat dilihat pada gambar 5.5 dan gambar 5.6 berikut :



Gambar 5.5 : Tipe terminal masuk



Gambar 5.6 : Tipe terminal keluar

9. Lajur perubahan kecepatan

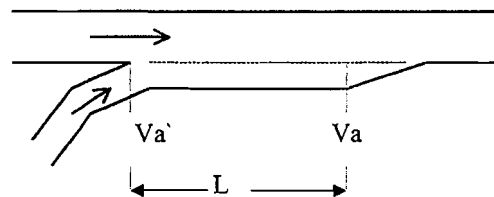
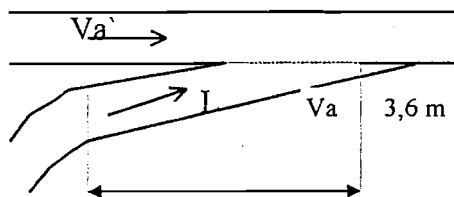
Lajur perubahan kecepatan berbentuk lajur tambahan yang digabungkan pada tepi perkerasan jalan utama yang menerus, lajur perubahan kecepatan ini dapat berupa lajur percepatan ("acceleration lane") atau lajur perlambatan ("deceleration lane").

Faktor - faktor yang mempengaruhi pemilihan bentuk lajur perubahan kecepatan adalah : kecepatan rancana, volume kapasitas, tipe jalan, tingkat pelayanannya, keamanan dan pertimbangan lainnya atas dasar pengalaman.

Pada umumnya ada dua tipe yaitu tipe lajur perlambatan dan tipe lajur percepatan, seperti pada gambar 5.5 dan 5.6. Lebar lajur perubahan kecepatan disesuaikan dengan lebar jalan penghubung yaitu 4,50 m. Panjang lajur perubahan kecepatan tergantung daripada selisih kecepatan yang hendak dicapai antara kecepatan pada lajur utama dengan kecepatan pada jalan penghubung. Untuk menentukan panjang lajur perubahan kecepatan dapat menggunakan tabel 5.9 dan 5.10. (sumber : AASHTO 1994)

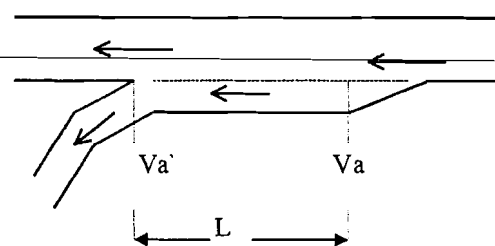
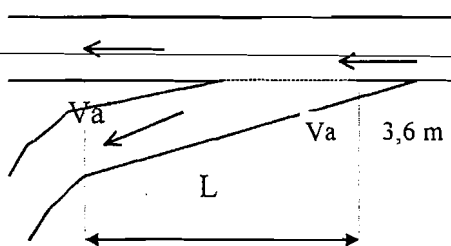
Tabel 5.10 : Panjang lajur percepatan

Kecepatan rencana jalan utama V (km/h)	Kecepatan ujung ramp V_a (km/h)	Panjang minimum lajur percepatan L (m)							
		Untuk kecepatan awal terminal masuk, V_a' (km/h)							
		0	20	30	40	50	60	70	80
50	37	60	-	-	-	-	-	-	-
60	45	100	85	70	-	-	-	-	-
70	53	145	125	110	85	50	-	-	-
80	60	195	180	165	135	100	55	-	-
90	67	275	260	240	210	175	130	50	-
100	75	370	345	330	300	265	220	145	55
110	81	430	405	390	360	330	285	210	120
120	88	520	505	500	470	445	400	335	245



Tabel 5.11 : Panjang lajur perlambatan

Kecepatan rencana jalan utama V (km/h)	Kecepatan ujung ramp Va (km/h)	Panjang minimum lajur perlambatan L (m)							
		Untuk kecepatan awal terminal keluar, Va' (km/h)							
		0	20	30	40	50	60	70	80
50	4	75	70	60	45	-	-	-	-
60	55	95	90	80	65	55	-	-	-
70	63	110	105	95	85	70	55	-	-
80	70	130	125	115	100	90	80	55	-
90	77	145	140	135	120	110	100	75	55
100	85	170	165	155	145	135	120	100	60
110	91	180	180	170	160	150	140	120	105
120	98	200	195	185	175	170	155	140	120

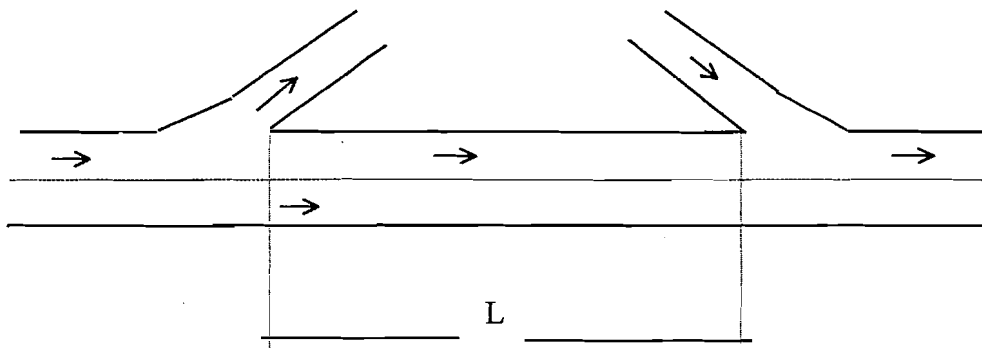


10. Nose Offset

Nose offset disediakan untuk melayani adanya pengemudi yang kurang hati-hati yaitu memasuki lajur yang keluar, sehingga untuk kembali ke lajur semula. Nose offset besarnya 0,75 m dianggap cukup baik.

11. Jarak terminal yang berurutan

Jarak antara dua terminal yang berurutan harus cukup untuk memberi kesempatan pengemudi untuk mengamati rambu - rambu lalu lintas dengan baik dan juga untuk menyediakan panjang lajur perubahan kecepatan secara penuh (lihat gambar 5.7).



Gambar 5.7 : Terminal keluar dan masuk berurutan

Bila dua terminal yaitu terminal masuk dan keluar berurutan maka jarak minimum untuk jalan Tol menurut AASHTO 1994 adalah 600 m.

12. Jarak antara terminal keluar dengan bangunan

Diperlukan untuk memberi cukup pandangan bagi pengemudi untuk melihat terminal keluar. Jarak minimum yang diambil adalah 1,5 kali panjang minimum lajur perubahan kecepatan.

13. Kesenambungan lajur ("lane balance")

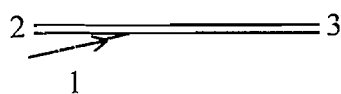
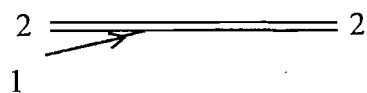
Agar memberikan pelayanan yang efisien terutama untuk lalu lintas menerus, maka harus dibuat keseimbangan dalam jumlah lajur lalu lintas yang ada.

Jumlah lajur lalu lintas utama yang diperoleh dari hasil perhitungan volume lalu lintas dan kapasitas rencana, harus diperiksa keseimbangan dengan mengambil asumsi sebagai berikut :

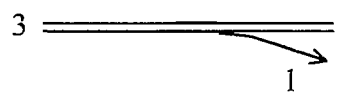
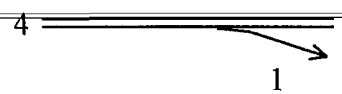
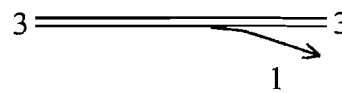
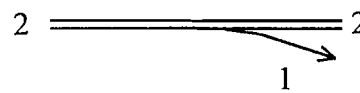
1. Jumlah lajur setelah pertemuan dua arus lalu lintas tidak boleh lebih kecil dari jumlah kedua arus tersebut, dikurangi satu lajur.
2. Bila arus yang masuk mempunyai dua lajur, maka lalu lintas menerus setelah titik pertemuan harus mempunyai jumlah lajur minimum satu lebih besar dari jumlah lajur sebelum titik pertemuan.

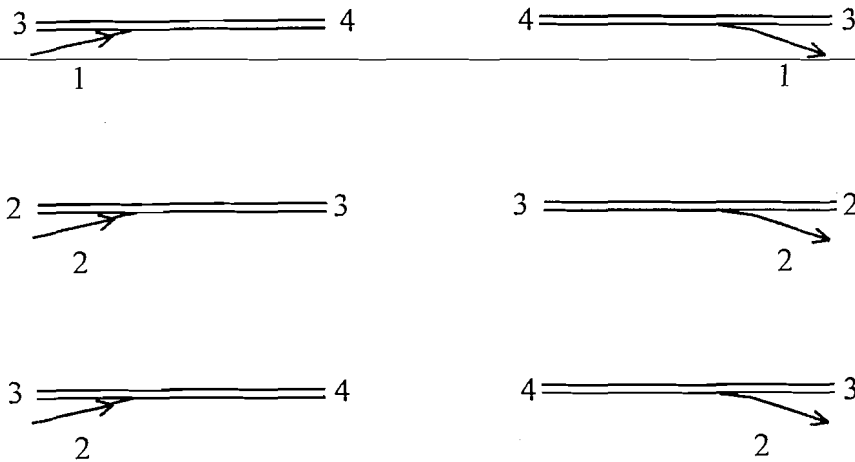
Selengkapnya dapat dilihat pada gambar 5.8 berikut :

Diverging



Merging



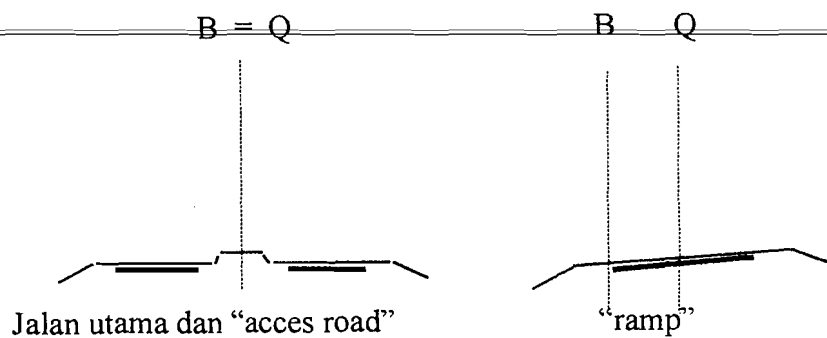


Gambar 5.8 : Kesinambungan lajur

14. Garis dasar (base lane)

Untuk perancangan alinyemen, garis yang dipergunakan merupakan garis dasar, yaitu garis tunggal untuk dasar penetapan kelengkungan dari stasioning, dengan ketentuan dan gambar 5.9 berikut :

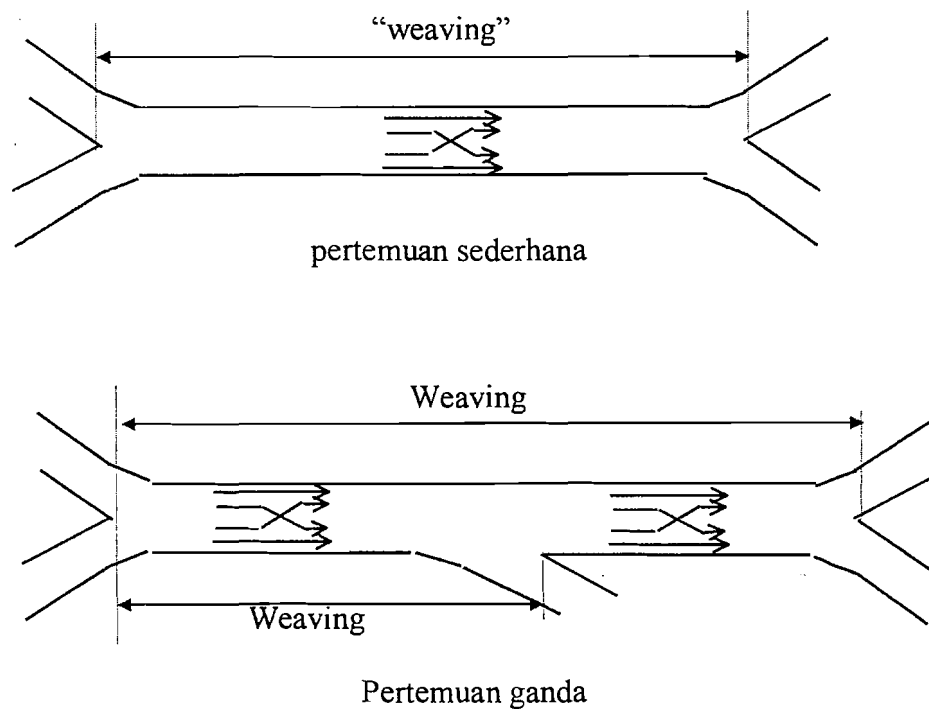
- jalan utama : garis dasar adalah sumbu dari total lebar jalan.
- jalan penghubung : garis dasar adalah tepi perkerasan kiri lalu lintas.
- jalan keluar masuk : garis dasar adalah sumbu dari total lebar jalan.



Gambar 5.9 : Garis dasar

15. Daerah Pertemuan (“weaving”)

Yang dimaksud dengan daerah pertemuan adalah daerah dimana terjadi pergerakan arus lalu lintas searah yang saling memotong untuk berpisah lajur, biasanya daerah pertemuan ini terjadi diantara “ramp” yang bergabung (lihat gambar 5.10).



Gambar 5.10 : Daerah Pertemuan

Dengan adanya pertemuan ini, volume lalu lintas yang dapat ditampung daerah tersebut menjadi berkurang dan dapat timbul kecelakaan, sehingga dalam perancangannya harus memperhatikan hal - hal berikut :

- a. Panjang minimum daerah pertemuan.
- b. Kapasitas dan jumlah lajur yang diperlukan.
- c. Volume lalu lintas yang menerus dan menyilang.



Panjang daerah pertemuan pada proyek ini tidak perlu dihitung karena daerah tersebut berada di Tol plaza, sehingga kecepatan kendaraan di daerah ini menjadi pelan ($V \cong 0$)

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 : 4 %
- landai maksimum jalan penghubung : 5 %
- landai maksimum untuk keperluan drainasi : 0,5 %

Pembatasan kelandaian 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 5.12 : Panjang landai kritis

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

2 Panjang minimum lengkung vertikal

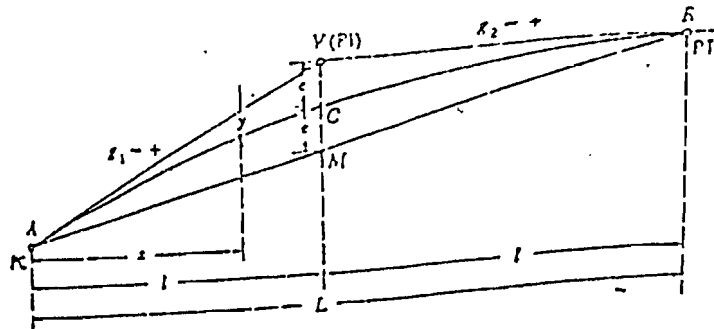
Lengkung ini digunakan untuk merubah secara bertahap antara dua macam kelandaian, agar diperoleh keamanan, kenyamanan dan memenuhi persyaratan drainasi yang baik. Lengkung vertikal ini pada dasarnya ada dua tipe yaitu lengkung vertikal cembung dan lengkung vertikal cekung (lihat gambar 5.11). Persamaan lengkung yang dipergunakan adalah lengkung parabola sederhana tingkat - 2 yaitu:

$$y = \left(\frac{x}{0,5 \cdot Lv} \right)^2$$

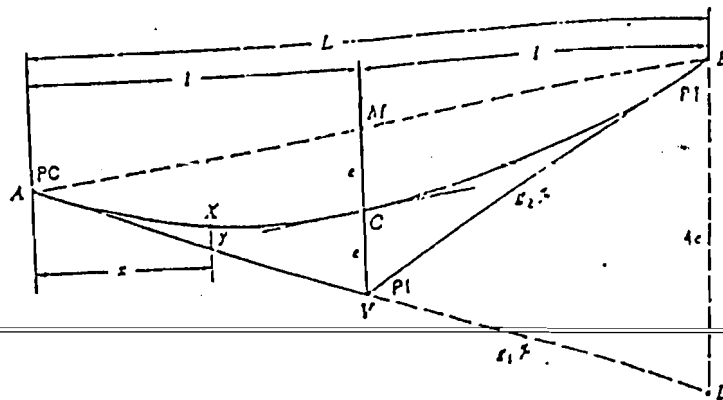
$$A = G_2 - G_1$$

$$Ev = A \cdot \frac{Lv}{800}$$

Lengkung vertikal cembung



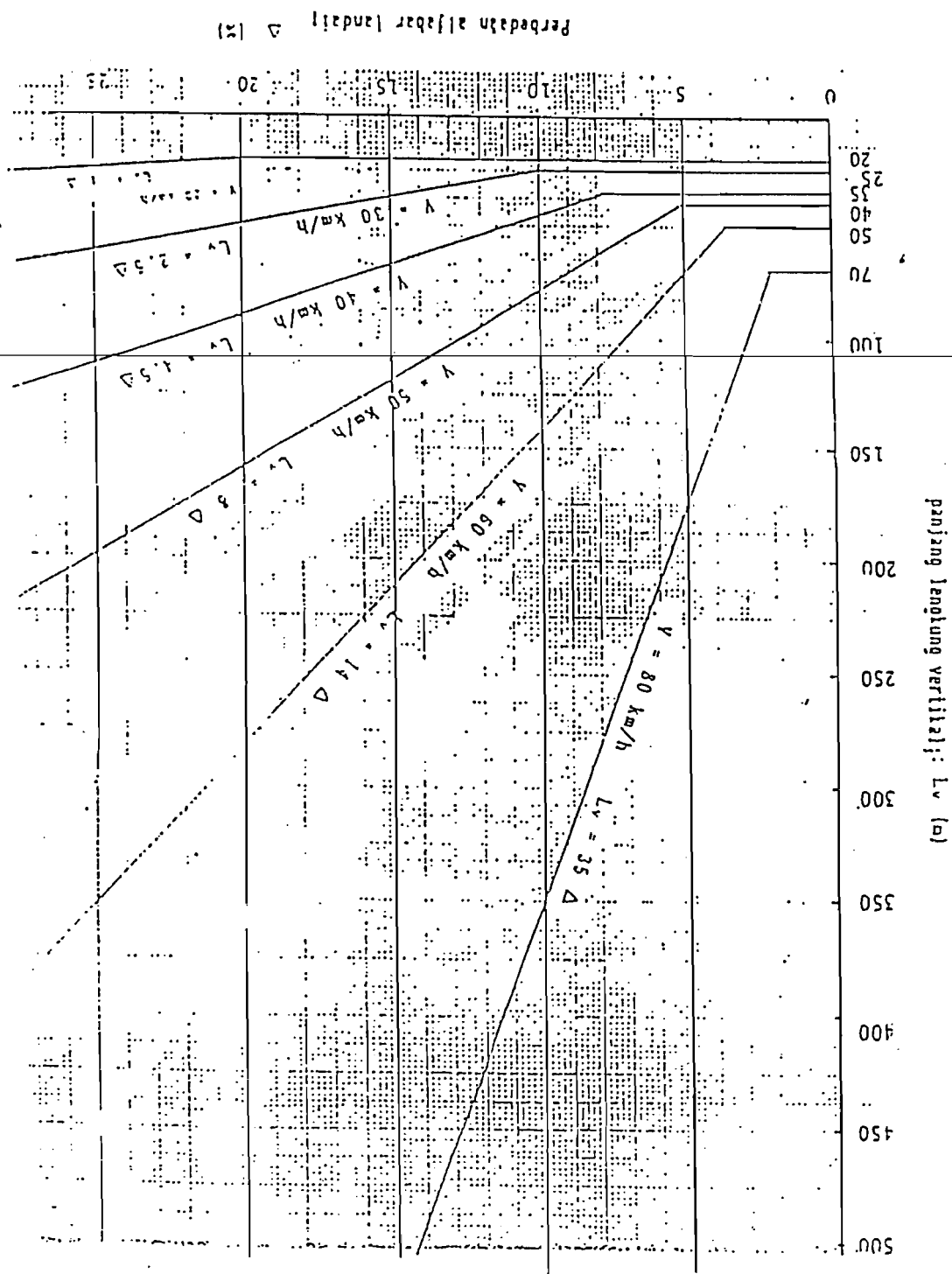
Lengkung vertikal cekung



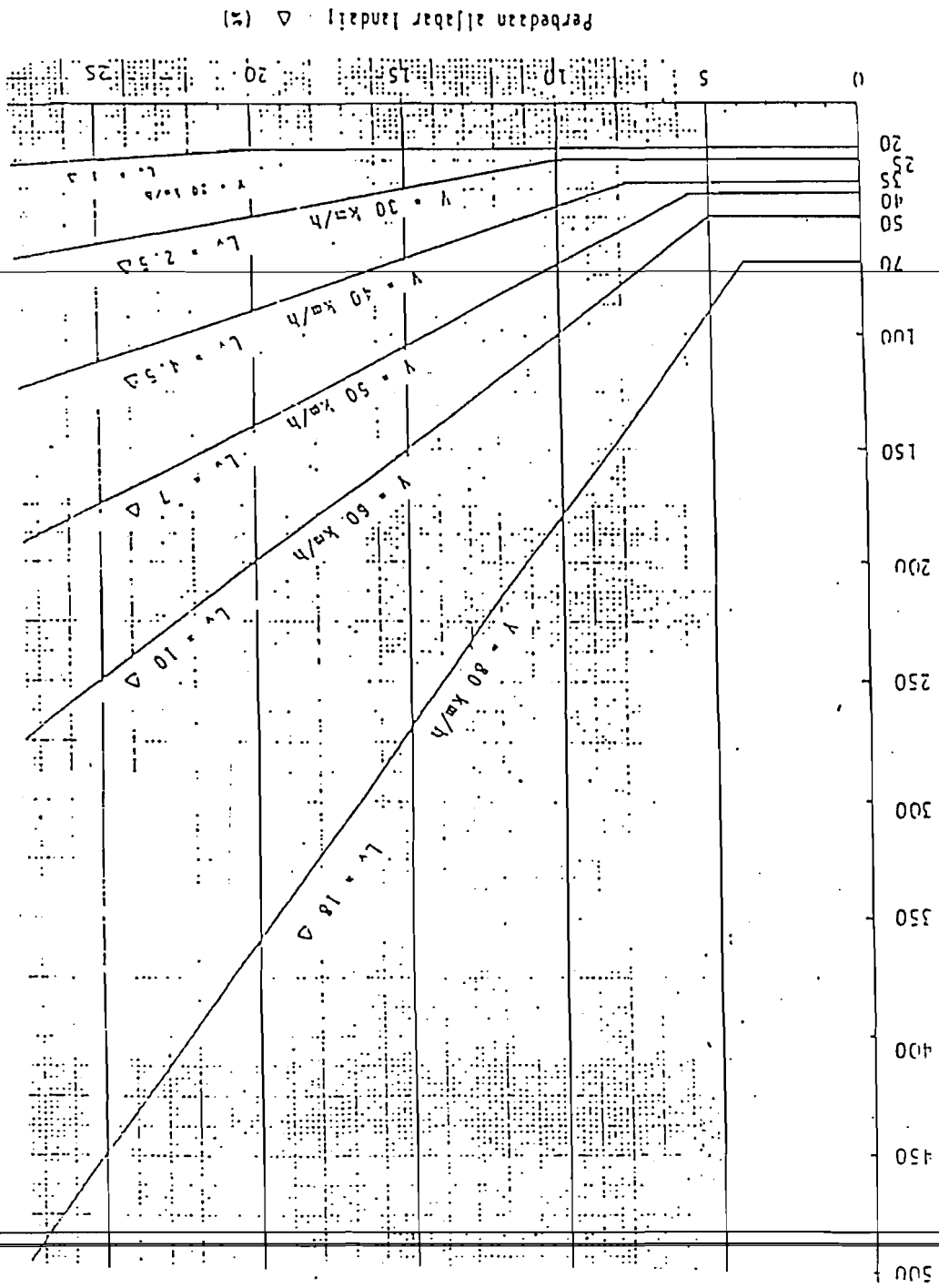
Gambar 5.11 : Lengkung vertikal cembung dan lengkung vertikal cekung

Panjang minimum lengkung vertikal, dapat ditentukan menurut grafik 5.4 dan 5.5 berikut, sesuai dengan standar perancangan Bina Marga.

Grafik 5.1 : Panjang lengkung vertikal cembung

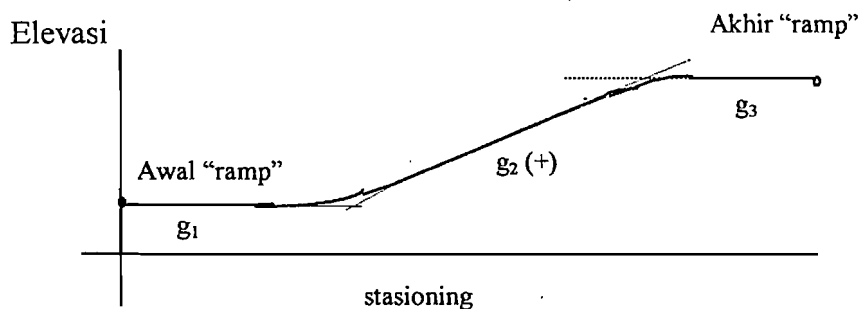


Grafik 5.2 : Panjang lengkung vertikal cekung



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 5.12).



Gambar V.12 : Profil “ramp”

5.2 Perhitungan Geometrik

Dalam perancangan jalan, standar perancangan mengambil beberapa sumber selain Standar Perencanaan Bina Marga. Pertama - tama dalam perancangan “Interchange” adalah memilih “base line” dari masing - masing kaki simpang susun dengan memperhatikan kriteria perancangan yang telah ditetapkan.

Berdasarkan gambar situasi/topografi skala 1 : 1000, dibuat sket rencana trase “ramp” simpang susun dengan beberapa alternatif. Kemudian diadakan peninjauan lapangan untuk melihat kemungkinan - kemungkinan penerapannya, pemilihan alternatif didasarkan pada:

1. Bentuk terbaik

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

Titik persilangan (“over pass”) antara jalan utama dengan “ramp” ditetapkan, sebut titik 0. Umumnya pemilihan dengan cara coba - coba yaitu dengan melakukan peninjauan dari alternatif yang ada, dalam hal ini dipilih pada Sta. 24 + 350.

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 rencana 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 - 120 km/jam, maka kecepatan rencana di “ramp” berkisar antara 40 - 60 km/jam.

5.2.1.2 Jarak pandang henti

Jarak pandang henti pada “ramp” untuk kecepatan rencana 40 km/jam diambil sebesar 40 meter, 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 4,50 meter untuk satu lajur.

b. Lebar bahu.

Bahu jalan disediakan disebelah kiri pada “ramp” satu arah (“one way ramp”), sedangkan bahu disebelah kanan disediakan sebagai kebebasan samping (“lateral clearance”).

diambil: lebar bahu kiri = 2,00 meter.

lebar bahu kanan = 0,25 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 2,5 % dan 4,0 %.

e. Superelevasi.

Harga superelevasi maksimum dan syarat pencapaiannya diambil sesuai dengan standar perencanaan Bina Marga yaitu sebesar 10 %.

f. Landai relatif maksimum.

Landai relatif antara tepi perkerasan dan garis sumbu diambil 1 : 120.

g. Pemberian nama.

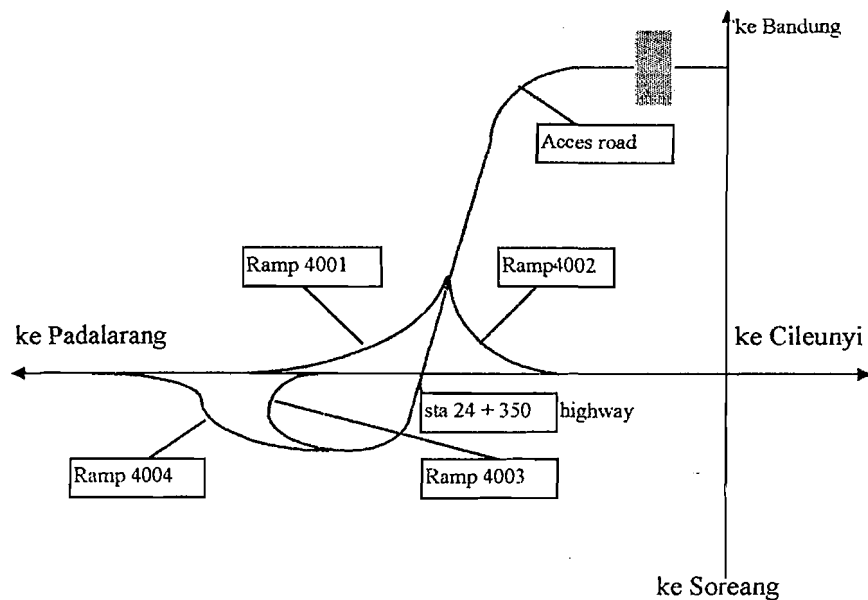
Tipe “Interchange” yang dipilih adalah tipe trumpet (gambar 5.15), untuk memudahkan pembahasan selanjutnya ditetapkan penamaan masing - masing bagian sebagai berikut:

- ◆ Jalan utama untuk lalu lintas menerus disebut: “Highway”

- ◆ Jalan keluar masuk yang menghubungkan ke jalan Kopo disebut:

“Acces road”

- ◆ Jalan penghubung dari Padalarang ke Bandung disebut : “Ramp 4001”
- ◆ Jalan penghubung dari Bandung ke Cileunyi disebut : “Ramp 4002”
- ◆ Jalan penghubung dari Cileunyi ke Bandung disebut : “Ramp 4003”
- ◆ Jalan penghubung dari Bandung ke Padalarang disebut : “Ramp 4004”



Gambar 5.13 : Lay Out simpang susun Kopo

5.2.1.4 Alinyemen horizontal

a. Jari - jari minimum.

Diambil sesuai dengan standar perencanaan 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 miring tikungan sebesar 420 meter.

R = jarak antara tangen utama dengan lengkung lingkaran

x_m, y_m = koordinat M.

τ = sudut tangen, yaitu sudut antara tangen di P dengan sumbu horisontal.

σ = sudut polar P.

TK, TL = panjang tangen.

S_o = jari - jari polar.

N = panjang normal.

u = panjang proyeksi TK pada tangen utama.

v = panjang proyeksi N pada tangen utama.

$T = x + v = (TL + u = v)$.

Jika dL, dC, dx dan dy merupakan harga differensiabel terhadap L, C, x dan y maka dapat dinyatakan :

$$\left. \begin{aligned} dL &= R.d\tau \\ dx &= dL \cdot \cos \tau, \text{ dan} \\ dy &= dL \sin \tau \end{aligned} \right\} \text{-----} (1)$$

Bila dinyatakan hubungan $R.L = A_2$, maka persamaan dapat ditulis,

$$dL = (A_2 / L).d\tau \text{-----} (2)$$

Persamaan (2) merupakan Integral tertentu dengan syarat - syarat batas pada titik awal : $\tau = 0$ dan $L = 0$; akan diperoleh:

$$L_2 = 2.A_2.\tau \text{-----} (3)$$

dengan demikian diperoleh :

$$\tau = L_2/2.A_2 = L/2.R$$

$$R A_2/L = A/(2.\tau)^2 \quad (4)$$

dengan eliminasi persamaan (1), (2), (3) dan (4) akan diperoleh :

$$dx = dL \cos \tau = \dots \text{dst}$$

Untuk keperluan perencanaan telah disusun tabel- tabel untuk menghitung besaran - besaran elemen lainnya.

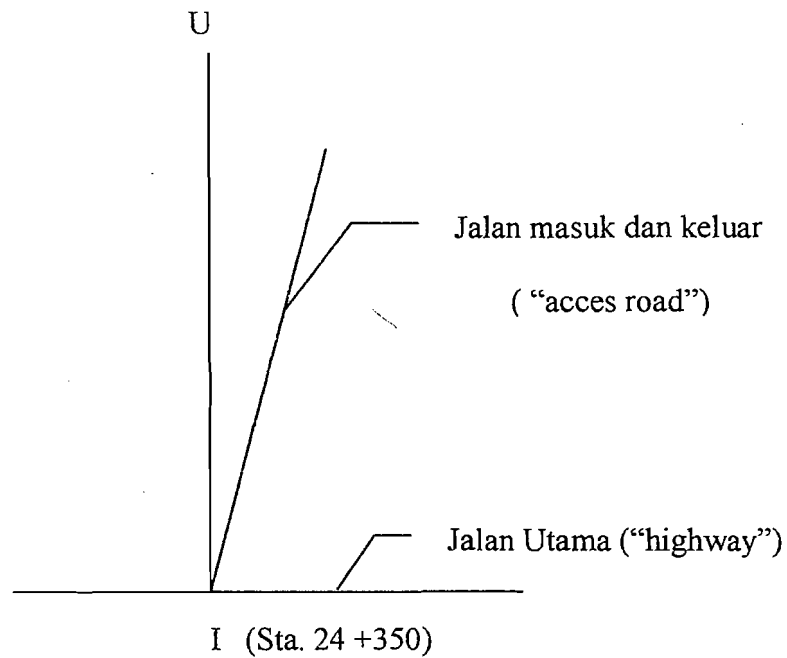
5.2.1.5 Panjang lajur perubahan kecepatan

- a. Panjang minimum lajur percepatan, didasarkan pada kemampuan percepatan kendaraan rencana (S.U), dengan asumsi bahwa kecepatan pada "ramp" sebesar 60 km/jam (40 mph) dipercepat sampai 96 km/jam (60 mph) pada akhir lajur ramp, bila dibandingkan dengan kecepatan pada highway 120 km/jam dianggap cukup aman (80 % kecepatan "highway"). Berdasarkan Tabel 5.10, akan diperoleh total panjang jalur kecepatan sebesar 400 meter.
- b. Panjang minimum jalur perlambatan dengan menggunakan Tabel 5.11, dengan kecepatan awal 120 km/jam diperlambat sampai 60 km/jam maka akan diperoleh panjang lajur perlambatan sebesar 155 meter.

5.2.2 Perhitungan Alinyemen Horisontal

Penamaan jalan penghubung pada Simpang Susun Kopo :

Dari data konsultan didapat :



Gambar 5.15 : Azimut simpang susun

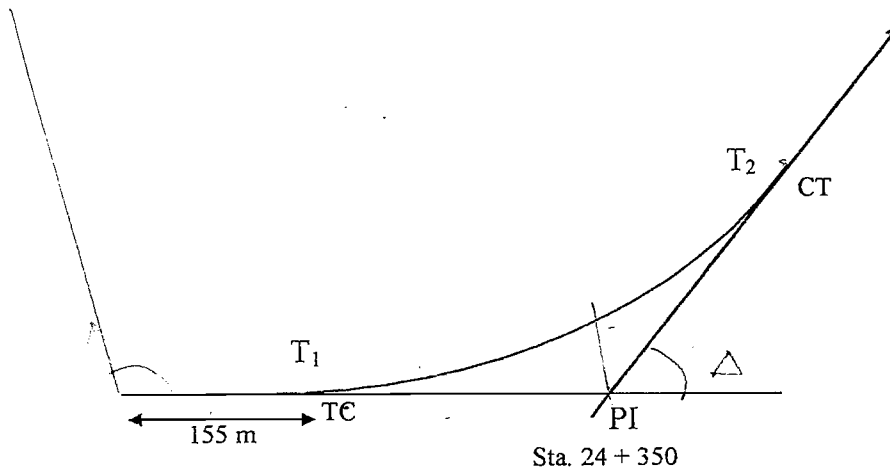
Titik I terletak pada jalan Tol Padalarang – Cileunyi

mempunyai koordinat (10787,224 ; - 13095,934) merupakan titik perpotongan jalan tol dan jalan keluar masuk.

Azimuth Jalan keluar masuk = $38,65958^\circ$

Jalan utama = $114,83916^\circ$

5.2.2.1 Ramp 4001 / ramp C



Gambar 5.16 : Lengkung horisontal ramp 4001

Koordinat PI (10797,224 ; -13095,934), sta 24 + 350

PC (10577,645 ; -12994,992)

CT (10948,373 ; -12906,992)

Titik PI terletak pada Jalan Tol Padalarang – Cileunyi, merupakan titik perpotongan antara jalan utama dan jalan keluar masuk

$$\text{Azimuth} = \arctan \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

Azimuth jalan keluar masuk = $38,65958^\circ$

Jalan utama = $115,01783^\circ$

$$\Delta = 115,01783^\circ - 38,65958^\circ = 76,17958^\circ$$

Dirancang lengkung horisontal Full Circle :

Kecepatan rencana = 60 km/jam

e maks = 10 %

lebar jalan 4,5 m, $e_n = 2,5 \%$

dirancang R = 300m

Dari tabel Bina Marga 1990 didapat $e = 0,037$; $L_s = 50$ m

$$T_c = R \cdot \operatorname{tg} \frac{1}{2} \Delta = 300 \operatorname{tg} \left(\frac{76,17958}{2} \right) = 235,1437 \text{ m}$$

$$E_c = R \cdot \sec \frac{\alpha}{2} - R = 300 \sec \left(\frac{76,17958}{2} \right) - 300 = 81,1726 \text{ m}$$

38,08979

$$L_c = 0,01745 \cdot \Delta \cdot R = 0,01745 \cdot 76,17958 \cdot 300 = 398,80 \text{ m}$$

Panjang jalur perlambatan minimal 155 m (AASIIITO1994), dipakai 155 m.

Stationing :

$$\text{Sta TT}_1 = \text{Jalan utama } (24 + 350) - 235,1437 - 155$$

$$= \text{Jalan utama } . 23 + 959,866 \text{ atau Ramp } 1.0 + 000$$

$$\text{Sta TC} = \text{Ramp } 1.0 + 155$$

$$\text{Sta CT} = \text{Ramp } 1.0 + (155 + 398,88)$$

$$= \text{Ramp } 1.0 + 553,38$$

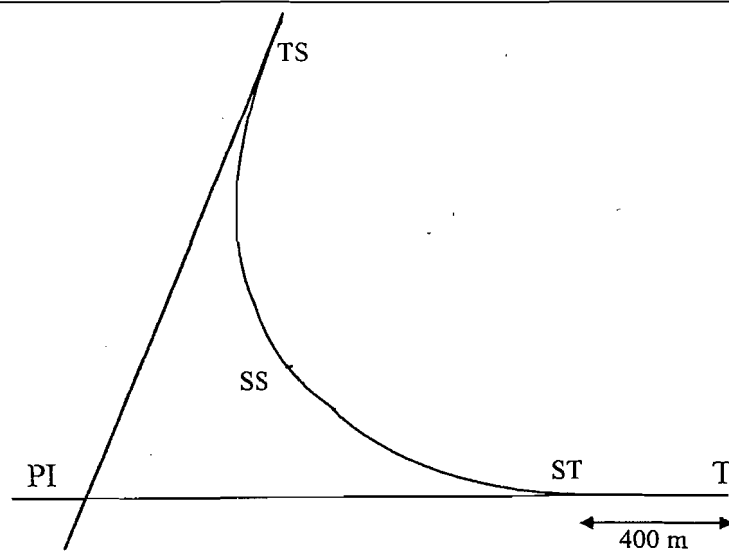
$$\text{Sta TT}_2 = \text{Ramp } 1.0 + (553,38 + 155)$$

$$= \text{Ramp } 1.0 + 708,88$$

71,5

48,33

5.2.2.2 Ramp. 4002.



Gambar 5.17 : Lengkung horisontal Ramp 4002

$$V = 60 \text{ km/jam.}$$

$$\Delta = 103,82342^\circ$$

Direncanakan lengkung horisontal Spiral – Spiral :

$$R = 130 \text{ m.}$$

$e_n = 2,5 \%$. (daerah Bandung diambil 2,5 %, karena curah hujan cukup tinggi).

$e = 9,8 \%$. (tabel Bina Marga '90).

$$\theta_s = \frac{1}{2} \Delta = 51,91021^\circ$$

$$L_s = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R}{90} = \frac{51,91021^\circ \cdot \pi \cdot 130}{90} = 133,7 \text{ m} \quad \times 235,56101$$

$$L_s \text{ min} = m (e_n + e) B.$$

$$= 1,25 (0,025 + 0,098) 4,5 = 69,1875 \text{ m}$$

$$L_s > L_s \text{ min}$$

$$p = \frac{L_s^2}{6.R} = \frac{(133,7)^2}{6.130} = 130.(1 - \cos 51,91021^\circ)$$

$$= 8,781 \text{ m.}$$

$$k = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40.R^2} \right) - R.\sin\theta = 133,7 \left(1 - \frac{(133,7)^2}{40.(130)^2} \right) - 130.\sin 51,91021^\circ$$

$$= 29,31 \text{ m.}$$

$$L = 2.L_s = 2.133,7 = 467,4 \text{ m.}$$

$$T_s = (R + p).\operatorname{tg} \frac{\theta_s}{2} + k = (130 + 8,781).\operatorname{tg} \frac{51,91021^\circ}{2} + 29,31$$

$$= 206,37 \text{ m}$$

$$E_s = (R + p).\operatorname{sec} \frac{\theta_s}{2} - R = (130 + 8,781).\operatorname{sec} \frac{51,91021^\circ}{2} - 130$$

$$= 94,967 \text{ m}$$

Stasioning :

$$\text{Sta. TT}_1 = \text{Sta. (24 + 350)} + T_s + \text{lajur percepatan.}$$

$$= \text{Sta. (24 + 350)} + 206,37 + 400 = 24 + 956,39$$

atau Ramp 2. 0 + 000

$$\text{Sta. T}_1\text{S} = \text{Sta. TT}_1 - \text{lajur percepatan} = \text{Ramp.2. 0 + 000} - 400$$

$$= \text{Ramp.2. 0} - 400$$

$$\text{Sta. SS} = \text{Ramp.2. (0} - 400) - 133,7 = \text{Ramp.2. 0} - 533,7$$

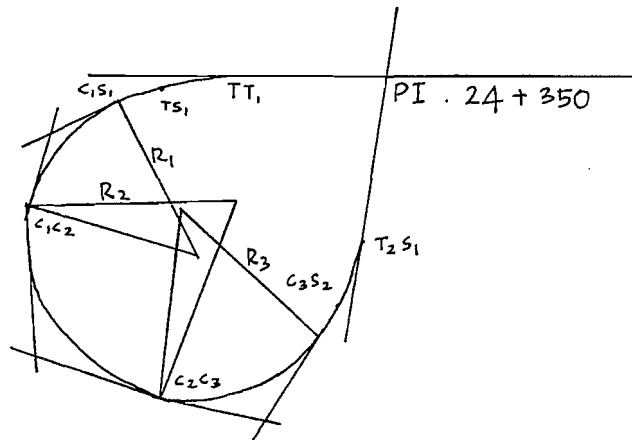
$$\text{Sta. ST} = \text{Ramp.2.}(0 - 533,7) - 133,7 = \text{Ramp.2. } 0 - 667,4$$

$$\text{Sta. T}_2\text{T} = \text{Ramp.2.}(0 - 667,4) - 155 = \text{Ramp.2. } 0 - 822,4$$

Keterangan:

- Panjang lajur percepatan minimum 400 m (AASHTO1994), digunakan 400 m.
- Panjang lajur perlambatan minimum 155 m (AASHTO1994), digunakan 155 m.

5.2.2.3 Ramp 4003



Gambar 5.18 : Lengkung horisontal ramp 4003

Dirancang menggunakan tipe lengkung gabungan dengan tiga pusat bentuk lengkung Spiral - Circle - Circle - Circle - Spiral.

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

$$R_1 = 90 \text{ m} \quad ; R_2 = 120 \text{ m} \quad ; R_3 = 140 \text{ m}$$

Perhitungan pada lengkung pertama $R_1 = 90 \text{ m}$, dari tabel Bina Marga '90

didapat : $e = 7\%$, digunakan $e_n = 2,5\%$

$$\text{Azimuth} = \text{arc tg} \frac{\Delta x}{\Delta y}$$

$$\text{Azimuth } T_1 - S_1T_1 = \text{arc tg} \frac{10273,563 - 10581,978}{-13111,822 + 13041,546} = 295,01783^\circ$$

$$\text{Azimuth } T_2 - S_2T_2 = \text{arc tg} \frac{10753,086 - 10778,076}{-13157,106 + 13125,872} = 218,65958^\circ$$

Cek perbandingan jari – jari tikungan yang berurutan :

$$R^1/R^2 = 0,75$$

$$R^2/R^3 = 0,86 \text{ (kurang dari 1,5)}$$

Bagian tangen :

Panjang lajur perlambatan minimum 155 m (AASHTO 1994).

Dipakai lajur perlambatan = 155 m.

- Bagian Spiral

$$R_1 = 90 \text{ m} ; A = 60 \text{ m}$$

Elemen - elemen lengkung spiral :

$$L_{s1} = \frac{A^2}{R} = \frac{60^2}{90} = 40 \text{ m}$$

$$\theta_s = \frac{90 \cdot L_s}{\pi R} = \frac{90 \cdot 40}{\pi \cdot 90} = 12^{\circ}43'56,62''$$

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40R^2}\right) = 40 \left(1 - \frac{40^2}{40 \cdot 90^2}\right) = 39,8025 \text{ m}$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 \cdot R} = \frac{40^2}{6 \cdot 90} = 2,9630 \text{ m}$$

$$S_o = \sqrt{X_s^2 + Y_s^2} = \sqrt{39,8025^2 + 2,9630^2} = 39,9126 \text{ m}$$

$$P = Y_s - R (1 - \cos \theta_s) = 2,9630 - 90 (1 - \cos 12^{\circ}43'56,62'') = 0,7500 \text{ m}$$

$$K = X_s - R \sin \theta_s = 39,8025 - 90 \cdot \sin 12^{\circ}43'56,62'' = 19,9667 \text{ m}$$

$$\sigma = \arctg \frac{Y_s}{X_s} = \arctg \frac{2,9630}{39,8025} = 4^{\circ}15'26,61''$$

$$T_k = \frac{Y_s}{\sin \theta_s} = \frac{2,9630}{\sin 12^{\circ}43'56,62''} = 13,4439 \text{ m}$$

$$T_L = X_s - \frac{Y_s}{\operatorname{tg} \theta_s} = 39,8025 - \frac{2,9630}{\operatorname{tg} 12^{\circ}43'56,62''} = 26,6892 \text{ m}$$

Superelevasi didapat dari tabel Bina Marga 1990

$V_r = 40 \text{ km/jam}$; $R = 90 \text{ m}$, didapat $e = 8 \%$

Pencapaian kemiringan minimum :

$$L_s = b \cdot m \cdot e = 4,5 \cdot 120 (0,08 - 0,025) = 29,7 \text{ m}$$

$$L_s = 40 \text{ m} > L_s \text{ min} = 29,7 \text{ m.}$$

Bagian lingkaran $R_1 = 90 \text{ m}$, panjang busur lingkaran (L_{c1}) mengikuti tabel 5.1

berikut: (sumber : AASHTO 1994)

Tabel 5.13 : Panjang lengkung lingkaran pada tikungan gabungan

Jari – jari (m)		30	50	60	70	100	125	150>
Panjang Lengkung	Min (m)	12	15	20	25	30	35	45
	Diinginkan (m)	20	20	30	35	45	55	60

Panjang lengkung minimum ($L_{c1 \text{ min}}$) = 30 m, dipakai $L_{c1} = 95 \text{ m}$.

$$L_{c1} = 0,01745 \cdot \Delta c_1 \cdot R$$

$$\Delta c_1 = \frac{Lc_1}{R \cdot 0,01745} = \frac{95}{90 \cdot 0,01745} = 60^{\circ}29'25,04''$$

$$Tc_1 = R \cdot \text{tg} \frac{\Delta c_1}{2} = 95 \cdot \text{tg} \frac{60^{\circ}29'25,04''}{2} = 55,3916 \text{ m}$$

$$Ec_1 = Tc_1 \cdot \text{tg} \frac{\Delta c_1}{4} = 55,3916 \cdot \text{tg} \frac{60^{\circ}29'25,04''}{4} = 14,9692 \text{ m}$$

$$\text{Azimuth } TT_1 - PIs_1 = 295,01783^{\circ} \quad (PIs_1)$$

$$\begin{aligned} \text{Azimuth } PIs_1 - S_1C_1 &= 295,01783^{\circ} - \theta_s = 295,01783^{\circ} - 12^{\circ}43'56,62'' \\ &= 282^{\circ}17'7,57'' \quad (S_1C_1) \end{aligned}$$

$$\text{Azimuth } S_1C_1 - P1c_1 = 282^{\circ}17'7,57'' \quad (P1c_1)$$

$$\text{Azimuth } P1c_1 - C_1C_2 = 282^{\circ}17'7,57'' - \Delta c_1$$

$$\begin{aligned} \text{Azimuth } P1c_1 - C_1C_2 &= 282^{\circ}17'7,57'' - 60^{\circ}29'25,04'' \\ &= 221^{\circ}47'42,5'' \quad (C_1C_2) \end{aligned}$$

$$\text{Azimuth } P1c_1 - R_1 = 282^{\circ}17'7,57'' - 90^{\circ}$$

$$= 192^{\circ}47'7,57'' \quad (R_1)$$

Mencari koordinat C_1C_2 dan R_1 , ditabelkan seperti tabel 5.14 berikut:

Tabel 5.14: Perhitungan untuk mendapatkan koordinat C_1C_2 dan R_1 .

Sta	Azimuth Panjang Tangen	$\Delta x = T \cos \alpha$ $\Delta y = T \sin \alpha$	Koordinat	
			X	Y
S_1T_1	-	-	10581,9780	-13041,546
PI_{S_1}	$295,01783^\circ$ TL = 26,6892 m	$\Delta x = -11,2869$ $\Delta y = 24,1851$	10570,6911	-13017,3609
S_1C_1	$282^\circ 17' 7,57''$ TK = 13,4439 m	$\Delta x = -2,8606$ $\Delta y = 13,1360$	10567,8305	-13004,2249
PI_{C_1}	$282^\circ 17' 7,57''$ $T_{C_1} = 55,3916$ m	$\Delta x = -11,7863$ $\Delta y = 54,1231$	10556,0442	-12950,1018
C_1C_2	$221^\circ 47' 42,5''$ $T_{C_1} = 55,3916$ m	$\Delta x = -36,9168$ $\Delta y = -41,2962$	10519,1274	-12991,3980
Titik Pusat R	$192^\circ 47' 7,57''$ $R_1 = 90$ m	$\Delta x = -19,1504$ $\Delta y = -87,9390$	10548,6801	-13092,1639

Koordinat C_1C_2 (10519,1274 ; 12991,3980)

Bagian lingkaran dengan $R = 140$ m, panjang busur lingkaran (L_{c_3}) mengikuti

tabel 5.13. Panjang lengkung busur lingkaran minimum :

$L_{c_3 \text{ min.}} = 140 \text{ feet} = 42,672 \text{ m}$, dipakai $L_{c_3} = 180 \text{ m}$

$L_{c_3} = 0,01745 \cdot \Delta c_3 \cdot R$

$$\Delta c_3 = \frac{L_{c_3}^3}{0,01745 \cdot R} = \frac{180}{0,01745 \cdot 140} = 73^\circ 40' 47,65''$$

$$T_{c_3} = R \cdot \text{tg} \frac{\Delta c_3}{2} = 140 \cdot \text{tg} \frac{73^\circ 40' 47,65}{2} = 104,8857 \text{ m}$$

$$E_{c_3} = T_{c_3} \cdot \text{tg} \frac{\Delta c_3}{4} = 104,8857 \cdot \text{tg} \frac{73^\circ 40' 47,65}{4} = 34,9314 \text{ m}$$

$$\text{Azimuth } TT_2 - PIs_2 = 218,65958^\circ \quad (PIs_2)$$

$$\begin{aligned} \text{Azimuth } PIs_2 - S_2C_3 &= 218^\circ 39' 34,4'' + \theta_s \\ &= 218^\circ 39' 34,4'' + 14^\circ 36' 58,57'' \\ &= 233^\circ 16' 33'' \quad (S_2C_3) \end{aligned}$$

$$\text{Azimuth } S_2C_3 - P Ic_3 = 233^\circ 16' 33'' \quad (P Ic_3)$$

$$\begin{aligned} \text{Azimuth } P Ic_3 - C_3C_2 &= 233^\circ 16' 33'' + \Delta c_3 \\ &= 233^\circ 16' 33'' + 73^\circ 40' 47,65'' \\ &= 306^\circ 57' 20,7'' \quad (C_3C_2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Azimuth } S_2C_3 - R_3 &= 233^\circ 16' 33'' + 90^\circ \\ &= 323^\circ 16' 33'' \quad (R_3) \end{aligned}$$

Untuk mencari koordinat C_1C_2 dan R_3 ditabelkan seperti tabel 5.15 berikut :

Tabel 5.15 : Perhitungan untuk mendapatkan koordinat C_1C_2 dan R_3

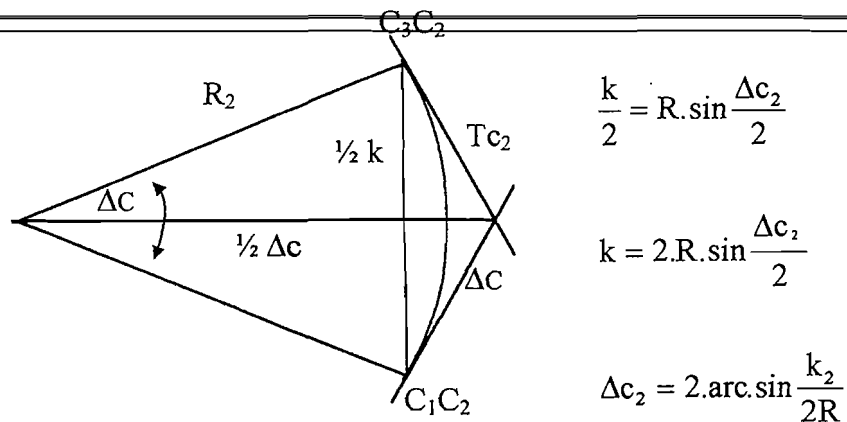
Sta	Azimuth Panjang Tangen	$\Delta x = T \cdot \cos \alpha$ $\Delta y = T \cdot \sin \alpha$	Koordinat	
			X	Y
S_2T_2	-	-	10778,0760	-13125,8720
PIs_2	218°39'34,4" TL = 47,6729 m	$\Delta x = -29,7808$ $\Delta y = -37,2264$	10748,2952	-13163,0984
S_2C_3	233°16'33" TK = 24,0699 m	$\Delta x = -19,2926$ $\Delta y = -14,3929$	10729,0026	-13177,4913
PIc_3	233°16'33" $Tc_3 = 104,8857$ m	$\Delta x = -84,0684$ $\Delta y = -62,7178$	10644,9934	-13240,2091
C_3C_2	306°57'20,7" $Tc_3 = 104,8857$ m	$\Delta x = -63,0571$ $\Delta y = -83,8142$	10581,8771	-13156,3949
Titik R_3	323°16'33" $R_3 = 140$ m	$\Delta x = -112,2133$ $\Delta y = 83,7149$	10616,7893	-13093,7764

Koordinat C_3C_2 : (10581,8771 ; -13156,3949)

Bagian Circle – 2, dengan $R_2 = 120$ m

Koordinat C_1C_2 : (10519,1274 ; -12991,3980)

C_3C_2 : (10581,8771 ; -13156,3949)



Gambar 5.19 : Garis lengkung lingkaran R_2

$$k = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

$$k = \sqrt{(10581,8771 - 1519,1274)^2 + (-13156,3949 + 12991,3980)^2}$$

$$= 176,5262 \text{ m}$$

$$\Delta c_2 = 2 \text{ arc sin } \frac{176,5262}{2.120} = 94,70333405^\circ$$

$$Lc_2 = 0,01745 \cdot \Delta c_2 \cdot R$$

$$= 0,01745 \cdot 94,70333405^\circ = 198,3088 \text{ m}$$

$$Tc = R \cdot \text{tg } \frac{\Delta c_2}{2} = 120 \cdot \text{tg } \frac{94,7033345^\circ}{2} = 130,2783 \text{ m}$$

$$Ec = Tc \cdot \text{tg } \frac{\Delta c_2}{4} = 130,2783 \cdot \text{tg } \frac{94,7033345^\circ}{4} = 57,1226 \text{ m}$$

Dengan catatan panjang lajur perlambatan adalah 155 meter. (sumber AASHTO 1994).

Stasioning :

$$\text{Sta. TT}_1 = \text{Ramp.3. (0 + 000)}.$$

$$\text{Sta. T}_1\text{S}_1 = \text{Sta. TT}_1 + 155 = \text{Ramp.3. (0 + 155)}.$$

$$\text{Sta. S}_1\text{C}_1 = \text{Sta. T}_1\text{S}_1 + \text{Ls}_1 = \text{Ramp.3. (0 + 155) + 40}.$$

$$= \text{Ramp.3. 0 + 195}$$

$$\text{Sta. C}_1\text{C}_2 = \text{Sta. S}_1\text{C}_1 + \text{I.c}_1 = \text{Ramp.3. (0 + 195) + 95}.$$

$$= \text{Ramp.3. 0 + 290}$$

$$\text{Sta. C}_2\text{C}_3 = \text{Sta. C}_1\text{C}_2 + \text{Lc}_2 = \text{Ramp.3. (0 + 290) + 198,3308}.$$

$$= \text{Ramp.3. 0 + 488,3308}$$

$$\text{Sta. C}_3\text{S}_2 = \text{Sta. C}_2\text{C}_3 + \text{Lc}_3 = \text{Ramp.3. (0 + 488,3308) + 180}.$$

$$= \text{Ramp.3. 0 + 668,3308}$$

$$\text{Sta. S}_2\text{T}_2 = \text{Sta. C}_3\text{S}_2 + \text{Ls}_2 = \text{Ramp.3. (0 + 668,3308) + 71,4286}.$$

$$= \text{Ramp.3. 0 + 739,7594}$$

$$\text{Sta. T}_2\text{T} = \text{Sta. S}_2\text{T}_2 + 155 = \text{Ramp.3. (0 + 739,7594) + 155}.$$

$$= \text{Ramp.3. 0 + 894,7594}$$

5.2.2.4 Ramp. 4004

Spiral - Circle - Tangen - Spiral - Tangen

Bentuk alinyemen yang dipakai adalah lengkung berlawanan ("reverse curve"): Circle - Tangen - Circle - Tangen - Spiral. Panjang lajur percepatan dipakai 400 meter (sumber AASHTO 1994), dipasang paralel.

Dari pengukuran lapangan :

Koordinat TS : (10286,446 ; -12872,551)

C - T - C - S T

Koordinat CC₂ : (10581,8771 ; -13156,3949)

Pakai : V = 60 km/jam

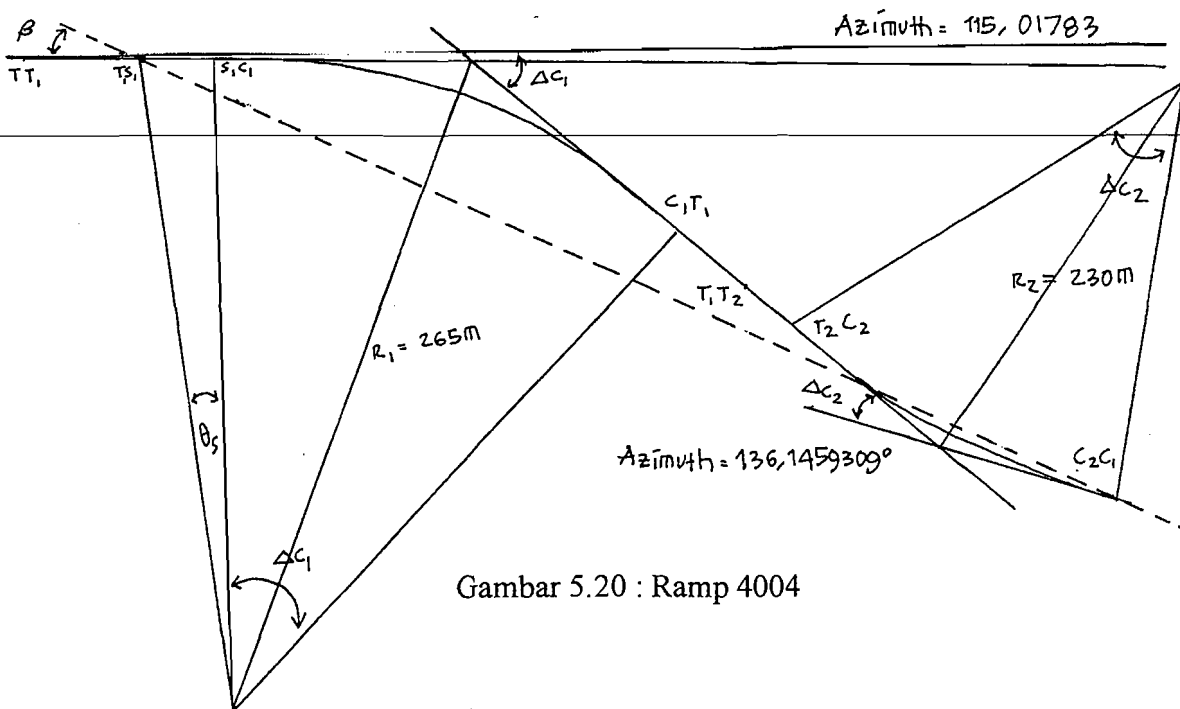
m = 125 (BM 90)

R₁ = 265 m

e = 7 % (BM 90)

R₂ = 230 m

Bentuk alinyemen horisontal yang dipakai pada Ramp 4004 adalah seperti gambar 5.19 berikut :



Gambar 5.20 : Ramp 4004

Untuk pencapaian superelevasi pada "reserve curve" diantara dua lengkung

berlawanan dipakai daerah tangen, panjangnya diambil dari L_s' fiktif pada pencapaian superelevasi.

$$L_{s1}' = m \cdot b \cdot e = 125 \cdot 4,5 \cdot (0,07 + 0,025) = 53,4375 \text{ m} \quad 125 \cdot 4 \cdot (0$$

Dipakai $L_{s1}' = 60 \text{ m}$

$$\theta_{s1} = \frac{90 \cdot L_s}{\pi \cdot R} = \frac{90 \cdot 60}{\pi \cdot 265} = 6^\circ 29' 10,73''$$

$$X_s = L_s \cdot \left(1 - \frac{L_s^2}{40 \cdot R^2}\right) = 60 \cdot \left(1 - \frac{60^2}{40 \cdot 265^2}\right) = 59,9231 \text{ m}$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 \cdot R} = \frac{60^2}{6 \cdot 265} = 2,2642 \text{ m}$$

$$S_o = \sqrt{X_s^2 + Y_s^2} = \sqrt{59,9231^2 + 2,2642^2} = 59,9659 \text{ m}$$

$$P = Y_s - R \cdot (1 - \cos \theta_{s1}) = 2,2642 - 265 (1 - \cos 6^\circ 29' 10,73'')$$

$$= 0,5679 \text{ m}$$

$$k = X_s - R \cdot \sin \theta_{s1} = 59,9231 - 2650 \cdot \sin 6^\circ 29' 10,73''$$

$$= 29,9871 \text{ m}$$

$$\tau = \arctg \frac{Y_s}{X_s} = \arctg \frac{2,2642}{59,9231} = 2^\circ 9' 50,03''$$

$$TK = \frac{Y_s}{\sin \theta_{s1}} = \frac{2,2642}{\sin 6^\circ 29' 10,73''} = 20,0432 \text{ m}$$

$$TL = X_s - \frac{Y_s}{\operatorname{tg} \theta_{s1}} = 59,9231 - \frac{2,2642}{\operatorname{tg} 6^\circ 29' 10,73''} = 40,0082 \text{ m}$$

Azimut Ts di jalan tol = 115,01783

$$\begin{aligned} \text{Azimut Ts} - \text{CC}_2 &= \text{acr tg } \frac{\Delta y}{\Delta x} = \text{arc tg } \frac{13156,3949 + 12872,551}{10581,8771 - 10286,446} \\ &= 136,59309^\circ \end{aligned}$$

$$\beta = 136,1459309^\circ - 115,01783^\circ = 21,12810092^\circ$$

$$\text{Vers } \beta = 1 - \cos \beta = 0,067223139$$

$$\begin{aligned} \text{Vers } \Delta_2 &= \frac{R_2 \cdot \text{Vers } \beta + S_o \cdot \text{Sin } \beta}{R_1 + R_2} = \\ &= \frac{230 \cdot 0,067223139 + 59,9659 \cdot \sin 21,12810092}{265 + 230} \end{aligned}$$

$$= 0,074901597.$$

$$\text{Cos } \Delta_2 = 0,925098402.$$

$$\Delta_2 = 22^\circ 19' 0,49''$$

$$\Delta_1 = \Delta_2 - \beta = 22^\circ 19' 0,49'' + 21^\circ 7' 41,16'' = 43^\circ 26' 41,65''$$

$$\Delta c_1 = \Delta_1 - 2\theta s_1 = 43^\circ 26' 41,65'' - 2(6^\circ 29' 10,73'') = 30^\circ 28' 20,19''$$

$$Lc_1 = 0,01745 \cdot \Delta c_1 \cdot R_1 = 0,01745 \cdot 30^\circ 28' 20,19'' \cdot 265 = 140,9114 \text{ m}$$

$$\text{Ts} = k + (R_1 + p) \text{tg } \frac{1}{2} \Delta_1 = 29,9871 + (265 + 0,5679) \text{tg } \frac{1}{2} 43^\circ 26' 41,65''$$

$$= 135,7900 \text{ m}$$

$$Es = (R_1 + p) \operatorname{Sec} \frac{1}{2} \Delta_1 - R_1 = (265 + 0,5679) \operatorname{Sec} \frac{1}{2} \cdot 43^\circ 26' 41,65'' - 250$$

$$= 20,8681 \text{ m}$$

$$Ls_2' = m \cdot b \cdot e = 125 \cdot 4,5 \cdot (0,07 + 0,025) = 53,4375 \text{ m}$$

Pada lengkung Full Circle untuk pencapaian superelevasi pada daerah tangen dipakai Ls_2 dengan panjang minimum mengikuti $Ls' = m \cdot b \cdot (e + en)$

$$\text{Dipakai } Ls_2' = 55 \text{ m} \quad ; R_2 = 230 \text{ m} \quad ; T_2 = Ls_2' = 55 \text{ m}$$

$$\theta_{s_2} = \frac{90 \cdot Ls}{\pi \cdot R} = \frac{90 \cdot 55}{\pi \cdot 230} = 6^\circ 51' 2,1''$$

$$\Delta c_2 = \Delta_2 - \theta_{s_2} = (22^\circ 19' 0,49'' - 6^\circ 51' 2,1'') = 15^\circ 27' 58,39''$$

$$Lc_2 = 0,01745 \cdot \Delta c_2 \cdot R_2 = 0,01745 \cdot 15^\circ 27' 58,39'' \cdot 230 = 62,0737 \text{ m}$$

$$Ts_2 = R_2 \cdot \operatorname{tg} \frac{1}{2} \Delta c_2 = 230 \cdot \operatorname{tg} \frac{1}{2} (15^\circ 27' 58,39'')$$

$$= 31,2326 \text{ m}$$

$$Es_2 = R_2 \cdot \operatorname{Sec} \frac{1}{2} \Delta c_2 - R_2 = 230 \cdot \operatorname{Sec} \frac{1}{2} (15^\circ 27' 58,39'') - 230$$

$$= 2,1109 \text{ m}$$

Stasioning :

$$\text{Sta. } C_2 = \text{Ramp 3. } (0 + 483,3306) = \text{Ramp 4. } (0 + 000).$$

$$\text{Sta. } C_2 T_2 = \text{Ramp.4. } (0 + 000) + Lc_2 = \text{Ramp.4. } (0 + 62,0737).$$

$$\begin{aligned} \text{Sta. } T_2 T_1 &= \text{Ramp.4. } (0 + 62,0737 + T_2) = \text{Ramp.4. } (0 + 62,0737 + 55) \\ &= \text{Ramp.4. } (0 + 117,0737) \end{aligned}$$

$$\text{Sta. } T_1C_1 = \text{Ramp.4. } (0 + 117,0737 + T_1) = \text{Ramp.4. } (0 + 117,0737 + 60)$$

$$= \text{Ramp.4. } (0 + 177,0737)$$

$$\text{Sta. } C_1S_1 = \text{Ramp.4. } (0 + 177,0737 + Lc_1) = \text{Ramp.4. } (0 + 117,0737 + 140.9114)$$

$$= \text{Ramp.4. } (0 + 317,9851)$$

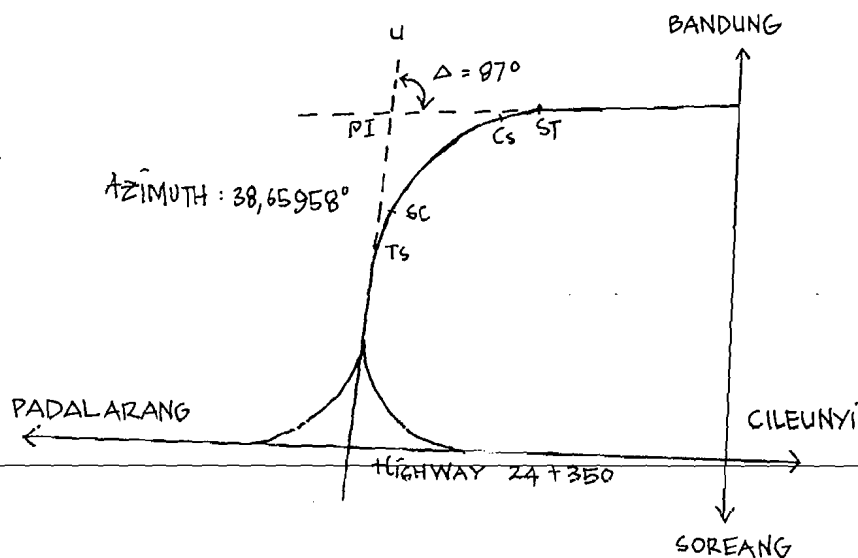
$$\text{Sta. } S_1T_1 = \text{Ramp.4. } (0 + 317,9851 + Ls) = \text{Ramp.4. } (0 + 317,9851 + 60)$$

$$= \text{Ramp.4. } (0 + 377,9851)$$

$$\text{Sta. } T_1T = \text{Ramp.4. } (0 + 377,9851 + \text{panjang jalur percepatan})$$

$$= \text{Ramp.4. } (0 + 377,9851 + 400) = \text{Ramp.4. } (0 + 777,9851)$$

5.2.2.5 Jalan keluar masuk



Gambar 5.21 : Lengkung horisontal jalan keluar masuk

- Koordinat jalan tol 24 + 350

$$X = X_{TT} + 3,75 \sin (295,01783 - 180) = 10778,76 + 3,398$$

$$= + 10781,474$$

$$Y = Y_{TT} + 3,75 \cos (295,01783 - 180) = - 13125872 - 1,586$$

$$= - 13127,456$$

- Koordinat PI.

$$d = 548 \text{ meter}$$

$$X = 10781,474 + d \sin 38,65958^\circ = + 11123,805$$

$$Y = -13127,456 + d \cos 38,65958^\circ = - 12699,539$$

Bentuk tikungan yang digunakan spiral – circle – spiral.

$$\Delta = 87^\circ$$

Diambil : $R = 225 \text{ meter}$; $A = 140 \text{ meter}$

Dari perhitungan didapat :

$$L_s = \frac{A^2}{R} = \frac{(140)^2}{225} = 87,11 \text{ m}$$

$$\theta_s = \frac{90.L_s}{\pi.R} = \frac{90.90}{\pi.250} = 11^\circ 05' 29''$$

$$X_s = L_s \cdot \left(1 - \frac{L_s^2}{40.R^2}\right) = 90 \cdot \left(1 - \frac{90^2}{40.250^2}\right) = 86,785 \text{ m}$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6.R} = \frac{90^2}{6.250} = 5,606 \text{ m}$$

$$S_o = \sqrt{X_s^2 + Y_s^2} = \sqrt{89,7084^2 + 5,4^2} = 86,966 \text{ m}$$

$$P = Y_s - R \cdot (1 - \cos \theta_s) = 5,4 - 250 (1 - \cos 10^\circ 18' 47,67'')$$

$$= 1,403 \text{ m}$$

$$k = X_s - R \cdot \sin \theta_s = 89,7084 - 250 \cdot \sin 10^\circ 18' 47,67''$$

$$= 43,501 \text{ m}$$

$$\tau = \arctan \frac{Y_s}{X_s} = \arctan \frac{5,4}{89,7084} = 3^{\circ}41'45''$$

$$TK = \frac{Y_s}{\sin \theta_s} = \frac{5,4}{\sin 10^{\circ}18'47,67''} = 29,141 \text{ m}$$

$$TL = X_s - \frac{Y_s}{\tan \theta_s} = 89,7084 - \frac{5,4}{\tan 10^{\circ}18'47,67''} = 58,188 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} Ts &= k + (R + \Delta R) \operatorname{Tg} \Delta/2 = 43,501 + (225 + 1,403) \operatorname{Tg} 43,5^{\circ} \\ &= 258,349 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Es &= (R + \Delta R) \operatorname{Sec} \Delta/2 - R = 226,403 \operatorname{sec} 43,5^{\circ} \\ &= 87,119 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$= \Delta - 2 = 87^{\circ} - 2 \times 11,091389^{\circ} = 64,817222^{\circ}$$

$$Lc = 0,01745 \cdot R = 0,01745 \cdot 64,817222^{\circ} \cdot 225 = 254,537 \text{ meter}$$

- Letak gerbang tol, diperhitungkan dengan anggapan kecepatan pada jalan penghubung 60 km/jam, diukur dari Sta. ST sebesar minimum 100 m (tabel 5.11), dengan memperhitungkan panjang antrian dan faktor keamanan diambil jarak 200 m.

- Stasioning

Pertemuan sebidang antara jalan masuk menuju jalan tol dan jalan arteri Kopo adalah : acces 0 + 000.

Sta. Gerbang tol = acces 0 + 000

Sta. SC = acces 0 + 430.

Sta. CS = acces 0 + (517,111 + 254,537) = acces 0 + 771,648

Sta. ST = acces 0 + (771,648 + 87,111) = acces 0 + 858,759

$$\text{Sta. TT}_1 = \text{acces 0} + (858,758 + 257,000) = \text{acces 1} + 115,758$$

$$= \text{Highway 24} + 250$$

$$\text{Sta. TS} = \text{acces 1} + (115,758 + 40,000) = \text{acces 1} + 155,758$$

$$\text{Sta. SC} = \text{acces 1} + (115,758 + 66,667) = \text{acces 1} + 222,425$$

$$\text{Sta. CC1} = \text{acces 1} + (222,425 + 280,947) = \text{acces 1} + 503,372$$

$$= \text{Ramp 4. 0} + 000$$

$$\text{Sta. CC2} = \text{acces 1} + (503,372 + 87,849) = \text{acces 1} + 591,221$$

$$\text{CC3} = \text{acces 1} + (591,221 + 89,519) = \text{acces 1} + 680,740$$

$$\text{Sta. CS} = \text{acces 1} + (680,740 + 44,623) = \text{acces 1} + 725,363$$

$$\text{Sta. ST} = \text{acces 1} + (725,363 + 50,417) = \text{acces 1} + 775,780$$

$$\text{Sta. TT2} = \text{acces 1} + (775,780 + 166,000) = \text{acces 1} + 941,780$$

$$= \text{Highway 24} + 300$$

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 4001

PVI.1 : Lengkung vertikal cekung

$$g_1 = -0,96 \% \quad ; \quad g_2 = +0,27 \% \quad +2,41\% \quad -2,41\%$$

$$A = g_2 - g_1 = 0,27 + 0,96 = 1,23 \% \quad +1,23\%$$

$$V_r = 60 \text{ km/jam} \quad 40 \text{ km/jam}$$

Dari grafik lengkung vertikal cekung (Bina Marga 1990) :

didapat $L_v = 50 \text{ m}$ 100 m

$$E_v = \frac{A \cdot L_v}{800} = \frac{1,23 \cdot 50}{800} = 0,08 \text{ m} \quad -0,68 \text{ m}$$

PVI.2 : Lengkung vertikal cembung

$$g_1 = +0,27 \% \quad ; \quad g_2 = -0,34 \% \quad +2,33\% \quad -1,98\%$$

$$A = g_2 - g_1 = -0,34 - 0,27 = -0,61 \% \quad 5,19\%$$

$$V_r = 60 \text{ km/jam} \quad 40 \text{ km/jam}$$

Dari grafik lengkung vertikal cembung (Bina Marga 1990) :

didapat $L_v = 50 \text{ m}$ 100 m

$$E_v = \frac{A \cdot L_v}{800} = \frac{-0,61 \cdot 50}{800} = -0,04 \text{ m} \quad +0,68 \text{ m}$$

Stasioning

$$\text{- Sta. PVI.1} = \text{Sta. 0} + 180 \quad 22 \text{ m}$$

$$\text{Sta. PVC.1} = \text{Sta. PVI.1} - \frac{L_v}{2} = 0 + 155 \quad 14 \text{ m}$$

$$\text{Sta. PVT.1} = \text{Sta. PVI.1} + \frac{L_v}{2} = 0 + 205 \quad 61 \text{ m}$$

$$\text{- Sta. PVI.2} = \text{Sta. 0} + 628,8 \quad 0+628,8$$

$$\text{Sta. PVC.2} = \text{Sta. PVI.2} - L_v/2 = 0 + 603,8 \quad 0+603,8$$

$$\text{Sta. PVT.2} = \text{Sta. PVI.2} + L_v/2 = 0 + 653,8 \quad 0+653,8$$

Elevasi perkerasan

$$\text{- PVI.1} = \text{Elev. PVI.1} + E_v = 675.467$$

$$\text{- PVI.2} = \text{Elev. PVI.2} + E_v = 676.490$$

5.2.3.2 Ramp 4002

PVI.1 : Lengkung vertikal cembung

$$g_1 = + 0,08 \% \quad ; \quad g_2 = - 2,12 \% \quad + 4,091\% \quad + 2,252\%$$

$$A = g_2 - g_1 = - 2,12 - 0,08 = 2,20 \% \quad 4,101\%$$

$$V_r = 60 \text{ km/jam} \quad 40$$

Dari grafik lengkung vertikal cembung (Bina Marga 1990) :

$$\text{didapat } L_v = 50 \text{ m} \quad 92,774$$

$$E_v = \frac{A \cdot L_v}{800} = \frac{- 2,20 \cdot 50}{800} = - 0,14 \text{ m} \quad 0,174 \text{ m}$$

PVI.2 : Lengkung vertikal cekung

$$g_1 = + 2,12 \% \quad ; \quad g_2 = + 0,07 \% \quad 0,072\% \quad - 1,031\%$$

$$A = g_2 - g_1 = + 0,07 + 2,12 = + 2,19 \% \quad - 4,183\%$$

$$V_r = 60 \text{ km/jam} \quad 40$$

Dari grafik lengkung vertikal cekung (Bina Marga 1990) :

$$\text{didapat } L_v = 50 \text{ m} \quad 70,382$$

$$E_v = \frac{A \cdot L_v}{800} = \frac{2,19 \cdot 50}{800} = + 0,14 \text{ m} \quad - 0,110 \text{ m}$$

Stasioning

$$\text{- Sta. PVI.1} = \text{Sta. 0} - 466,85$$

$$\text{Sta. PVC.1} = \text{Sta. PVI.1} - L_v/2 = 0 - 441,85$$

$$\text{Sta. PVT.1} = \text{Sta. PVI.1} + L_v/2 = 0 - 491,85$$

$$\text{- Sta. PVI.2} = \text{Sta. 0} - 600,55$$

$$\text{Sta. PVC.2} = \text{Sta. PVI.2} - L_v/2 = 0 - 575,55$$

$$\text{Sta. PVT.2} = \text{Sta. PVI.2} + L_v/2 = 0 - 650,55$$

Elevasi perkerasan

$$\text{- PVI.1} = \text{Elev. PVI.1} + E_v = 676.743$$

$$\text{- PVI.2} = \text{Elev. PVI.2} + E_v = 673.1925$$

5.2.3.3 Ramp 4003

PVI.1 : Lengkung vertikal cekung

$$g_1 = -2,34 \% \quad ; \quad g_2 = +0,34 \%$$

$$A = g_2 - g_1 = 0,35 + 2,49 = 2,68 \%$$

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

Dari grafik lengkung vertikal cekung (Bina Marga 1990) :

didapat $L_v = 35 \text{ m}$

$$E_v = \frac{A \cdot L_v}{800} = \frac{2,68 \cdot 35}{800} = 0,117 \text{ m}$$

PVI.2 : Lengkung vertikal cembung

$$g_1 = +0,34 \% \quad ; \quad g_2 = -0,07 \%$$

$$A = g_2 - g_1 = -0,07 - 0,34 = -0,41 \%$$

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

Dari grafik lengkung vertikal cembung (Bina Marga 1990) :

didapat $L_v = 35 \text{ m}$ $76,25\%$

$$E_v = \frac{A \cdot L_v}{800} = \frac{-0,41 \cdot 35}{800} = -0,02 \text{ m} \quad 0,070$$

Stasioning

$$\text{- Sta. PVI.1} = \text{Sta. } 0 + 175 \quad 0 + 175$$

$$\text{Sta. PVC.1} = \text{Sta. PVI.1} - L_v/2 = 0 + 157,5 \quad 0 + 168,153$$

$$\text{Sta. PVT.1} = \text{Sta. PVI.1} + L_v/2 = 0 + 192,5 \quad 0 + 203,847$$

$$\text{- Sta. PVI.2} = \text{Sta. } 0 + 699,0442 \quad 0 + 300$$

$$\text{Sta. PVC.2} = \text{Sta. PVI.2} - L_v/2 = 0 + 681,5442 \quad 0 + 261,873$$

$$\text{Sta. PVT.2} = \text{Sta. PVI.2} + L_v/2 = 0 + 716,5442 \quad 0 + 338,127$$

Elevasi perkerasan

$$\text{- PVI.1} = \text{Elev. PVI.1} + E_v = 675,584$$

$$\text{- PVI.2} = \text{Elev. PVI.2} + E_v = 676,510$$

5.2.3.4 Ramp 4004 (V)

PVI.1 : Lengkung vertikal cekung

$$g_1 = +0,98 \% \quad ; \quad g_2 = +3,50 \% \quad +1,00\% \quad +4,50\%$$

$$A = g_2 - g_1 = 3,50 - 0,98 = 2,52 \% \quad 1,751\%$$

$$V_r = 60 \text{ km/jam}$$

Dari grafik lengkung vertikal cekung (Bina Marga 1990) :

didapat $L_v = 50 \text{ m}$ 100

$$E_v = \frac{A \cdot L_v}{800} = \frac{2,52 \cdot 50}{800} = 0,1575 \text{ m} \quad +0,219$$

PVI.2 : Lengkung vertikal cembung

$$g_1 = +3,50 \% \quad ; \quad g_2 = -0,4 \% \quad +2,751 \% \quad +1,205 \%$$

$$A = g_2 - g_1 = -0,4 - 3,50 = -3,90 \% \quad 1,546 \%$$

$$V_r = 60 \text{ km/jam}$$

Dari grafik lengkung vertikal cembung (Bina Marga 1990) :

$$\text{didapat } L_v = 52 \text{ m} \quad 100$$

$$E_v = \frac{A \cdot L_v}{800} = \frac{-3,90 \cdot 52}{800} = -0,2535 \text{ m} \quad -0,102$$

PVI.3 : Lengkung vertikal cekung

$$g_1 = -0,4 \% \quad ; \quad g_2 = +0,72 \%$$

$$A = g_2 - g_1 = 0,72 + 0,4 = 1,12 \%$$

$$V_r = 60 \text{ km/jam}$$

Dari grafik lengkung vertikal cekung (Bina Marga 1990) :

$$\text{didapat } L_v = 50 \text{ m}$$

$$E_v = \frac{A \cdot L_v}{800} = \frac{1,12 \cdot 50}{800} = 0,07 \text{ m}$$

Stasioning

$$\text{- Sta. PVI.1} = \text{Sta. } 0 + 88,7925 \quad 0 + 100$$

$$\text{Sta. PVC.1} = \text{Sta. PVI.1} - \frac{L_v}{2} = 0 + 63,7925 \quad 0 + 50$$

$$\text{Sta. PVT.1} = \text{Sta. PVI.1} + \frac{L_v}{2} = 0 + 113,7925 \quad 0 + 150$$

$$\text{- Sta. PVI.2} = \text{Sta. } 0 + 142,230 \quad 0 + 200$$

$$\text{Sta. PVC.2} = \text{Sta. PVI.2} - \frac{L_v}{2} = 0 + 116,230 \quad 0 + 150$$

$$\text{Sta. PVT.2} = \text{Sta. PVI.2} + \frac{L_v}{2} = 0 + 168,23 \quad 0 + 250$$

$$\text{- Sta. PVI.3} = \text{Sta. } 0 + 339,8601$$

$$\text{Sta. PVC.3} = \text{Sta. PVI.3} - \frac{L^v}{2} = 0 + 314,8601$$

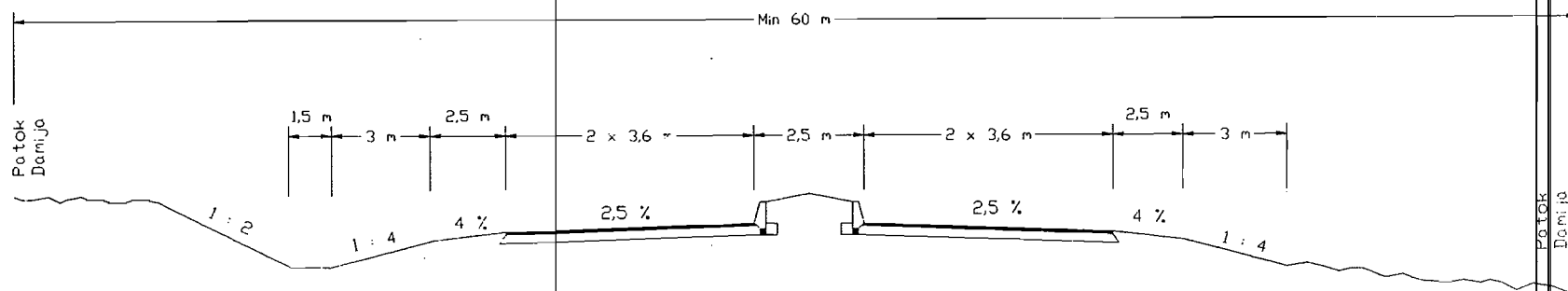
$$\text{Sta. PVT.3} = \text{Sta. PVI.3} + \frac{L^v}{2} = 0 + 364,8601$$

Elevasi perkerasan

- PVI.1 = Elev. PVI.1 + Ev = 675.0126

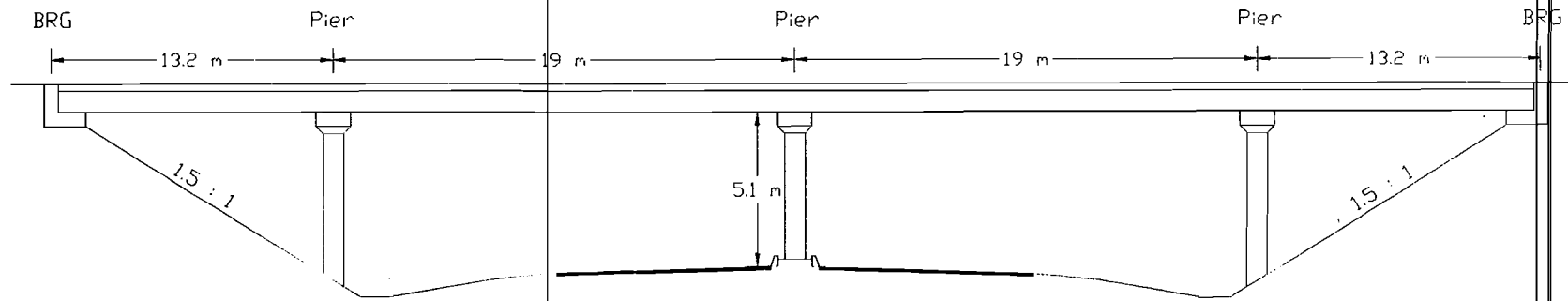
- PVI.2 = Elev. PVI.2 + Ev = 677.0719

- PVI.3 = Elev. PVI.3 + Ev = 676.5786

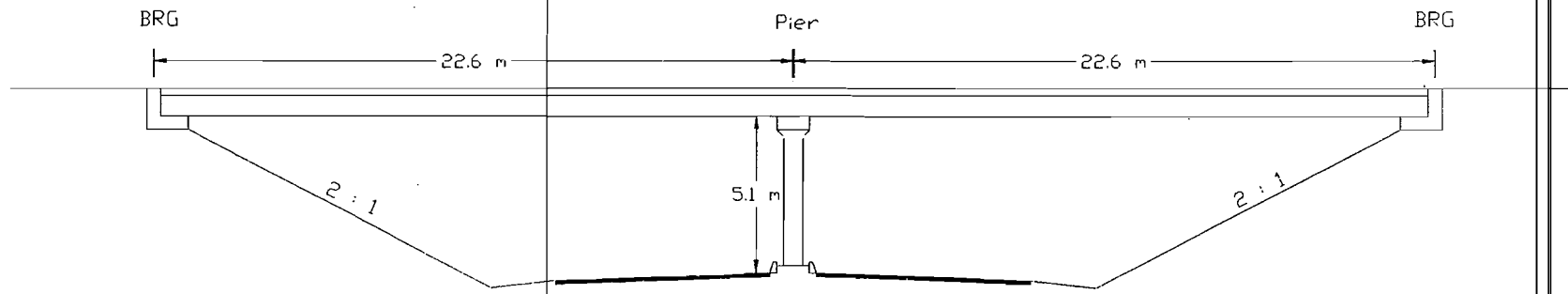


SKALA 1:300

Gambar 5.22 : Potongan melintang jalan tol Padalarang - Cileunyi

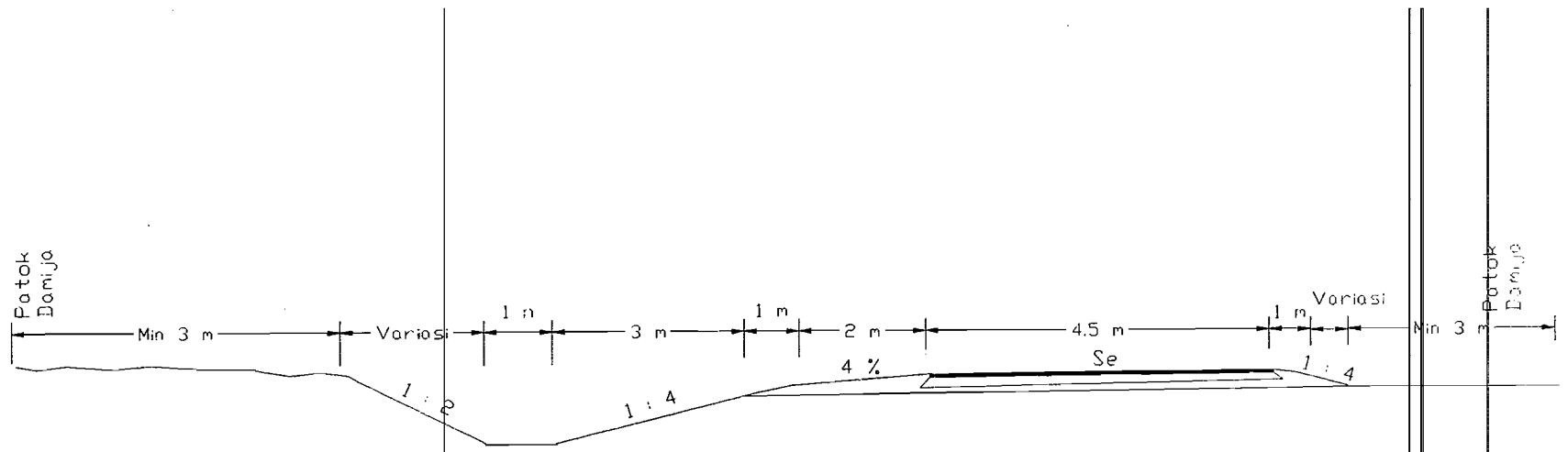


SKALA 1 : 300
 Dengan saluran samping

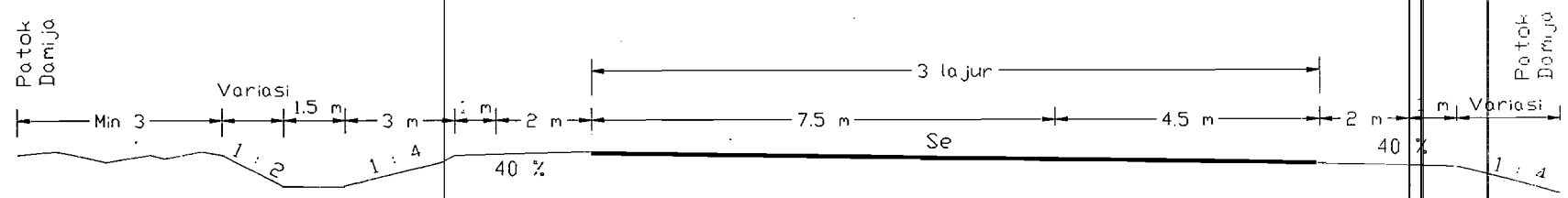


SKALA 1:300
 Tanpa saluran samping

Gambar 5.23 : Potongan melintang simpang susun

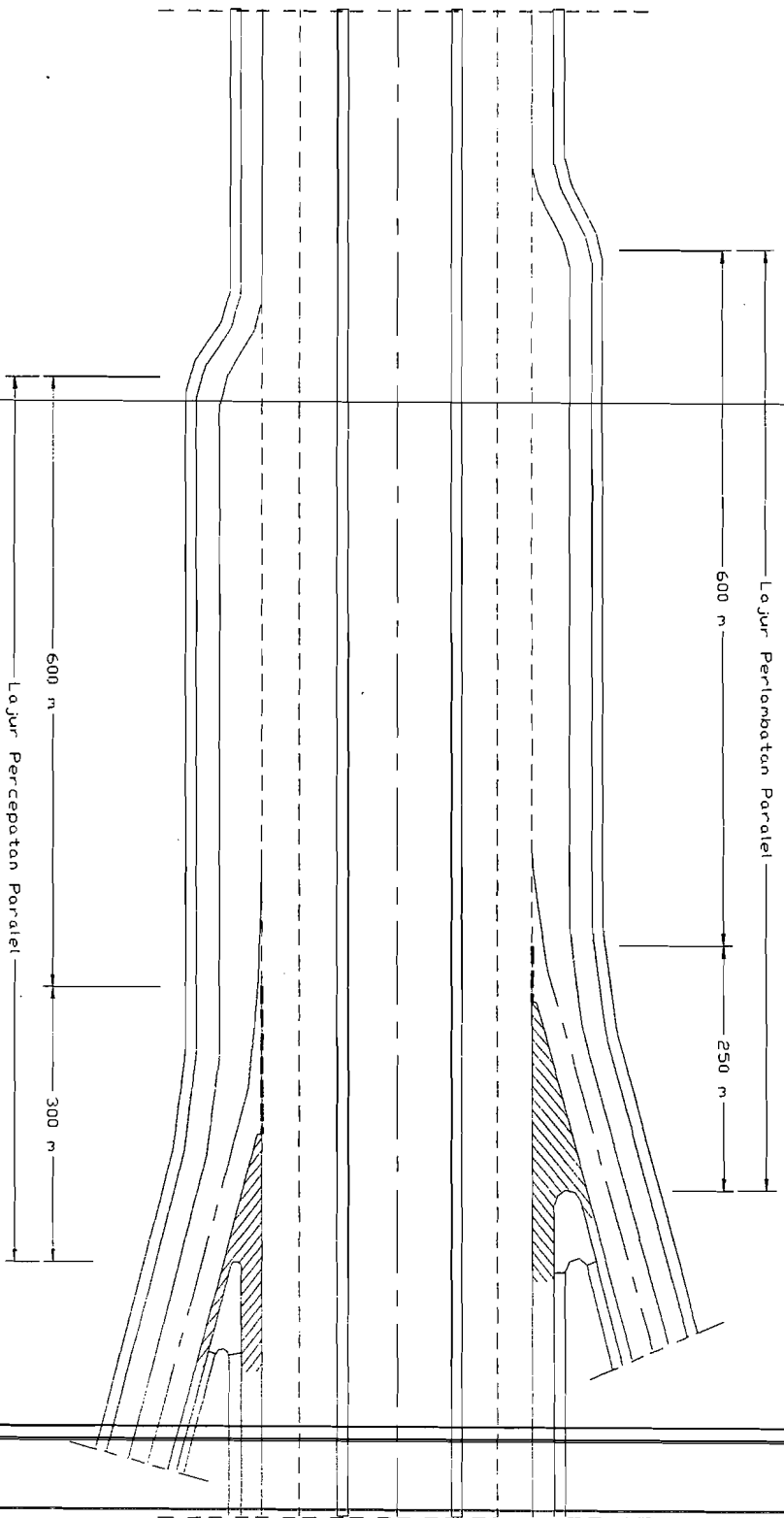


Ramp satu lajur
Tanpa skala



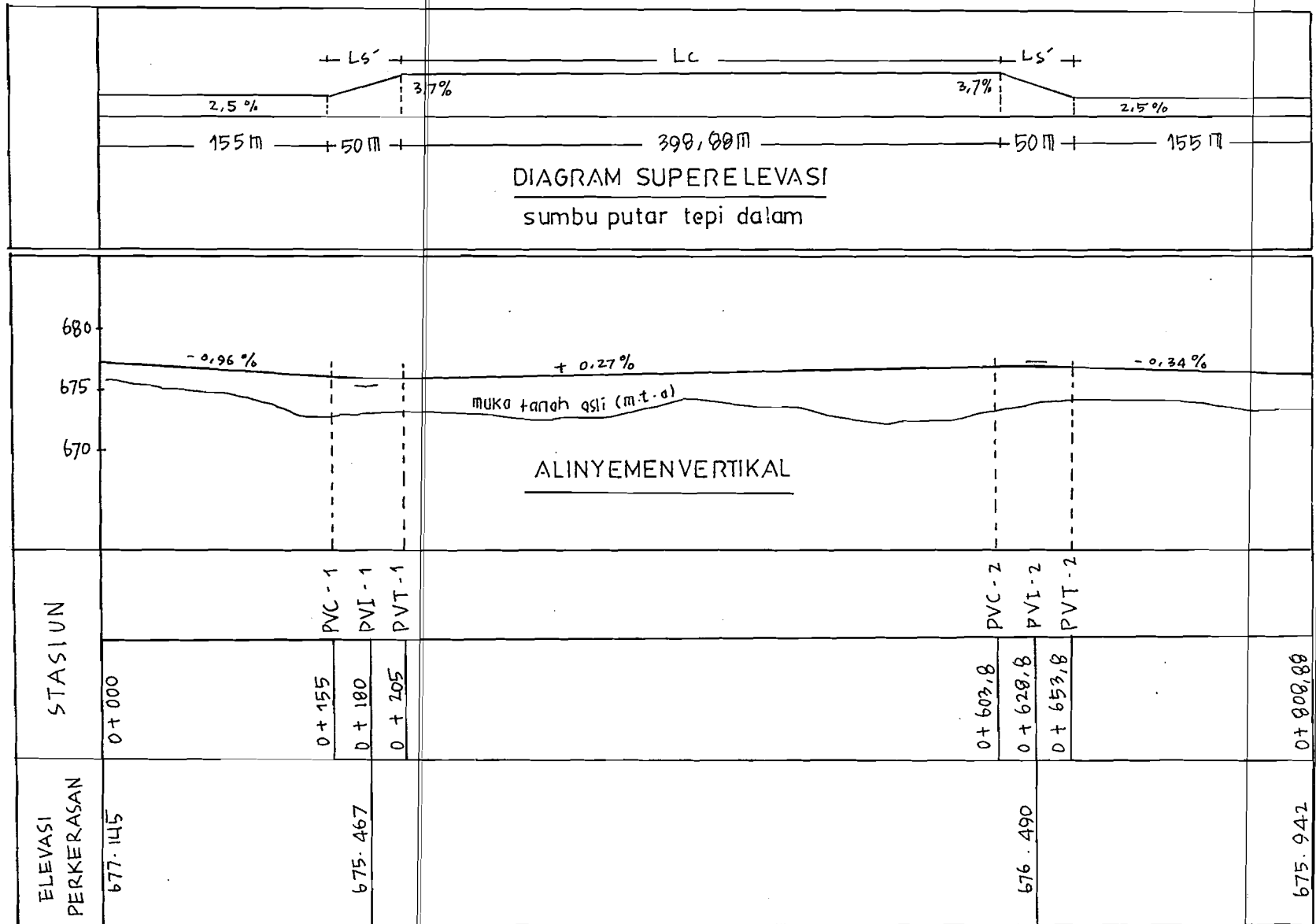
Ramp dua lajur
Tanpa skala

Gambar 5.24 : Potongan ramp satu lajur dan dua lajur

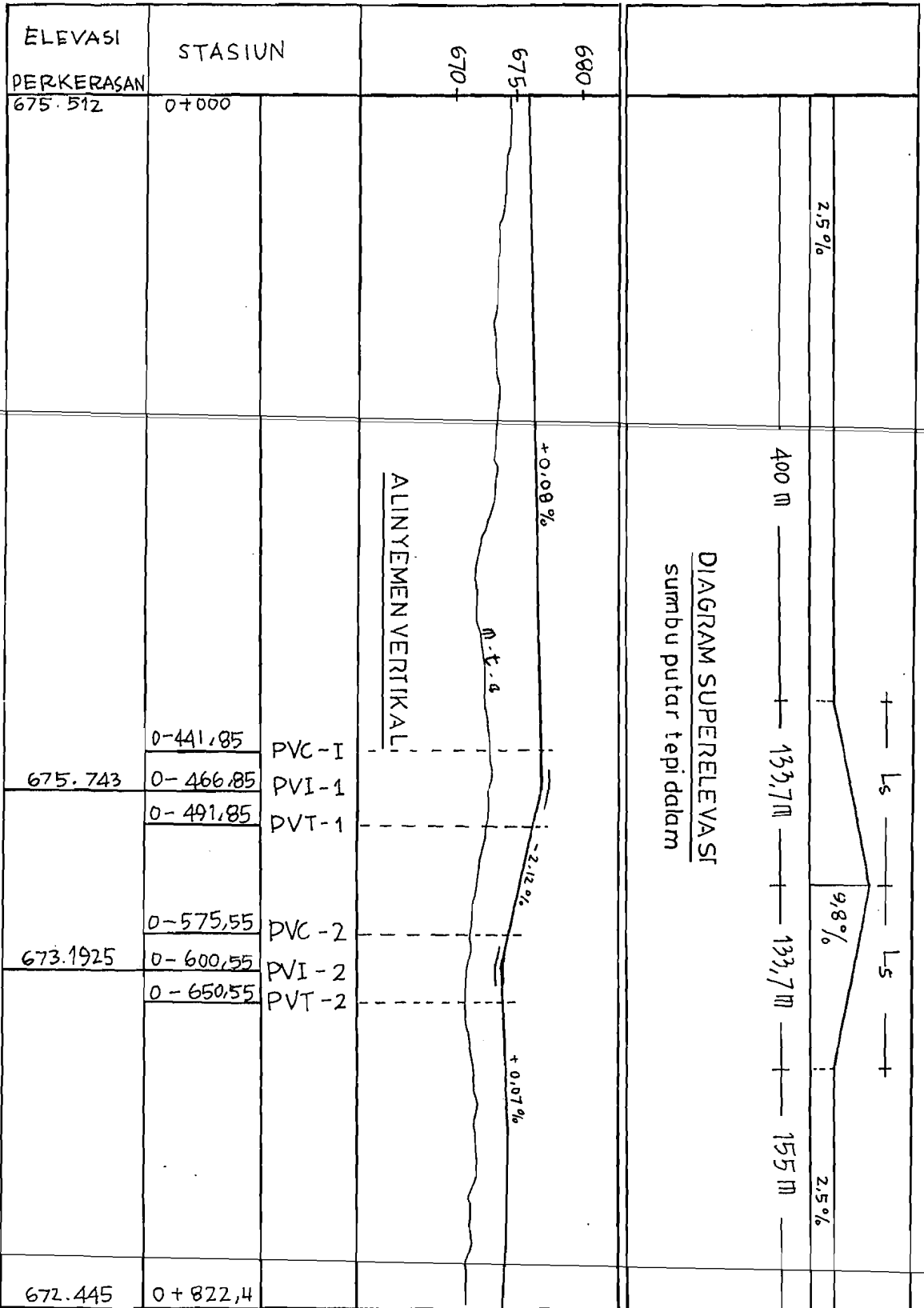


Gambar 5.25 : Detail terminal ramp

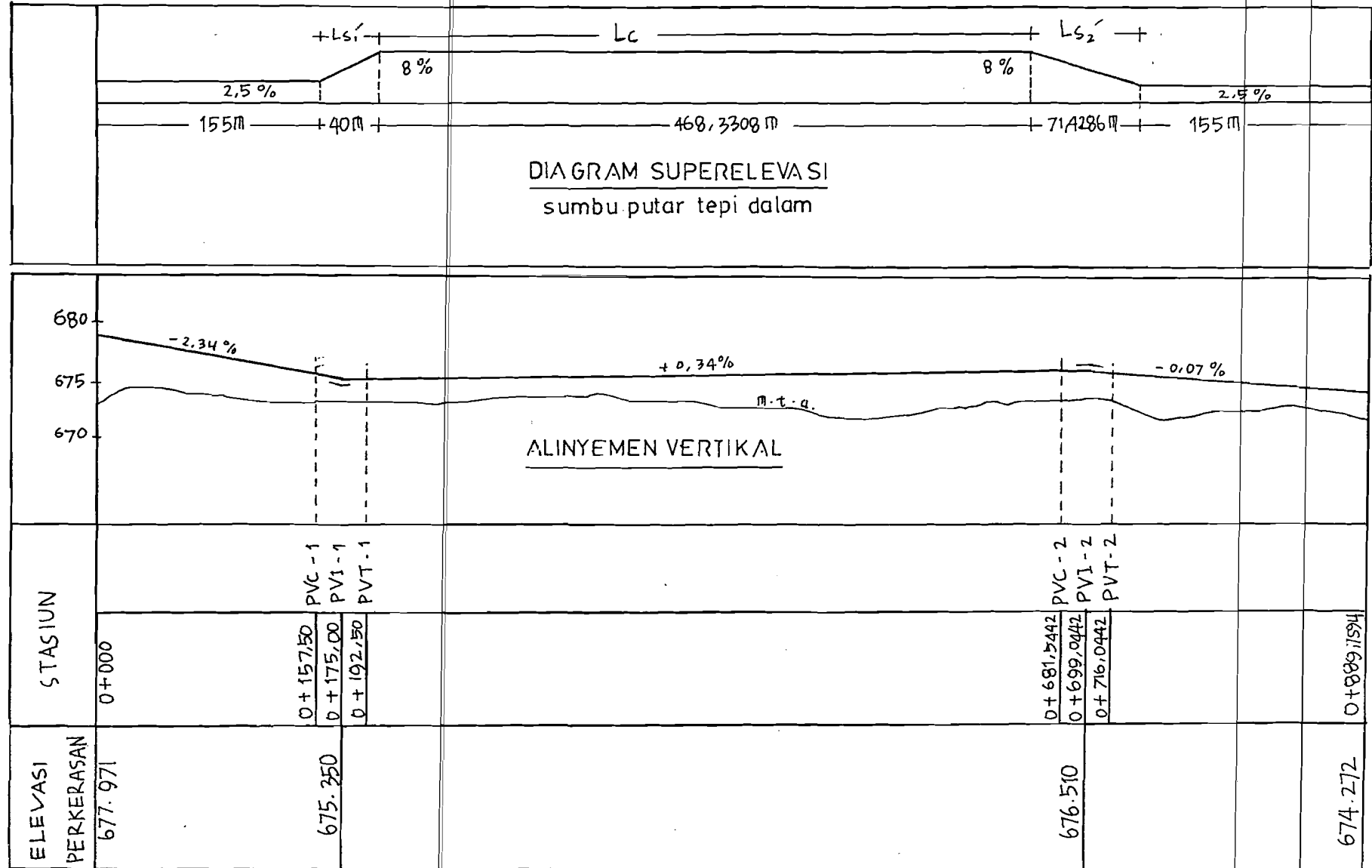
GAMBAR 5.26: RAMP 4001(C-C)



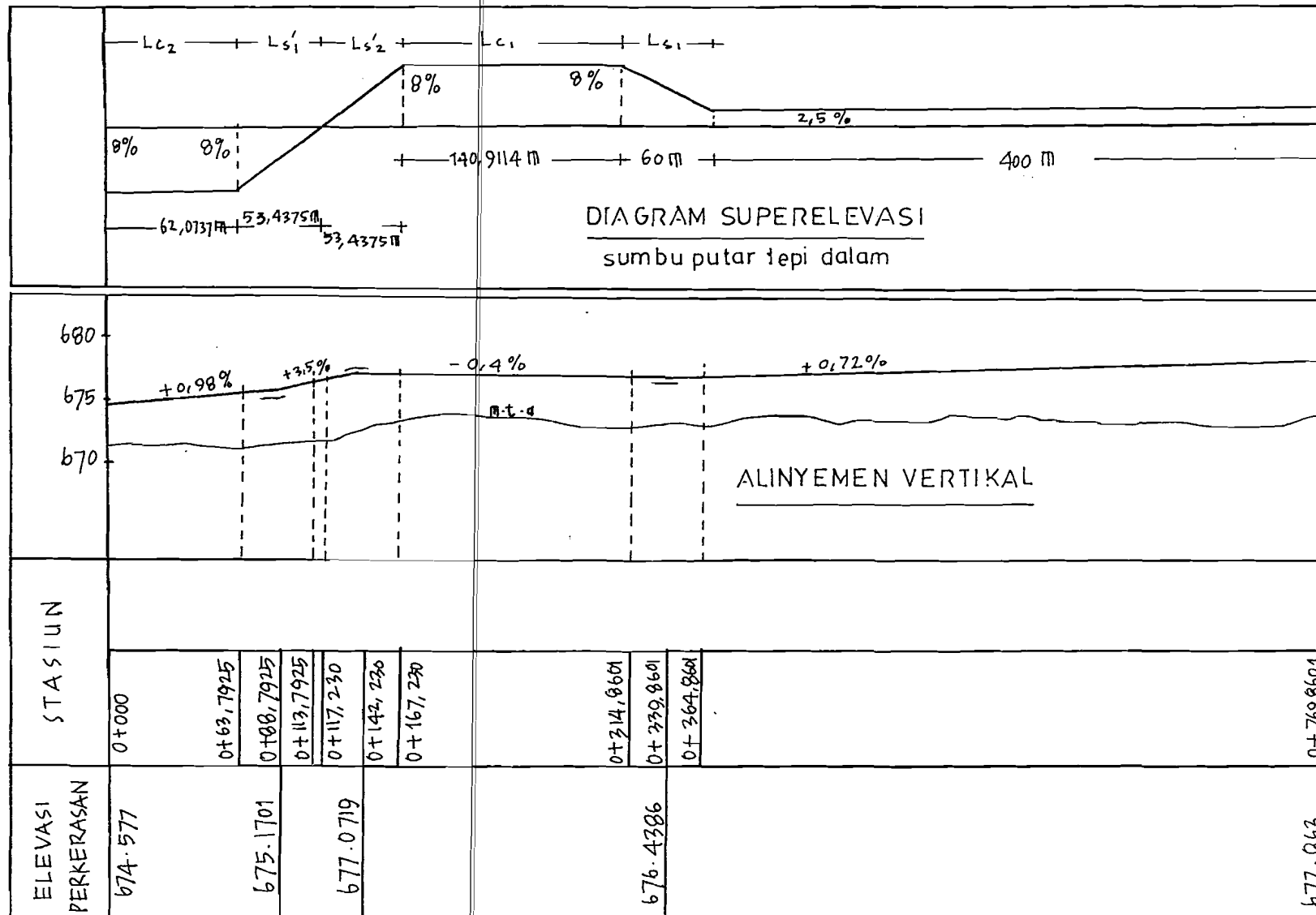
GAMBAR 5.27: RAMP 4002 (S-S)



GAMBAR 5.28: RAMP 4003 (S-C-C-C-S)



GAMBAR 5.29: RAMP 4004 (C-Tangen-C-S)



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 HCM 1995 adalah sebagai berikut:

$$\text{Kapasitas jalan } (C) = C_o \cdot FC_w \cdot FC_{sp} \cdot FC_{mc} \cdot FC_{sf}$$

Dengan :

- C_o = Kapasitas dasar, besarnya kapasitas dasar dapat dilihat pada tabel 5.16

berikut :

Tabel 5.16 : Kapasitas dasar (C_o) untuk jalan luar kota. (HCM 1995)

Tipe jalan/tipe medan	Kapasitas dasar (kendaraan /jam)	Keterangan
4 lajur dengan pemisah lajur		Per lajur
- Medan datar	1900	
- Medan pegunungan	1850	
- Medan gunung	1800	
4 lajur tanpa pemisah lajur		Per lajur
- Medan datar	1700	
- Medan pegunungan	1650	
- Medan gunung	1600	
2 lajur tanpa pemisah lajur		Total dua arah
- Medan datar	3100	
- Medan pegunungan	3000	
- Medan gunung	2900	

- FCw = Faktor penyesuaian kapasitas untuk lebar jalan.

Besarnya nilai FCw didasarkan pada lebar efektif jalan (Wc) dapat dilihat pada tabel 5.17 berikut :

Tabel 5.17 : Nilai FCw. (HCM 1995)

Tipe jalan	Lebar efektif perkerasan (Wc) (m)	FCw
4 lajur dengan pemisah Lebar efektif rata – rata Bahu jalan	Per lajur 3,00	0,91
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,03
4 lajur tanpa pemisah	Per lajur 3,00	0,91
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,03
2 lajur tanpa pemisah	Total 2 arah 4,5	0,69
	5	0,81
	6	0,91
	7	1,00
	8	1,08
	9	1,15
	10	1,21
	11	1,27

- FCsp = Faktor penyesuai kapaitas untuk kondisi lalu lintas

Untuk jalan tanpa pemisah lajur faktor penyesuai kapasitas untuk pembagian arah tidak dapat diterapkan dan nilainya = 1.

- FCmc = Faktor penyesuai kapasitas untuk kendaraan bermotor.

Untuk jalan tol ini kendaraan bermotor tidak diperkenankan lewat sehingga nilai FCmc = 1.

- FCsf = Faktor penyesuai kapasitas untuk kebebasan samping

Penentu faktor penyesuai kapasitas untuk kondisi kebebasan samping, tergantung pada lebar efektif bahu jalan seperti terlihat pada tabel 5.18 berikut :

Tabel 5.18 : Nilai FCsf. (HCM 1995)

Tipe jalan	Tingkat kebebasan samping	Faktor penyesuai untuk kebebasan samping FCsf			
		Lebar bahu jalan Ws			
		$\leq 0,5$	1,00	1,50	≥ 2
4 lajur 2 arah dengan pemisah	Sangat rendah	0,98	1,00	1,02	1,04
	Rendah	0,92	0,95	0,99	1,02
	Sedang	0,86	0,90	0,96	0,99
	Tinggi	0,80	0,85	0,93	0,96
	Sangat tinggi	0,75	0,80	0,90	0,94
2 lajur 2 arah tanpa pemisah 4 lajur 2 arah tanpa pemisah	Sangat rendah	0,96	0,98	1,00	1,03
	Rendah	0,90	0,92	0,95	0,99
	Sedang	0,83	0,86	0,90	0,96
	Tinggi	0,76	0,80	0,85	0,93
	Sangat tinggi	0,70	0,74	0,80	0,90

Didapat harga :

$C_o = 1900$ satuan mobil penumpang / jam

$FC_w = 1,012$

$FC_{sp} = 1,00$

$$FC_{mc} = 1,00$$

$$FC_{sf} = 1,04$$

$$\begin{aligned} \text{Maka: } C &= C_o \cdot FC_w \cdot FC_{sp} \cdot FC_{mc} \cdot FC_{sf} \\ &= 1900 \times 1,012 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,04 \\ &= 1999,7 \cong 2000 \text{ satuan mobil penumpang / jam} \end{aligned}$$

$C = 2000$ (smp/jam) merupakan kapasitas maksimum yang mampu ditampung untuk jalan Tol Padalarang – Cileunyi

Catatan : Menurut HCM 1995, dengan kapasitas $C = 2000$ smp/jam/lajur adalah kapasitas ideal untuk jalan dengan banyak lajur

5.3.2 Penentuan jumlah lajur

Dari hasil perhitungan kapasitas jalan diatas telah diketahui bahwa kapasitas ideal untuk jalan tol Padalarang – Cileunyi adalah 2000 kendaraan/jam/lajur. Pihak konsultan telah merancang jumlah lajur untuk jalan Tol Padalarang – Cileunyi yaitu jalan 4 lajur 2 arah. Sehingga jumlah kendaraan pada jalan 2 lajur satu arah adalah 4000 kendaraan/jam. Sedang tingkat pelayanan yang diharapkan adalah tingkat pelayanan A. Kriteria tingkat pelayanan dari jalan tol dapat dilihat dalam tabel 5.19 berikut :

Tabel 5.19 : Kriteria tingkat pelayanan untuk jalan berlajur banyak. (HCM 1985)

Tingkat pelayanan	Kepadatan	Kec. Rencana 70 mph		Kec Rencana 60 mph		Kec. Rencana 50 mph	
		Kecepatan. (mph)	V/C	Kecepatan (mph)	V/C	Kecepatan (mph)	V/C
A	≤ 12	≥ 57	0,36	≥ 50	0,33	-	-
B	≤ 20	≥ 53	0,54	≥ 48	0,50	≥ 42	0,45
C	≤ 30	≥ 50	0,71	≥ 44	0,65	≥ 39	0,60
D	≤ 42	≥ 40	0,87	≥ 40	0,80	≥ 35	0,76
F	≤ 67	≥ 30	1,00	≥ 30	1,00	≥ 28	1,00
F	> 67	< 30	c	< 30	c	< 28	C

Kecepatan rencana pada jalan Tol Padalarang – Cileunyi adalah 80 km/jam. Dari data analisis lalu lintas yang telah dilakukan oleh konsultan didapat

- Tahun 1981, volume lalu lintas harian rata - rata = 8703,5 smp/hari
= 362,6 smp/jam

$$\text{Nilai V/C} = \frac{362,6}{4000} = 0,091 < 0,33$$

Jadi pada awal pembangunan jalan tingkat pelayanan jalan masih pada tingkat pelayanan A.

- Tahun 2005, volume lalu lintas harian rata - rata = 51968 smp/hari
= 2165,3 smp/jam

$$\text{Nilai V/C} = \frac{2165,3}{4000} = 0,5413 > 0,50$$

$$< 0,65$$

Jadi pada akhir umur rencana tingkat pelayanan jalan sudah turun menjadi tingkat pelayanan C. Agar tingkat pelayanan jalan pada akhir umur rencana masih pada tingkat pelayanan A maka jumlah lajur tiap arah ditentukan sebagai berikut :

Nilai V/C untuk tingkat pelayanan A = 0,33

$$V/C = 0,33, \text{ maka } V = 0,33 \times 2000 = 660 \text{ smp/jam}$$

Untuk tiap lajur dengan tingkat pelayanan A besarnya lalu lintas yang dapat ditampung adalah 660 smp/jam. Dari data analisis lalu lintas yang dilakukan oleh konsultan didapat volume lalu lintas = 2165,3 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 :

$$\text{Jumlah lajur} = \frac{2165,3}{660} = 3,28, \text{ diperlukan 4 lajur tiap arah.}$$

5.4 Pembahasan

Sebagai tinjauan pada perancangan geometrik Simpang susun Kopo ini adalah perancangan “ramp” yang menjadi bagian dari simpang susun tersebut. Standar perancangan yang dipakai pada perhitungan geometriknya adalah :

1. Spesifikasi Standar untuk Perencanaan Geometrik Jalan Luar Kota, Dep. P.U., Dirjend Bina Marga, 1990.
2. A Policy on Geometric Design of Rural Highway, AASHTO, 1994.

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

Data perancangan geometrik Simpang susun Kopo adalah sebagai berikut :

1. Kendaraan rencana adalah kendaraan penumpang, dengan kecepatan rencana 40 - 60 km/jam pada “ramp”. Jarak pandangan henti pada kecepatan rencana 40- 60 km/jam adalah 40 m – 70 m.
 2. Penampang melintang pada “ramp”.
 - a. Lebar R.O.W : 30 m.
 - b. Lebar perkerasan : 4,50 m untuk lajur tunggal dan 3,75 m untuk lajur ganda.
 - c. Lebar bahu : 3,00 m untuk bahu luar dan 2,00 untuk bahu dalam.
 - d. Lebar median : 2,50 m
 - e. Kemiringan normal perkerasan : 2,5 % dan bahu jalan : 4 %.
-

f. Superelevasi maksimum : 10 %, untuk penentuan superelevasi pada masing - masing tikungan dipakai tabel superlevasi dari Bina Marga.

g. Jenis tikungan yang dipakai adalah Spiral-Spiral, Cicle-Circle dan Loop.

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. Lengkung vertikal pada profil memanjang “ramp” berbentuk huruf S untuk memberikan syarat keamanan dan kenyamanan.

5. Jalan penghubung (“Ramp”).

Bentuk “ramp” adalah hubungan langsung, hubungan setengah langsung dan memakai loop. Bentuk loop merupakan gabungan dari Spiral dan beberapa Circle. Terminal “Ramp” terdiri dari terminal masuk dan terminal keluar dengan tipe taper, paralel dan fork, dilengkapi pula dengan lajur perubahan kecepatan.

Perhitungan geometrik untuk alinyemen vertikal dan horisontal menggunakan standar perancangan dari Bina Marga 1990 dan AASHTO 1994. Koordinat sebagai titik awal persimpangan ditentukan pada sta 24 + 350, 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 sebagai berikut :

1. Ramp 4001

Lengkung tikungan yang dipakai adalah tipe Spiral – Circle – Spiral. Panjang jalan untuk ramp 4001 adalah: 708,888 m

2. Ramp 4002

Lengkung tikungan yang dipakai adalah Full Circle yaitu merupakan gabungan lengkung Circle tanpa lengkung peralihan. Panjang jalan untuk ramp 4002 adalah: 822,4 m.

1. Ramp 4003

Pada ramp 4003 dipakai loop dengan 3 pusat yaitu tipe Spiral - Circle- Circle- Circle – Spiral. Panjang jalan untuk ramp 4003 adalah: 894,7594 m

4. Ramp 4004

Ramp 4004 memakai lengkung berbalik dengan tipe Spiral – Circle – Tangen – Circle. Dibuat daerah tangen untuk memberi kemudahan dalam pencapaian superelevasi pada lengkung berikutnya. Panjang jalan ramp 4004 adalah: 777,9851 m.

Pada perhitungan alinyemen vertikal penentuan elevasi tanah dasar dan elevasi perkerasan menggunakan data dari konsultan. Bentuk profil memanjang alinyemen vertikal pada ramp berbentuk huruf S sehingga dengan profil tersebut memberikan keamanan, kenyamanan dan menghemat biaya operasi kendaraan.

Untuk perancangan kapasitas dan jumlah lajur pada jalan utama standar yang digunakan adalah HCM 1985. Penentuan nilai kapasitas jalan digunakan faktor – faktor yang mempengaruhi besarnya kapasitas jalan tersebut.

Hasil perhitungan didapat nilai kapasitas untuk satu lajur adalah 2000 smp/jam.

Pada perancangan jalan Tol Padalarang – Cileunyi ini tingkat pelayanan yang diharapkan adalah tingkat pelayanan A. Pada awal umur rencana, jalan 2 lajur 2 arah masih mampu untuk memberi tingkat pelayanan A. Tetapi pada akhir umur rencana tingkat pelayanan jalan menjadi tingkat pelayanan C. Untuk mempertahankan supaya masih dalam tingkat pelayanan A jalan harus dirancang 4 lajur tiap arah. Akan tetapi karena alasan ekonomis dan keterbatasan dana maka jalan tetap dirancang 2 lajur 2 arah.

1017

57



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 menghindari 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. Lapisan penutup dibuat dari campuran bitumen yang relatif lebih tipis bila dibandingkan lapisan - lapisan pondasi di bawahnya. 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 di atasnya.

2. Perkerasan Tegar (“Rigid Pavement”)

Perkerasan Tegar ini terdiri dari satu lapisan beton yang diletakkan langsung atau dengan terlebih dahulu dibuatkan selapis tipis pondasi di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Kekuatan perkerasan ini bukanlah ~~ditentukan oleh kekuatan tanah dasarnya, tapi 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 Padalarang - Cileunyi konstruksi perkerasannya menggunakan perkerasan lentur, namun penulisan Tugas Akhir ini

perancangan perkerasan jalan digunakan perkerasan tegar sebagai bahan pembanding dengan perkerasan yang sudah ada.

Bagian - bagian dari perkerasan tegar 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 tegar

6.3 Metoda Perancangan

Dalam Tugas Akhir ini perancangan jalan Tol Padalarang - Cileunyi dianggap sebagai perkerasan baru dengan umur rencana 20 tahun. Perancangan perkerasannya menggunakan perkerasan tegar 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 Ekivalen (E)

Angka Ekivalen yaitu angka yang menunjukkan perbandingan jumlah lintasan beban sumbu kendaraan dengan jumlah lintasan beban sumbu tunggal standar seberat 8,16 ton (18.000 lbs) beroda ganda. Beban kendaraan lain dengan beban sumbu yang berbeda – beda diekivalenkan ke beban sumbu standar menggunakan angka ekivalen beban sumbu (E). Angka Ekivalen masing - masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut rumus di bawah:

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

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

Bila beban sumbu depan dan belakang untuk masing - masing kendaraan pada jalan Tol Padalarang - Cileunyi 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 dihitung 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 sebuah 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/kahalusan 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, AASTHO menetapkan dua besaran angka seperti tersebut di atas.

$I_{Po} = 4$ menyatakan kondisi permukaan jalan yang stabil dan baik sekali pada awal umur rencana, AASTHO hanya mengambil satu besaran angka untuk perkerasan tegar.

ΔPSI adalah selisih antara I_{Po} dan I_{Pt}

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	-1,34

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
Jalan 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: AASHTO 1986

2. Nilai Cd berdasarkan kondisi drainasi yang dipilih berdasarkan tabel diatas

dapat ditentukan dengan melihat tabel 6.5 di bawah 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 - 1,10	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 AASTHO 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 :

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

Dari rumus tersebut dicari nilai besaran rencana yaitu :

1.W18 = Prediksi jumlah beban yang lewat (dalam SAL 18 kips) untuk umur rencana 20 tahun.

Awal umur rencana tahun 1981:

C = 3184 kendaraan (mobil penumpang/kendaraan ringan)

B = 413 kendaraan(bus)

T = 1723 kendaraan (truk)

Berdasarkan hasil analisis lalu lintas didapat prediksi angka perkembangan lalu lintas seperti tercantum pada tabel 6.6 berikut:

Tabel 6.6 : Prediksi angka pertumbuhan lalu lintas

	Car	Bus	Truk
1980 - 1985	12 %	10 %	10 %
1985 - 1990	9 %	8 %	8 %
1990 - 2005	7 %	8 %	6 %

Sumber: Bina Marga berdasarkan analisis lalu lintas yang dilakukan oleh Konsultan (lihat bab III)

LHR pada awal tahun rencana perkerasan (tahun dibukanya jalan Tol)

dihitung dengan rumus $(1 + i)^n$:

$$\text{Car} : (1 + 12\%)^4 \cdot 3184 = 5011 \text{ kendaraan}$$

$$\text{Bus} : (1 + 12\%)^4 \cdot 413 = 605 \text{ kendaraan}$$

$$\text{Truk} : (1 + 12\%)^4 \cdot 1723 = 2523 \text{ kendaraan}$$

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

$$\text{Car} : (1 + 8\%)^{20} \cdot 5011 = 23351 \text{ kendaraan}$$

$$\text{Bus} : (1 + 8\%)^{20} \cdot 605 = 2820 \text{ kendaraan}$$

$$\text{Truk} : (1 + 8\%)^{20} \cdot 2523 = 11760 \text{ kendaraan}$$

Menentukan angka Ekuivalen Lalu lintas (E) dihitung:

$$\text{Car} : \text{as depan} \quad (1 \text{ ton})/(2,00 \text{ kips}) : E = 0,0002$$

$$\text{as belakang} (1 \text{ ton})/(2,00 \text{ kips}) : E = 0,0002$$

$$\frac{\quad}{\quad} +$$

$$E = 0,0004$$

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

$$\text{as belakang} (5 \text{ ton})/(11,1 \text{ kips}) : E = 0,1410$$

$$\frac{\quad}{\quad} +$$

$$E = 0,1593$$

Truk : as depan (5 ton)/(11,1 kips) : $E = 0,1410$

as belakang (8 ton)/(17,6 kips) : $E = 0,9238$

$$\frac{\quad}{\quad} +$$

$$E = 1,0648$$

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

Car = $\frac{1}{2} \cdot (5010 + 23351) = 14181$ kendaraan

Bus = $\frac{1}{2} \cdot (605 + 2820) = 1713$ kendaraan

Truk = $\frac{1}{2} \cdot (2523 + 11760) = 7142$ kendaraan

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

$$W_{18} = (14181 \times 0,0004) + (1713 \times 0,1593) + (7142 \times 1,0648)$$

$$= 7883,3549 \text{ SAL}$$

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

$$W_{18} - 7883,3549 \times 20 \times 365 = 57,54849 \cdot 10^6 \text{ SAL}$$

Δ Psi = 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

C_d = koefisien drainasi, diambil dari tabel 6.5, dengan kondisi drainasi

sangat baik dan persentase waktu terendam air $< 1\%$;

didapat $C_d = 1,2$ (tanpa satuan)

J = Koefisien penyaluran beban (Load transfer koefisien)

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

E_c = Modulus elastisitas beton (psi)

digunakan beton dengan $f_c' = 30$ Mpa , maka didapat $E_c = 4700 (f_c')^{0,5}$

$E_c = 3,07 \cdot 10^5$ 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

$$\begin{aligned} \log W 18 = & 7,35 \cdot \log (D + 1) - 0,06 + \frac{\log \left[\frac{\Delta \text{PSI}}{4,5 - 1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \cdot 10^7}{(D + 1)^{8,46}}} \\ & + (4,22 - 0,32 \cdot \text{Pt}) \times \log \left[\frac{\text{Sc}' \cdot \text{Cd} \cdot (D^{3/4} - 1,132)}{215,63 \cdot \text{J} \cdot \left(D^{3/4} - \frac{18,42}{(\text{Ec}/\text{K})^{0,25}} \right)} \right] \\ & + Z_R \cdot S_o \\ 7,76 = & 7,35 \cdot \log (D + 1) - \frac{0,3}{1 + \frac{1,624 \cdot 10^7}{(D + 1)^{8,46}}} \\ & + 4,3 \times \log \left[\frac{780 \cdot (D^{3/4} - 1,132)}{690,016 \cdot (D^{3/4} - 2,4776)} \right] - 0,52 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan cara trial:

coba, $D = 12''$ hasilnya : $7,76 = 7,3$

$D = 13,6''$ $7,76 = 7,74$

$D = 13,7''$ $7,76 = 7,762$

Dari hasil trial di atas didapat tebal plat beton perkerasan $D = 13,7$ inci

= 35 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.

Dipakai baja dengan $f_s = 45.000$ psi

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

$$\text{Tulangan memanjang } A_s = \frac{w \cdot f \cdot L_y}{2 \cdot f_s}$$

$$A_s = \frac{125 \cdot 1,5 \cdot 40}{2 \cdot 45.000}$$

$$= 0,08 \text{ in}^2 / \text{feet panjang}$$

$$\text{Tulangan melintang } As = \frac{w \cdot f \cdot Lx}{2 \cdot fs}$$

$$As = \frac{125 \cdot 1,5 \cdot 15}{2 \cdot 45.000}$$

$$= 0,03 \text{ in}^2 / \text{feet panjang}$$

6.6 Tebal Lapis Pondasi

Pondasi untuk perkerasan tegar 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 (“stripping”)

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 itu 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 keatas 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, setelah 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 di udara, 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 di bawah 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 dihongkar 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 sudah 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 6.7 : Persyaratan gradasi untuk pondasi (AASHTO M 147)

ASTM standart 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
N0. 40 (0,476 mm)	2 – 18
No. 200 (0,074 mm)	0 - 10

4. Persentase yang lolos saringan No. 200, harus tidak melebihi $\frac{2}{3}$ dari persentase yang lolos saringan No. 40.

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 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 di atas atau di bawah 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 didapat sesuai dengan yang diharapkan. Bahan dan persyaratan untuk campuran beton pada perkerasan tegar adalah sebagai berikut:

1. Jenis semen yang dipakai dalam perkerasan beton adalah Portland Cemen biasa. 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 atau kombinasi dari ketiganya.

- Spesifikasi agregat halus:

Kebutuhan umum agregat halus terdiri dari pasir alami atau dapat pula digunakan bahan - bahan mineral lain 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 kerikil 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 inci, sedang untuk agregat yang lebih kecil digunakan pada jalan dengan lalu lintas yang berat. Agregat harus lolos pada saringan 3/16". Ukuran maksimum agregat kasar beton perkerasan adalah 2,5 inci.

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 pengerjaan ("workability") adalah sifat yang menentukan untuk menghasilkan beton dalam keadaan padat, tidak berpori ("full compaction"), merupakan sifat terpenting dalam keadaan plastis. Sifat kemudahan dalam pengerjaan dapat diukur baik dengan "compacting faktor 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 (“compacting factor”) antara 0,85 dan 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 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 perkerasan beton:

1. Beton perkerasan yang digunakan adalah beton siap pakai (“ready mix”) hasil produksi dari pabrik pusat pengolahan beton
2. Pengangkutan beton siap pakai dari pusat pengolahan beton ke lokasi proyek dilakukan menggunakan truk pengangkut beton (truk molen).
3. Penghamparan adukan beton dengan penghamparan geser (“slip form praver”) 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 di belakang

penggetar adalah sisi perata yang berorientasi tegak lurus terhadap arah gerakan kendaraan. Alat ini mengisi dan mengikis permukaan beton hingga 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 (“tube finisher”). Tahapan ini dilakukan 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 inci. 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 penghampatan 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 diikatkan 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 Padalarang – Cileunyi 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 35 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 penghampanan

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 itu tidak terisi oleh air maka dipasang pengisi sambungan atau lebih tepatnya takikan dengan bahan neoprene.

Pada perkerasan kaku tingkat kenyamanannya kurang bila dibanding dengan perkerasan lentur, tetapi untuk menambah tingkat kenyamanan perkerasan kaku ini di atasnya bisa ditambahkan selapis aspal beton, tapi lapisan ini tidak difungsikan menahan beban lalu lintas sehingga tidak perlu dihitung tebal aspal betonnya. Aspal beton ini untuk lebih menambah tingkat kenyamanan jalan, karena jika dibanding jalan dengan perkerasan lentur maka tingkat kenyamanan perkerasan kaku lebih kecil.

BAB VII

PERANCANGAN DRAINASI

7.1 Umum

Drainasi merupakan sistem untuk mengalihkan pengaliran air permukaan maupun air tanah, pada suatu area secara alamiah ataupun buatan. Pengaliran 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 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 di waktu 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.

7.1.2 Lingkup Perancangan

Lingkup perancangan sistem drainasi pada proyek ini hanya terbatas pada daerah tinjauannya saja. Data yang dipakai dalam perancangan drainasi tersebut adalah data curah hujan yang diperoleh dari stasiun Husein Sastranegara dan gambar pada proyek tersebut. Adapun perancangan sistem drainasi yang digunakan meliputi :

1. Drainasi permukaan jalan, dengan adanya kemiringan pada permukaan jalan, bahu serta area sekitarnya.
2. Penampungan serta penyaluran air permukaan melalui saluran samping (side ditch).
3. Gorong - gorong ("culverts"), untuk pembuangan air ke saluran alamiah.
4. Drainasi bawah permukaan memakai pipa berlubang yang bertujuan untuk menurunkan permukaan air tanah.

7.2 Metoda Perhitungan

Sebelum dilakukan rencana detail masing - masing sistem drainasi, penguasaan ilmu - ilmu penunjang yaitu hidrologi dan hidrolika, dilakukan untuk menganalisa parameternya.

Dalam pemilihan metoda yang dipakai untuk penentuan debit, perlu diperhatikan ciri - ciri daerah aliran, luas daerah aliran dan sifat - sifat hujan yang terjadi. Pada perancangan drainasi untuk jalan raya, menggunakan metoda rasional, karena luas pengalirannya kurang dari (40 - 80 ha). Debit dan alirannya dinyatakan dengan rumus: $Q_p = 1/3,6 \times C \times I_c \times A$

dengan : Q_p = Debit pengaliran ($m^3/detik$)

C = Koefisien pengaliran, tanpa dimensi

I_c = Intensitas hujan selama waktu yang sama dengan lamanya waktu konsentrasi (t_c), dalam periode ulang (mm/jam)

A = Luas daerah pengaliran (km^2)

7.2.1. Koefisien Pengaliran (C)

Untuk daerah kecil, permukaan tanah dianggap memiliki ciri - ciri yang sama, besarnya angka pengaliran tidak banyak berbeda, maka untuk daerah kecil dapat diambil angka yang sama untuk besarnya angka pengaliran.

Harga dari koefisien ini dapat diambil seperti tabel 7.1 berikut :

Tabel 7.1 : Harga koefisien pengaliran

Jenis permukaan	Nilai C
Permukaan yang rapat dan kedap air	0,75 - 0,95
Perkerasan jalan aspal	0,80 - 0,95
Perkerasan jalan beton	0,70 - 0,90
Tanah sangat padat *)	0,40 - 0,65
Tanah padat berumput *)	0,30 - 0,55
Tanah berpasir tidak kedap air *)	0,15 - 0,40
Tanah berpasir tidak kedap air berumput *)	0,10 - 0,30
Tanah banyak mengandung pasir *)	0,05 - 0,20
Tanah banyak pasir berumput *)	0,00 - 0,10

catatan : *) untuk kemiringan 1 % - 2 %

Sumber: Irrigation Manual On Drainage , Directorate General Of Water resources
Development Ministry Of Public Works, Republic Of Indonesia.

7.2.2 Intensitas Hujan (I_c)

Air hujan yang jatuh di suatu 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 konsentrasi (t_c).

Intensitas hujan I_c , diperoleh dari persamaan Lengkung Intensitas Hujan dengan lebih dahulu menghitung secara trial dan error harga t_c agar terpenuhi:

$$t_c = t_{of} + t_{df} \geq 7,5 \text{ menit, dengan:}$$

t_{of} = waktu pengaliran air di permukaan

t_{df} = waktu pengaliran air di saluran

menurut Izzard:

$$t_{of} = \frac{526 \times b \times L^{1/3}}{(c \times I_c)^{2/3}}$$

$$b = \frac{2,76 \times 10^{-5} \times (I_c + C_r)}{S^{1/3}}$$

dengan :

L = panjang medan pengaliran (m)

S = kemiringan permukaan

I_c = Intensitas hujan selama t_c (mm/jam)

C_r = Koefisien perlambatan permukaan ("retardance coefficient"), dapat

dilihat pada tabel 7.2.

$$t_{df} = L_{df} / V_{df}$$

dengan:

L_{df} = panjang pengaliran dalam saluran (m)

V_{df} = kecepatan pengaliran pada saluran, berkisar antara 0,5 s.d. 0,6

(m/detik), atau dicari dengan rumus Manning

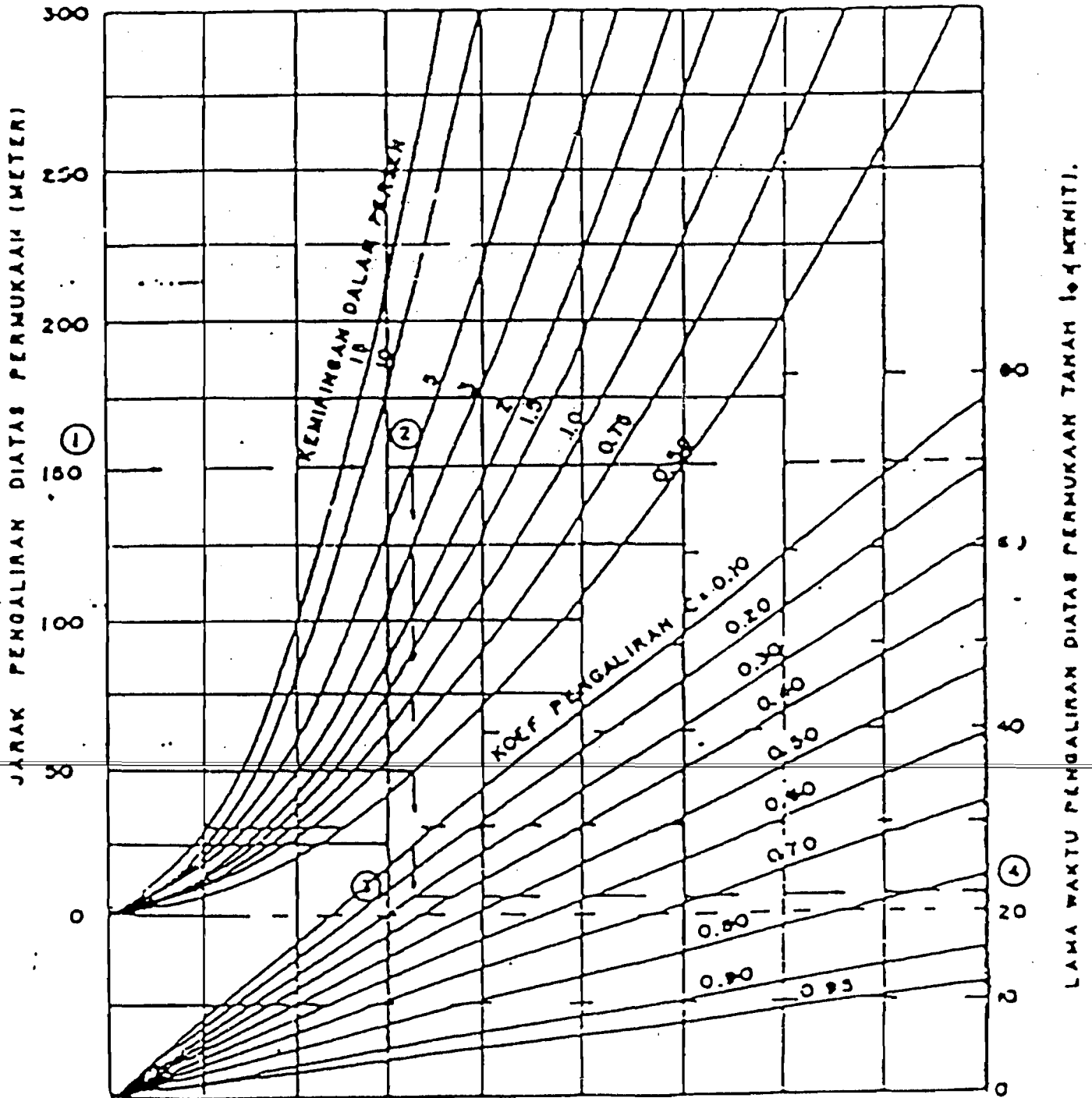
Tabel 7.2 : Harga koefisien perlambatan permukaan

("retardance coefficient")

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 resources
Development Ministry Of Public Works, Republic Of Indonesia.

Untuk daerah Bandung harga tof dapat juga dicaridari grafik dibawah ini yang dibuat oleh BUDS (Bandung Urban Development and Sanitation Project).



Grafik 7.1 : Diagram untuk memperkirakan harga tof



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 metoda Gumbel berikut ini:

Rumus Gumbel:

$$X_{TR} = X + K.Sx, \quad \text{dengan :}$$

$$X_{TR} = \text{curah hujan untuk perioda ulang TR tahun}$$

$$X = \text{curah hujan rata - rata}$$

$$Sx = \text{simpangan standar (standard deviation)}$$

$$K = \text{faktor frekwensi}$$

$$= (Y_{TR} - Y_n) / S_n$$

$$Y_{TR} = \text{variasi pengurangan}$$

$$= -(0,834 + 2,303 \log \log [(TR)/(TR - 1)])$$

$$Y_n = \text{penurunan rata}$$

$$S_n = \text{penurunan simpangan standar}$$

$$TR = \text{tahun periode ulang}$$

Keterangan:

Y_n dan S_n merupakan fungsi dari jumlah data "n" lihat pada tabel 7.5 dan tabel 7.6.

2. Pemilihan rumus yang paling mewakili dari 3 rumus lengkung intensitas

hujan yaitu:

- a). rumus Prof. Sherman: $I = a/t^n$
- b). rumus Prof. Talbot : $I = a/(t + b)$
- c). rumus Dr. Ishiguro : $I = a/(t^{1/2} + b)$

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 Husain Sastranegara, sifat - sifat meteorologi stasiun tersebut sama dengan sifat - sifat meteorologi dari daerah jalan ini.
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 5 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 On Drainage , Directorate General Of Water resources
Development Ministry Of Public Works, Republic Of Indonesia.

Tabel 7.4 : Data Intensitas Curah Hujan Stasiun Husein Sastranegara (dalam satuan mm/jam)

No	Tahun	5 menit	10 menit	15 menit	30 menit	45 menit	60 menit	120 menit
1	1957	201,6	184,8	129,6	97,2	82,50	65,3	46,15
2	1958	141,6	138,0	94,0	90,8	69,45	49,6	39,20
3	1959	135,6	130,6	127,6	101,8	84,75	58,2	30,60
4	1960	140,4	105,6	93,6	83,0	86,85	70,2	35,70
5	1961	189,6	120,6	100,0	91,0	76,35	54,9	28,25
6	1962	138,0	120,6	100,0	61,0	60,45	45,0	25,00
7	1963	120,0	111,0	81,2	60,0	51,75	40,3	24,50
8	1964	122,4	110,0	101,0	80,0	68,55	50,5	25,35
9	1965	138,0	126,0	90,3	79,6	70,80	48,7	27,10
10	1966	176,4	118,2	88,0	64,0	49,35	43,4	22,90

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	1,0915	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 perioda ulang 5 tahun dan 25 tahun.

Sebagai contoh :

Diambil data intensitas curah hujan Stasiun Husein Sastranegara pada perioda ulang 5 tahun, dengan durasi = 5 menit

Gunakan rumus Gumbell : $X_{TR} = X + K \cdot S_x$

$$X = (\sum X_i) / n$$

dengan : X = curah hujan rata - rata

X_i = jumlah curah hujan pada durasi 5 menit

n = lama tahun pengamatan

$$\begin{aligned} X_i &= 201,6 + 141,6 + 135,6 + 140,4 + 189,0 + 138,0 + 120,0 + 122,4 + \\ &\quad 138,0 + 176,4 \\ &= 1503,6 \end{aligned}$$

$$n = 10$$

$$X = \frac{1503,6}{10} = 150,36$$

S_x = Standart deviasi (simpangan baku)

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (X - X_n)^2}{n}}, \quad X_n = \text{curah hujan tahun ke } n$$

Data X dan Xn dibuat secara tabelaris

no	n	(X - Xn)	(X - Xn) ²
1	150,36	201,6	2625,54
2	150,36	141,6	76,74
3	150,36	135,6	217,86
4	150,36	140,4	99,20
5	150,36	189,6	1539,78
6	150,36	138,0	152,77
7	150,36	120,0	921,73
8	150,36	122,4	781,76
9	150,36	138,0	152,77
10	150,36	176,4	678,08

$$\Sigma = 7246,23$$

$$S_x = \sqrt{\frac{7246,23}{10}} = 28,37$$

Dari tabel 7.5 dan tabel 7.6, masing - masing harga (n = 10) :

$$Y_n = 0,4952 \quad ; \quad S_n = 0,9496$$

$$Y_5 = - (0,834 + \text{Log log } \{(TR) / (TR - 1)\})$$

$$= - (0,834 + \text{Log log } (5/4))$$

$$= 1,5$$

$$K = (Y_5 - Y_n) / S_n = (1,5 - 0,4952) / 0,9496 = 1,0581$$

maka:

$$X_5 = X + K \cdot S_x$$

$$= 150,36 + 1,0581 \cdot 28,37$$

$$= 180,38 \text{ mm/jam}$$

Dan perhitungan selanjutnya untuk perioda ulang dan durasi yang lain

dilakukan secara tabelaris, berikut ini hasil perhitungan Intensitas hujan (mm/jam) yang merupakan Tabel 7.7.

Tabel 7.7 : Hasil Perhitungan Intensitas Hujan satuan dalam (mm/jam)

TR (tahun)	Durasi (menit)						
	5	10	15	30	45	60	120
5	180,38	150,55	117,46	96,72	83,97	62,77	38,48
10	202,81	168,46	160,11	108,58	94,35	70,36	44,46
25	231,14	191,14	146,09	123,57	107,46	79,95	52,01
50	252,16	207,97	157,94	134,69	117,19	87,06	57,61

b. Menetapkan besaran - besaran a, b dan n, untuk rumus - rumus intensitas.

Tinjauan terhadap persamaan dari :

- Prof. Sherman :

$$I = a / t^n$$

Dengan:

$$\text{Log } a = \frac{[\log I] [(\log t)^2] - [\log I \cdot \log t] [\log t]}{N [(\log t)^2] - [\log t] [\log t]}$$

$$\text{Log } a = \frac{(13,79639) (15,27155) - (18,79558) (9,86272)}{(7) (15,27155) - (9,86272) (9,86272)}$$

$$= 2,62960$$

$$a = 426,1868$$

$$n = \frac{[\log I] [(\log t)^2] - N [\log t] [\log I]}{N [(\log t)^2] - [\log t] [\log t]}$$

$$= \frac{(13,79639) (15,27155) - (7) (18,79558)}{(7) (15,27155) - (9,86272) (9,86272)}$$

$$= 0,4675$$

Maka $I_5 = \frac{426,18}{t^{0,4675}}$

- Prof. Talbot :

$$I = \frac{a}{t + b}$$

$$a = \frac{[I \cdot t][I^2] - [I^2 t][I]}{N[I^2] - [I][I]}$$

$$= \frac{(19243,35) (90825,59) - (1608316,13) (730,33)}{(7) (90825,59) - (730,33) (730,33)}$$

$$= 5597,6822$$

$$b = \frac{[I][It] - N[I^2 t]}{N[I^2] - [I][I]}$$

$$= \frac{(730,33) (19243,35) - (7) (1608316,13)}{(7) (90825,59) - (730,33) (730,33)}$$

$$= 27,3033$$

$$I_5 = \frac{5597,6822}{t + 27,3033}$$

- Dr. Ishiguro :

$$I = \frac{a}{\sqrt{t + b}}$$

$$a = \frac{[I \sqrt{t}] - [I^2 \sqrt{t}][I]}{N[I^2] - [I][I]}$$

$$= \frac{(3335,13)(90825,59) - (343141,22)(730,33)}{(7)(90825,59) - (730,33)(730,33)}$$

$$= 510,8922$$

$$b = \frac{[I][I \sqrt{t}] - N[I^2 \sqrt{t}]}{N[I^2] - [I][I]}$$

$$b = \frac{(3335,13)(730,13) - (7)(3431,22)}{(7)(90825,59) - (730,33)(730,33)}$$

$$= 0,3232$$

$$I_5 = \frac{510,8422}{\sqrt{t} + 0,3232}$$

TR = 10 tahun

Tinjauan terhadap persamaan dari :

- Prof. Sherman :

$$\text{Log } a = \frac{(14,15369)(15,27155) - (19,31138)(9,86272)}{(7)(15,27155) - (9,86272)(9,86272)}$$

$$a = 10^{2,6680} = 465,5861$$

$$n = \frac{(14,15369)(9,86272) - (7)(19,31138)}{(7)(15,27155) - (9,86272)(9,86272)}$$

$$= 0,4585$$

$$I_{10} = \frac{10^{2,6680}}{t^{0,4585}} = \frac{465,5861}{t^{0,4585}}$$

- Prof Talbot :

$$a = \frac{(21710,25) (114058,04) - (2031886,15) (819,13)}{(7) (114058,04) - (819,13) (819,13)}$$

$$= 6370,8300$$

$$b = \frac{(819,13) (21710,25) - (7) (2031886,15)}{(7) (114058,04) - (819,13) (819,13)}$$

$$= 27,9389$$

$$I_{10} = \frac{6370,8300}{t + 27,9389}$$

- Dr. Ishiguro :

$$a = \frac{(3749,81) (114058,04) - (431570,02) (819,13)}{7 (114058,04) - (819,13) (819,13)}$$

$$= 582,1445$$

$$b = \frac{(819,13) (3749,81) - (7) (431570,02)}{7 (114058,04) - (819,13) (819,13)}$$

$$= 0,39701$$

$$I_{10} = \frac{582,1445}{\sqrt{t} + 0,39701}$$

Untuk TR = 25 tahun

Tinjauan terhadap persamaan dari :

- Prof Sherman :

$$\text{Log } a = \frac{(14,55192) (15,27155) - (19,87907) (9,86272)}{(7) (15,27155) - (9,86272) (9,86272)}$$

$$a = 522,5017$$

$$(14,55192) (9,86272) - (7) (19,87907)$$

$$n = \frac{(7)(15,27155) - (9,86272)(9,86272)}{(7)(15,27155) - (9,86272)(9,86272)}$$

$$= 0,4537$$

- Prof. Talbot :

$$a = \frac{(24839,45)(147216,72) - (2638463,45)(931,36)}{7(147216,72) - (931,36)(931,36)}$$

$$= 7354,5617$$

$$b = \frac{(24839,45)(931,36) - (7)(2638463,45)}{7(147216,72) - (931,36)(931,36)}$$

$$b = 28,6060$$

$$I_{25} = \frac{7354,5617}{t + 28,6060}$$

- Dr. Ishiguro :

$$a = \frac{(4273,79)(147216,72) - (557897,27)(931,36)}{(7)(147216,72) - (931,36)(931,36)}$$

$$= 671,8567$$

$$b = \frac{(9318,36)(4273,79) - (7)(557897,27)}{7(147216,72) - (931,36)(931,36)}$$

$$= 0,4608$$

$$I_{25} = \frac{671,8567}{\sqrt{t + 0,4608}}$$

Untuk TR = 50 tahun.

Tinjauan terhadap persamaan dari :

- Prof. Sherman :

$$\text{Log } a = \frac{(14,81503)(15,27155) - (20,25539)(9,86272)}{(7)(15,27155) - (9,86272)(9,86272)}$$

$$a = 561,5474$$

$$n = \frac{(14,81503)(9,86272) - (7)(20,25593)}{(7)(15,27155) - (9,86272)(9,86272)}$$

$$= 0,4492$$

$$I_{50} = \frac{561,5474}{t^{0,4492}}$$

- Prof. Talbot :

$$a = \frac{(27152,55)(174218,23) - (3136537,92)(1013,81)}{(7)(174218,23) - (1013,81)(1013,81)}$$

$$= 8088,0493$$

$$b = \frac{(1013,81)(27152,55) - (7)(3136537,92)}{(7)(174218,23) - (1013,81)(1013,81)}$$

$$= 29,1624$$

- Dr. Ishiguro :

$$a = \frac{(4659,96)(174218,23) - (661059,96)(1013,81)}{(7)(174218,23) - (1013,81)(1013,81)}$$

$$= 738,9061$$

$$b = \frac{(1013,81)(4659,96) - (7)(661059,96)}{(7)(174218,23) - (1013,81)(1013,81)}$$

$$= 0,5054$$

$$I_{50} = \frac{738,9061}{\sqrt{t + 0,5054}}$$

Dari persamaan - persamaan Intensitas di atas, dilakukan perhitungan kesalahan rata - rata, seperti tertera pada tabel 7.7, 7.8, 7.9 dan 7.10 berikut :

Tabel 7.8 : Periode Ulang (TR) = 5 tahun

No	t	I	I . t	I ²	I ² . t	log t	log I	log t . log I	log t ²	√t	I/√t	I ² /√t
1	5	180,38	901,9	32536,94	162684,72	0,69897	2,25619	1,57701	0,48856	2,23607	403,34	72754,82
2	10	150,55	1505,5	22665,30	226653,03	1,00000	2,17768	2,17768	1,0000	3,16228	476,08	71673,98
3	15	117,46	1761,9	13796,85	206952,77	1,17609	2,06989	2,43438	1,38319	3,87298	454,92	53434,98
4	30	96,72	2901,9	9354,76	280642,75	1,47712	1,98552	2,93285	2,18188	5,47723	529,76	51238,12
5	45	83,97	3778,6	7050,96	317293,24	1,65321	1,92412	3,18099	2,73311	6,70820	563,29	47299,28
6	60	62,77	3766,2	3940,07	236404,37	1,77815	1,79775	3,19668	3,16182	7,74597	486,21	30519,67
7	120	38,48	4617,6	1480,71	177685,25	2,07918	1,58524	3,29559	4,32299	10,9545	421,53	16220,37
Σ		730,33	19243,4	90825,59	1608316,13	9,86272	13,79639	18,7956	15,2716	40,1571	3335,1	343141,2

Tabel 7.9 : Periode Ulang (TR) = 10 tahun

No	t	I	I . t	I ²	I ² . t	log t	log I	log t . log I	log t ²	√t	I/√t	I ² √t
1	5	202,81	1014,05	41131,90	205659,48	0,69897	2,30709	1,61259	0,48856	2,23607	453,50	91973,81
2	10	168,46	1684,60	28378,77	283787,72	1,00000	2,22650	2,22650	1,00000	3,16228	532,72	89741,62
3	15	130,11	1951,65	16928,61	253929,18	1,17609	2,11431	2,48662	1,38319	3,87298	503,91	65564,17
4	30	108,58	3257,40	11789,62	353688,49	1,47712	2,03575	3,00705	2,18188	5,47723	594,72	64574,46
5	45	94,35	4245,75	8901,92	400586,51	1,65321	1,94474	3,26467	2,73311	6,70820	632,92	59715,86
6	60	70,36	4221,60	4950,53	297031,78	1,77815	1,84733	3,16182	3,16182	7,74597	545,01	38346,66
7	120	44,46	5335,20	1976,69	237202,99	2,07918	1,64797	3,42643	4,32299	10,9545	487,03	21653,65
	Σ	819,13	21710,2	114058,04	2031886,15	9,86272	14,15369	19,31138	15,2716	40,1571	3749,81	4580240,1

Tabel 7.10 : Periode Ulang (TR) = 25 tahun

No	t	I	I . t	I ²	I ² . t	log t	log I	log t . log I	log t ²	√t	I√t	I ² √t
1	5	231,14	1155,70	53425,70	267128,50	0,69897	2,36388	1,65223	0,48856	2,23607	516,84	119463,61
2	10	191,14	1911,40	36354,50	365345,00	1,00000	2,28135	2,28135	1,00000	3,16228	604,44	114963,11
3	15	146,09	2191,30	21342,29	320134,32	1,17609	2,16462	2,54579	1,38319	3,87298	565,80	82658,26
4	30	123,57	3703,10	15269,54	458086,35	1,47712	2,09191	3,09001	2,18188	5,47723	676,82	83634,78
5	45	107,46	4837,70	11547,65	519644,32	1,65321	2,03125	3,35808	2,73311	6,70820	720,86	77463,95
6	60	79,95	5797,00	6392,00	383520,15	1,77815	1,90282	3,38350	3,16182	7,74597	619,29	49512,24
7	120	52,01	6241,20	2705,04	324604,81	2,07918	1,71609	3,56806	4,32299	10,9545	569,74	29632,36
Σ		931,36	24839,40	147216,45	2638463,45	9,86272	14,55192	19,87907	15,2716	40,1571	4273,79	5911785,7

Tabel 7.11 : Periode Ulang (TR) = 50 tahun

No	T	I	I . t	I ²	I ² . t	log t	log I	log t . log I	log t ²	√t	I/√t	I ² √t
1	5	252,16	1260,80	63584,67	317923,33	0,69897	2,40168	1,67870	0,48856	2,23607	563,85	142179,7
2	10	207,16	2071,60	42915,27	429152,67	1,00000	2,31631	2,31631	1,00000	3,16228	655,10	135710,1
3	15	157,94	2369,10	24945,04	374176,65	1,17609	2,19849	2,58563	1,38319	3,87298	611,70	96611,64
4	30	134,69	4040,70	18141,40	544241,88	1,47712	2,12934	3,141529	2,18188	5,47723	737,73	99364,62
5	45	117,19	5273,50	13733,50	618007,32	1,65321	2,06889	3,42032	2,73311	6,70820	786,13	92127,06
6	60	87,06	5223,60	7579,44	454755,62	1,77815	1,93982	3,44929	3,16182	7,74597	674,36	58710,11
7	120	57,61	6913,20	3318,91	3988269,45	2,07918	1,76050	3,66039	4,32299	10,9545	631,09	36357,00
Σ		1013,81	27152,50	174218,23	3136537,92	9,86272	14,81503	20,25593	15,2716	40,1571	4659,96	6996099,

Tabel 7.12 : Perbandingan kesalahan rata - rata, TR = 5 tahun

No	t (menit)	I	$I_s = \frac{426,18}{t^{0,4675}}$	α	$I_s = \frac{5597,6822}{T + 27,3033}$	α	$I_s = \frac{510,8422}{\sqrt{t + 0,3232}}$	α
		A	B	(B - A)	C	(C - A)	D	(D - A)
1	5	180,38	200,83	20,45	173,29	- 7,09	199,60	19,22
2	10	150,55	145,24	- 5,30	150,06	- 0,49	146,56	- 3,99
3	15	117,46	120,16	2,70	133,32	15,86	121,74	4,28
4	30	96,72	86,90	- 9,82	97,69	0,97	88,07	- 8,65
5	45	83,97	71,90	- 12,07	77,42	- 6,55	72,65	- 11,32
6	60	62,77	62,85	0,08	64,12	1,35	65,95	3,18
7	120	38,48	45,45	6,97	38,00	- 0,48	43,30	6,82
		$\Sigma (\alpha)$		3,00		3,57		9,54
		$M (\alpha)$		0,43		0,51		1,36

Tabel 7.13 : Perbandingan kesalahan rata - rata, TR = 10 tahun

No	T (menit)	I	$I_{10} = \frac{465,5861}{t^{0,4585}}$	α	$I_{10} = \frac{6370,83}{t + 27,9389}$	α	$I_{10} = \frac{582,1445}{\sqrt{t} + 0,39701}$	α
		A	B	(B - A)	C	(C - A)	D	(D - A)
1	5	202,81	222,60	19,79	193,41	- 9,40	221,09	18,28
2	10	168,46	161,99	- 6,47	167,92	- 0,54	163,56	- 4,90
3	15	130,11	134,51	4,40	148,37	18,26	136,33	6,22
4	30	108,58	97,89	- 10,69	109,96	1,38	99,10	- 9,48
5	45	94,35	81,28	- 13,07	87,34	- 7,01	81,93	- 12,42
6	60	70,36	71,24	0,88	72,45	2,09	71,49	1,13
7	120	44,46	51,84	7,38	43,06	- 1,40	51,28	6,82
		$\Sigma(\alpha)$		2,22		3,38		5,65
		$M(\alpha)$		0,32		0,48		0,81

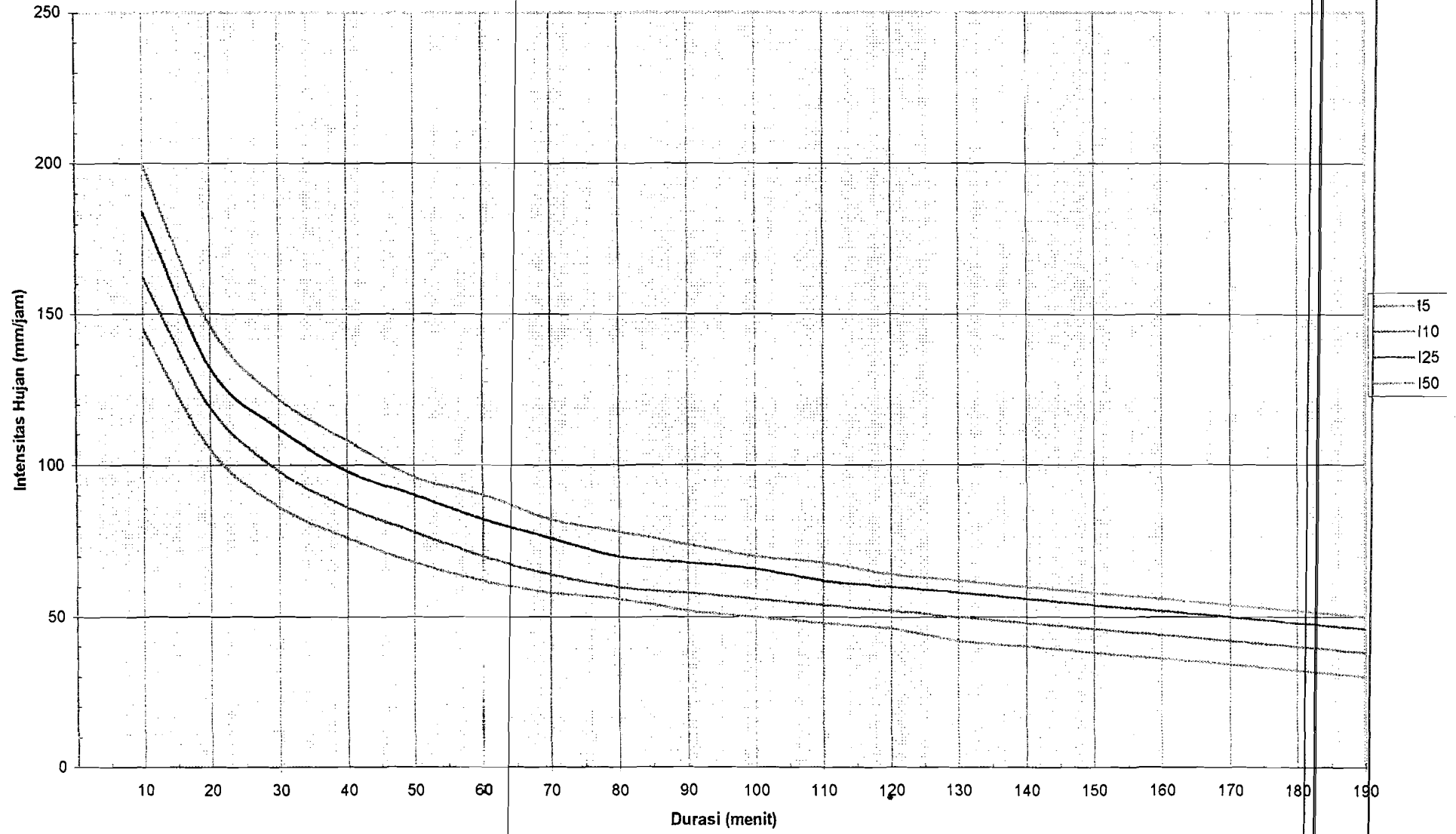
Tabel 7.14 : Perbandingan kesalahan rata - rata, TR = 25 tahun

No	t (menit)	I	$I_{25} = \frac{522,5017}{t^{0,4537}}$	α	$I_{25} = \frac{7354,5617}{t + 28,6060}$	α	$I_{25} = \frac{671,8567}{\sqrt{t} + 0,4607}$	α
		A	B	(B - A)	C	(C - A)	D	(D - A)
1	5	231,14	251,75	20,61	218,85	- 12,29	249,12	17,98
2	10	191,14	183,82	- 7,32	190,50	- 0,64	185,44	- 5,70
3	15	146,09	152,93	6,84	168,66	22,57	155,03	8,94
4	30	123,57	111,67	- 11,90	125,49	1,92	113,14	- 10,43
5	45	107,46	92,90	- 14,56	99,92	- 7,54	93,72	- 13,74
6	60	79,95	81,53	1,58	83,00	3,05	81,87	1,92
7	120	52,01	59,53	7,52	49,49	- 2,52	58,86	6,85
		$\Sigma(\alpha)$		2,77		4,55		5,82
		$M(\alpha)$		0,40		0,65		0,83

Tabel 7.15 : Perbandingan kesalahan rata - rata, TR = 50 tahun

No	T (menit)	I	$I_{50} \frac{561,5474}{t^{0,492}}$	α	$I_{50} \frac{8088,0493}{t + 29,0624}$	α	$I_{50} \frac{738,9061}{\sqrt{t} + 0,5054}$	α
		A	B	(B - A)	C	(C - A)	D	(D - A)
1	5	252,16	272,53	20,37	237,45	- 14,71	269,53	17,37
2	10	207,16	199,61	- 7,55	207,05	- 0,11	201,46	- 5,70
3	15	157,94	166,37	8,43	183,56	25,62	168,76	10,82
4	30	134,69	121,86	- 12,83	136,94	2,25	123,51	- 11,18
5	45	117,19	101,57	- 15,82	109,21	- 7,98	102,43	- 14,76
6	60	87,06	89,26	2,20	90,81	3,75	89,55	2,49
7	120	57,61	65,38	7,77	54,26	- 3,35	64,48	6,87
$\Sigma(\alpha)$				2,70		5,47		5,91
$M(\alpha)$				0,39		0,78		0,84

Lengkung Intesitas Hujan



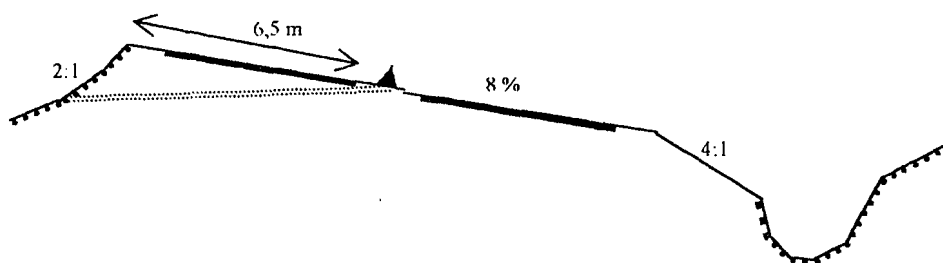
7.5. Perhitungan Dimensi Saluran

Pada interchange ini tidak terdapat saluran median, hanya dibuatkan kemiringan saja untuk mengalirkan airnya, kecuali pada daerah ramp. Air yang jatuh pada permukaan badan jalan diteruskan kedalam saluran terbuka yang berbentuk trapesium. Saluran trapesium ini dihubungkan dengan gorong – gorong yang selanjutnya akan diteruskan ke saluran alamiah. Gorong – gorong dapat berupa (“box –culvert”) atau berupa pipa berbentuk lingkaran, hal ini bergantung pada debit aliran.

Pada daerah dimana muka air tanah hampir mencapai lapisan subbase, dibuatkan drainase bawah permukaan dengan tujuan menurunkan tinggi muka air tanah tersebut. Drainase bawah permukaan dibuat dengan menggunakan pipa – pipa berlubang (“perforated pipa”) yang dilengkapi dengan saringan yang terbuat dari bahan ijuk dan batu – batu kerikil.

7.5.1. Saluran tepi

Saluran tepi yang dimaksud adalah saluran tepi pada median, saluran seperti ini terdapat pada Ramp 4003



Gambar 7.1 : Potongan melintang ramp 4003

Dengan ketentuan – ketentuan yang dipakai pada saluran:

1. Jarak antara saluran adalah 200 meter.
2. Jarak pengaliran adalah 6,5 meter.
3. Kemiringan jalan (S) adalah 8 %.
4. Koefisien pengaliran untuk perkerasan beton $C = 0,90$

Dari grafik BUDS harga t_{0r} didapat 1 menit, digunakan :

$$T_c = 7,5 \text{ menit}$$

$$I_c = 166,15 \text{ (sherman TR = 5 tahun)}$$

$$\begin{aligned} T_{d_r} &= t_c - t_{0r} = 7,5 - 1 \\ &= 6,5 \text{ menit} \end{aligned}$$

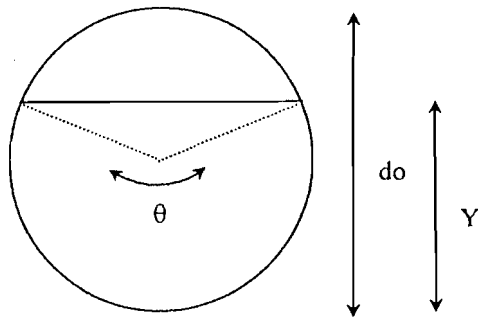
Syarat kecepatan : $0,5 < V_{d_r} < 0,6$

$$\begin{aligned} V_{d_r} &= \frac{L}{60 \cdot t_{d_r}} \text{ (m/detik)} = \frac{200}{60 \cdot 6,5} \\ &= 0,51 \text{ m/detik (memenuhi)} \end{aligned}$$

debit pengaliran :

$$\begin{aligned} Q_{p_r} &= 1/3,6 \cdot C \cdot I_c \cdot A = 1/3,6 \cdot 0,90 \cdot 166,15 (0,2 \times 0,0065) \\ &= 0,057 \text{ m}^3/\text{detik} \\ &= 57000 \text{ cm}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Dimensi Pipa :



$$A = \frac{1}{8}(\theta - \text{Sin}.\theta).do^2$$

$$R = \frac{1}{4}\left(1 - \frac{\text{Sin}.\theta}{\theta}\right).do$$

$$Y = \frac{1}{2}.do.\left(1 + \text{Cos}\frac{2\pi - \theta}{2}\right)$$

Aliran seragam :

$$Q_p = A.V$$

$$57000 = \frac{1}{8}(\theta - \sin\theta).do^2 \cdot \frac{1}{n}.R^{2/3}.S^{1/2}$$

Ditetapkan :

$$S = 0,02$$

$$n = 0,013 \text{ (koefisien kekasaran manning)}$$

Sehingga :

$$57000 = \frac{1}{8}(\theta - \sin\theta).do^2 \cdot \frac{1}{0,013} \cdot \left[\frac{1}{4}\left(1 - \frac{\sin\theta}{\theta}\right).do\right] \cdot S^{1/2}$$

Dengan trial and error :

Dicoba $do = 40 \text{ cm}$,diperoleh

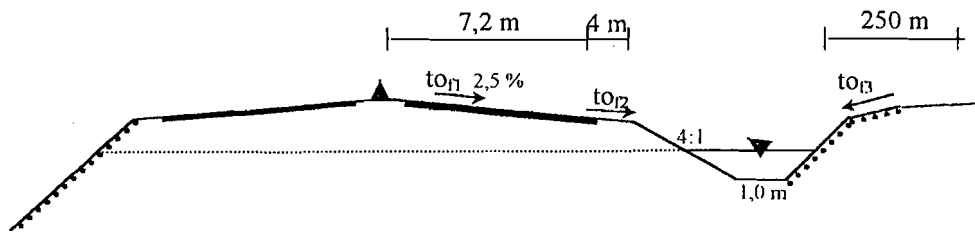
$$\theta = 1,317$$

$$A = 995,02 \text{ cm}^2 \quad ; \quad Y = 29,54 \text{ cm}$$

Jadi dengan dimensi pipa saluran, $d_o = 40$ cm, debit pengaliran Q_{p1} dapat dialirkan serta tersedia jagaan sebesar 10,46 cm.

7.5.2. Saluran samping pada Jalan Tol

Setiap jarak 200 meter dipasang gorong – gorong, melintang badan jalan.



Gambar 7.2 : Potongan saluran samping pada jalan tol

$$S_1 = 1 \%$$

$$C = 0,3 \text{ (untuk tanah berumput)}$$

$$L = 250 \text{ meter}$$

Dari grafik BUDS didapat : $to_{11} = 45$ menit

- Bahu jalan dengan $S = 4 \%$

$$C = 0,90 \text{ (untuk permukaan beton)}$$

Jarak pengaliran = 4 meter

Dari grafik BUDS didapat : $to_{12} = 1,5$ menit

- Bahu jalan dengan $S = 2,5 \%$

$$C = 0,90 \text{ (untuk permukaan beton)}$$

Jarak pengaliran = 7,2 meter

Akan didapat harga $to_{13} = 1$ menit

$$T'o_f = to_{12} + to_{13} = 2,5 \text{ menit}$$

$to_{12} > T'o_f$, maka harga to_f yang dipakai adalah $to_{11} = 45$ menit.

Coba harga $t_c = 51$ menit, $t_{d_f} = t_c - t_{o_f} = 51 - 45 = 6$ menit

$$V_{d_f} = \frac{L}{t_{d_f}} = \frac{200}{60.6} = 0,55 \text{ m/det.}$$

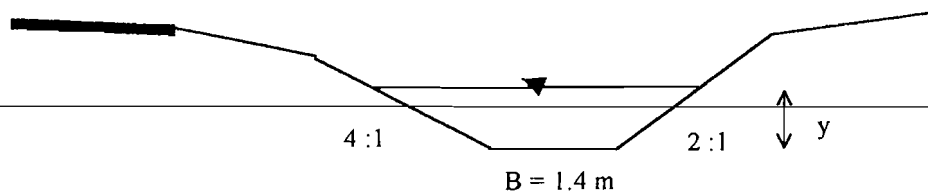
$$Q_s \text{ trapesium} = \frac{1}{3,6} \cdot I_c \cdot C_{gab} \cdot A$$

Dari harga $t_c = 51$ menit, $I_c = 77,3$ mm/jam (TR = 10 tahun)

$$\begin{aligned} C_{gab} &= \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + C_3 \cdot A_3}{A_1 + A_2 + A_3} \\ &= \frac{0,3 \cdot 0,25 \cdot 0,2 + 0,5 \cdot 0,04 \cdot 0,2 + 0,90 \cdot 0,0072 \cdot 0,2}{0,25 \cdot 0,2 + 0,04 \cdot 0,2 + 0,0072 \cdot 0,2} \\ &= 0,343 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ sal. Trapesium} &= \frac{1}{3,6} \cdot 77,3 \cdot 0,343 (0,25 \cdot 0,2 + 0,04 \cdot 0,2 + 0,0072 \cdot 0,2) \\ &= 0,437774 \text{ m}^3/\text{det.} = 437774 \text{ cm}^3/\text{det.} \end{aligned}$$

Dimensi Saluran :



$$n = 0,025$$

$$A = y (B + m \cdot y)$$

$$P = 140 + y (\sqrt{5} + \sqrt{7})$$

$$\begin{aligned} V &= 0,41 (Q)^{0,225} = 0,41 (0,437774)^{0,225} \\ &= 0,3405 \text{ m/det} \end{aligned}$$

$$B/y = 2 \quad ; \quad B = 2y \quad ; \quad m = 2$$

$$A = y (2y + 2 \cdot y)$$

Tabel 7.16 : Hubungan debit dan perbandingan B/y

Q (m ³)	B/y
0,00 – 1,50	2
1,50 – 3,00	2,5
3,00 – 4,50	3
4,50 – 6,00	3,5
6,00 – 7,00	4
7,00 – 9,00	4,5

Sumber: Dasar – dasar teknik irigasi

$$Q_s = V \cdot A \quad ; \quad Q_s/V = A$$

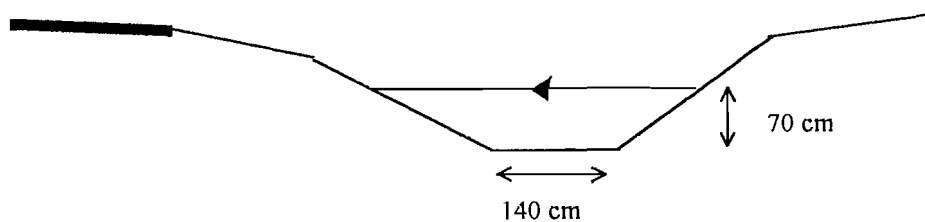
$$1,2857 = y(2y + 2y) \quad ; \quad y = 0,57 \text{ m} = 57 \text{ cm}$$

$$B = 140 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi jagaan } 20 \% \cdot y = 11,4 \text{ cm}$$

$$\text{Kedalaman saluran} = 68,4 \text{ cm}$$

$$\text{Dan ambil kedalaman} = 70 \text{ cm}$$



Kemiringan saluran trapesium, ditentukan dengan rumus Manning.

$$V_{df} = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

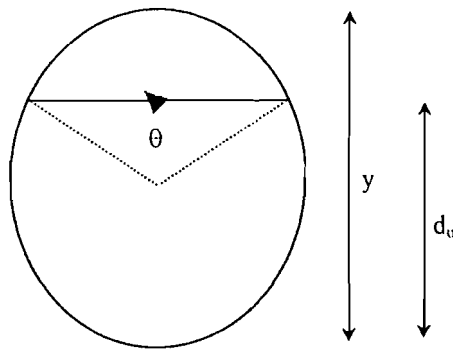
$$34,05 = \frac{1}{0,025} \left[\frac{(140 + 2 \cdot 57) \cdot (57)}{140 + 57(\sqrt{5} + \sqrt{7})} \right]^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

$$S = 0,01 \text{ atau } 1 \%$$

7.5.3 Gorong – gorong

Air yang terdapat pada saluran trapesium disalurkan ke saluran alamiah dengan memakai gorong – gorong berbentuk lingkaran.

$$Q_s \text{ Trapesium} = 437774 \text{ cm}^3/\text{det.}$$



$n = 0,013$ (Koefisien kekasaran Manning)

$$S = 0,01$$

$$A = \frac{1}{8}(\theta - \text{Sin}\theta)d_0^2$$

$$R = \frac{1}{4}\left(1 - \frac{\text{Sin}\theta}{\theta}\right)d_0$$

$$Y = \frac{1}{2} \cdot d_0 \left[1 + \text{Cos}\left(\frac{2\pi - \theta}{2}\right) \right]$$

$$Q = A \cdot V$$

$$= \frac{1}{8}(\theta - \text{Sin}\theta)d_0^2 \cdot \frac{1}{0,0130} \left[\frac{1}{4}\left(1 - \frac{\text{Sin}\theta}{\theta}\right)d_0 \right]^{2/3} \cdot 0,01^{1/2}$$

$$\text{Coba } d_0 = 100 \text{ cm} \quad ; \quad \theta = 1,272 \pi$$

$$Q = \frac{1}{0,013} \left[\frac{1}{4}\left(1 - \frac{\text{Sin}\theta}{\theta}\right)d_0 \right]^{2/3} \cdot 0,01^{1/2} \cdot \frac{1}{8}(\theta - \text{Sin}\theta)d_0^2$$

$$Q = \frac{1}{0,013} \left[\frac{1}{4}\left(1 - \frac{\text{Sin}229^\circ}{1,272 \cdot \pi}\right) \cdot 100 \right]^{2/3} \cdot 0,01^{1/2} \cdot \frac{1}{8}(1,272 \cdot \pi - \text{Sin}229^\circ)100^2$$

$$= 438311 \text{ cm}^3/\text{det} > 437774 \text{ cm}^3/\text{det} \quad (\text{memenuhi})$$

$$\text{maka : } A = 5938,5 \quad ; \quad Y = 70,73 \text{ cm}$$

Jadi dengan dimensi pipa saluran, $d_0 = 100$ cm, debit pengaliran Q_s dapat dialirkan serta tersedia jagaan setinggi 29,27 cm.

7.5.4 Gorong – gorong berbentuk kotak

Gorong – gorong berbentuk kotak ini dipasang pada trase jalan yang dipotong parit kecil. Parit kecil itu sendiri diluruskan (dibuat tegak lurus trase jalan) dengan lebar dasar saluran 3,5 meter.

Gorong - gorong berbentuk kotak ini dipasang di Jalan Tol utama pada STA 23 + 900. Perhitungan intensitas didasarkan TR = 25 tahun, besarnya koefisien pengaliran untuk kerapatan sedang $C = 0,7$.

Asumsi luas daerah pengaliran = $(0,5 \times 4,0) \text{ km}^2 = 2,0 \text{ km}^2$

$$T_c = 60 \text{ menit} \quad ; \quad I_c = 81,52 \text{ mm/jam}$$

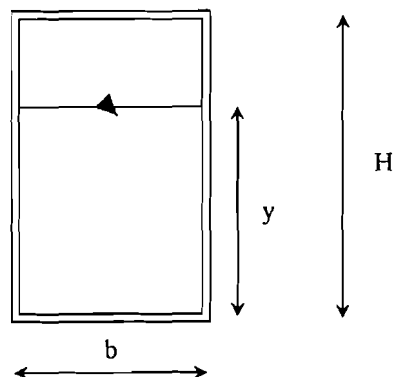
$$Q = \frac{1}{3,56} \cdot C \cdot I \cdot A$$

$$Q = \frac{1}{3,56} \cdot 0,7 \cdot 81,53 \cdot 2,0 = 31,70611 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$= 31706110 \text{ cm}^3/\text{det}$$

Dimensi gorong – gorong :

ditetapkan : $S = 0,02$; $n = 0,015$; $b = 3,5 \text{ m}$



$$A = b \cdot y$$

$$P = b + 2y$$

$$R = \frac{b \cdot y}{b + 2y}$$

$$Q \text{ Gorong – gorong} = A \cdot V$$

$$31706110 = 350 \cdot y \cdot \frac{1}{0,015} \left[\frac{350 \cdot y}{350 + 2 \cdot y} \right]^{2/3} \cdot 0,02^{1/2}$$

$$6053 = y \left[\frac{175 \cdot y}{175 + y} \right]^{2/3}$$

Dengan cara coba – coba didapat :

$$Y = 270 \text{ cm}$$

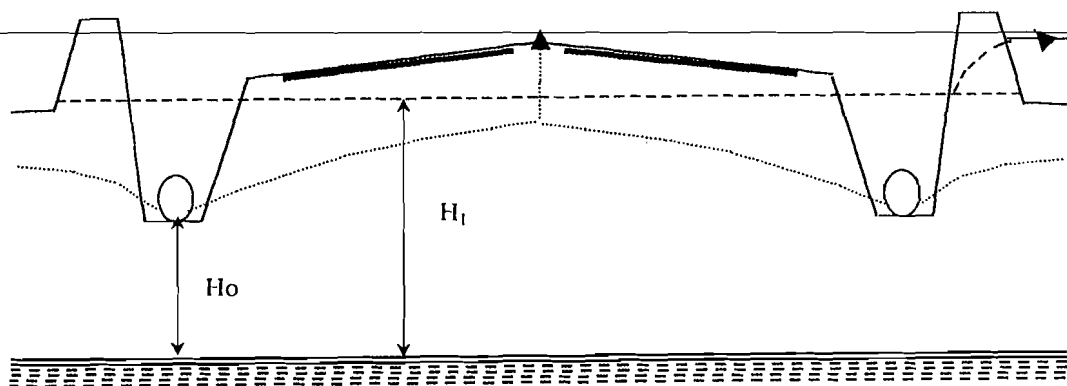
Dipakai H = 350 cm dengan tinggi jagaan 80 cm

7.5.5 Drainasi Bawah Permukaan (“Sub Surface Drainase”)

Drainasi bawah permukaan diperlukan pada lokasi yang dimungkinkan merembesnya air pada konstruksi jalan, akibat air tanah yang berlebihan atau letak muka air tanah yang tinggi disekitar konstruksi badan jalan sehingga dapat mengganggu kestabilan atau merusak badan jalan itu sendiri.

Drainasi bawah permukaan umumnya tergantung pada kondisi setempat, jadi tidak setiap pembuatan drainasi harus ada drainasi bawah permukaan. Diperlukan atau tidaknya drainasi bawah permukaan hanya dapat ditetapkan bila pada lokasi tersebut telah dilakukan suatu survey dan penelitian khusus

Pekerjaan jalan ini terletak pada daerah persawahan sehingga pada daerah gerbang Tol, perlu drainasi bawah permukaan. Dari data lapangan pada lokasi ini lapisan kedap air (“impermeable”) terletak pada kedalaman (- 3,50 m) dibawah permukaan tanah dasar dan diperkirakan lapisan kedap air adalah horisontal. Jenis tanah pada lokasi ini mempunyai koefisien permeabilitas rata – rata = 0,1 cm/det.



Gambar 7.3 : Potongan melintang jalan dan pemasangan drainasi bawah permukaan

Debit aliran dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$q = \frac{k}{2R} (H_1^2 - H_0^2) \quad (\text{cm}^3/\text{det}/\text{cm})$$

dengan :

q = debit aliran persatuan panjang ($\text{cm}^3/\text{det}/\text{cm}$)

H_1 = tinggi muka air tanah semula kelapisan kedap air (cm)

H_0 = tinggi muka air tanah ke pipa yang dipasang (cm)

R = jarak mendatar pipa drainasi ke permukaan air yang masih dipengaruhi oleh drainasi (cm)

k = Koefisien permeabilitas rata – rata pada daerah yang bersangkutan (cm/det)

Dari data – data diatas, dengan mengambil

$$H_0 = 300 \text{ cm}$$

$$R = 100 \text{ cm (untuk kondisi tanah berbutir halus)}$$

Maka :

$$\begin{aligned} q &= \frac{k}{2R} (H_1^2 - H_0^2) \\ &= \frac{0,1}{2.10000} (350^2 - 300^2) \\ &= 0,1625 \text{ cm}^3/\text{det}/\text{cm} \end{aligned}$$

Dengan asumsi panjang pipa drainasi yang dipergunakan adalah sepanjang 400 m, maka total yang mengalir dalam pipa drainasi bawah permukaan adalah :

$$\begin{aligned} Q &= q(40.000) \\ &= (0,1625).(40.000) = 6500 \text{ cm}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Dimensi drainasi bawah permukaan

Dengan menganggap aliran dalam pipa merupakan aliran penuh.

$$Q = A \cdot V = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot V$$

V = Kecepatan aliran dalam pipa

$$= 0,5 \text{ m/det}$$

sehingga :

$$6500 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot 50$$

$$D = 12,9 \text{ cm}$$

Drainasi minimum pipa untuk drainasi bawah permukaan umumnya berukuran 20 cm. Jadi untuk pipa drainasi bawah permukaan sesuai dengan data yang ada di atas, diambil $\varnothing = 20 \text{ cm}$, dari bahan paralon yang mudah dipakai.

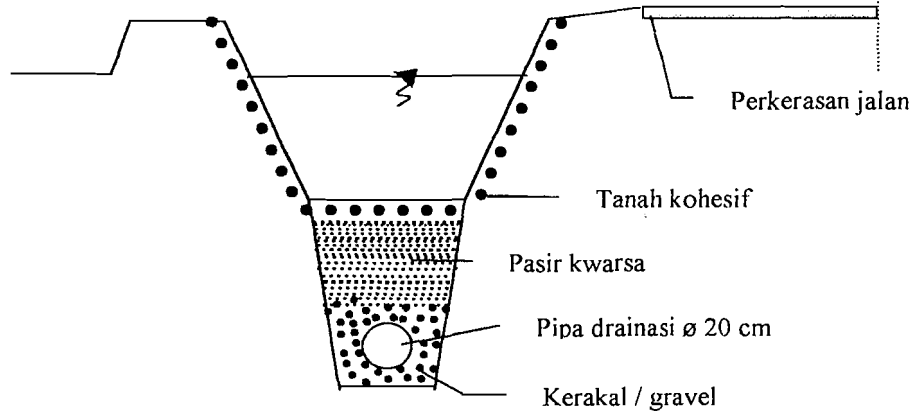
Pipa drainasi bawah permukaan ini harus diberi lubang – lubang yang diameternya harus lebih kecil dari pada lapisan yang langsung berhubungan dengan pipa drainasi. Banyak lubang pada pipa diperkirakan untuk mendapatkan

luas total lubang antara 150 cm sampai dengan 250 cm untuk tiap meter persegi.

Bahan yang dipakai untuk mencegah masuknya bahan – bahan halus ke saluran, biasanya dipakai :

- pasir setebal : 15 cm
- kerikil setebal : 20 cm

Bahan – bahan ini disusun disekitar pipa, dapat dilihat seperti pada gambar 7.4 berikut:



Gambar 7.4 : Pemasangan pipa drainasi bawah permukaan

7.6 Aliran Dalam Gorong – Gorong

Gorong – gorong saluran tahan erosi yang letaknya dibawah permukaan jalan dengan lubang pemasukan (“inlet”) merupakan penyempitan dengan konstruksi khusus.

Dalam merencanakan gorong – gorong diusahakan agar alirannya bersifat bebas. Corak aliran dalam gorong – gorong akan dipengaruhi oleh faktor – faktor : geometrik atau dimensi lubang masuk, kemiringan dasar, ukuran, kekasaran dinding, kondisi hulu dan hilir.

Selain dapat bersifat bebas, aliran dalam gorong – gorong, dapat bersifat pipa bila: lubang pengeluaran (“outlet”) tenggelam , lubang pengeluaran tidak tenggelam tapi muka air hulunya tinggi serta gorong – gorongnya panjang.

Berdasarkan penyelidikan Manning, diketahui bahwa Lubang pemasukan gorong – gorong dapat tidak penuh jika muka air di hulu lebih kecil dari suatu harga kritis (H^*) dan lubang pengeluarannya tidak penuh. Harga (H^*) berkisar

antara 1,2 – 1,5 kali ketinggian gorong – gorong. Harga ini tergantung dari geometrik lubang pemasukan, karakteristik pipa dan kondisi di hulu.

Untuk analisis awal dapat digunakan harga batas $H^* = 1,5 \times d$, (d = diameter gorong – gorong).

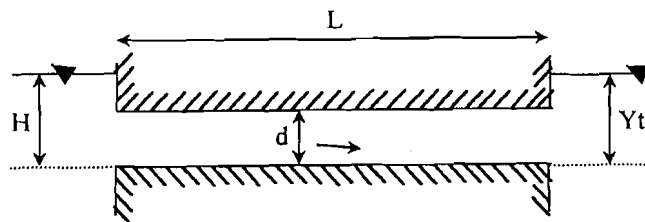
Guna tujuan praktis, aliran dalam gorong – gorong dapat digolongkan dalam 6 jenis. Adapun penggolongan tersebut, sebagai berikut :

1. Lubang Pengeluaran (“outlet”) tenggelam

$$H > d \quad (\text{aliran tertutup})$$

$$Y_t > d$$

Aliran penuh atau aliran pipa

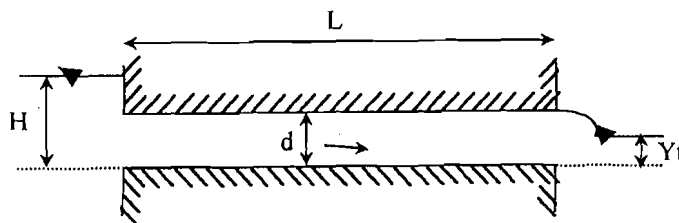


2. Lubang pengeluaran (“outlet”) tidak tenggelam

$$H > H^* \quad (\text{aliran tertutup})$$

$$Y_t < d$$

Aliran penuh atau aliran pipa

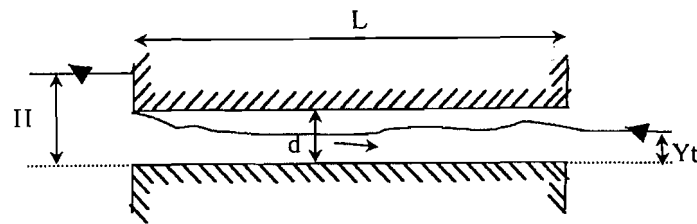


3. Lubang pengeluaran ("outlet") tidak tenggelam

$H > H^*$ (aliran tertutup)

$Y_t < d$

Aliran sebagian penuh

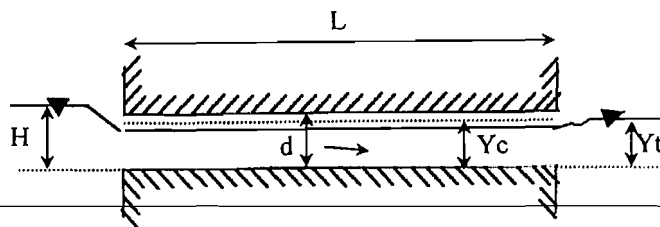


4. Lubang pengeluaran ("outlet") tidak tenggelam

$H < H^*$ (aliran tenggelam)

$Y_t > Y_c$

Aliran subkritis

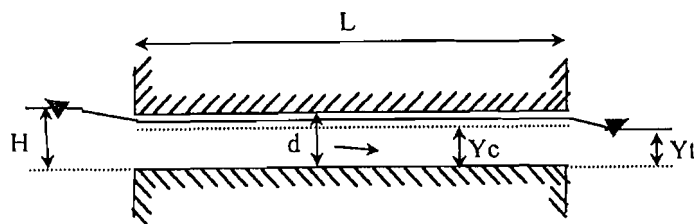


5. Lubang pengeluaran ("outlet") tidak tenggelam

$H < H^*$ (aliran terbuka)

$Y_t < Y_c$

Aliran subkritis dengan kontrol pada lubang pengeluaran

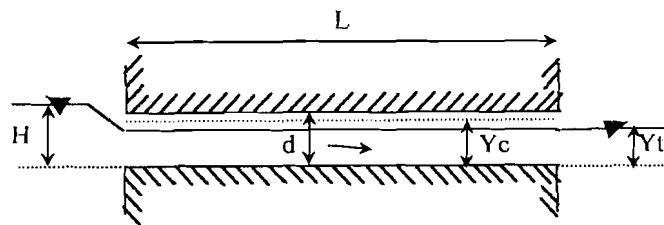


6. Lubang pengeluaran (“outlet”) tidak tenggelam

$$H < H^* \quad (\text{aliran terbuka})$$

$$Y_t < Y_c$$

Aliran superkritis dengan kontrol pada lubang pemasukan



Pada klasifikasi diatas ada kekecualian mengenai jenis 1. Aliran jenis 1 dapat juga terjadi apabila air hilir Y_t sedikit lebih tinggi dari Y_c atau sedikit lebih tinggi atas puncak outlet, apabila kemiringan air sangat curam. Aliran jenis 1 dan jenis 2 merupakan aliran pipa. Aliran jenis 3 adalah aliran bebas yang berperilaku seperti aliran melalui lubang dan koefisien pengaliran 0,45 – 0,75. Aliran jenis 4, 5 dan 6, inletnya tidak tertutup air sehingga merupakan aliran bebas yang berperilaku seperti aliran melalui sekat atau katup dengan koefisien pengaliran antara 0,75 – 0,95.

Dalam perancangan ini debit air yang mengalir ke dalam gorong – gorong berasal dari daerah pengaliran saluran samping dan daerah di luarnya yang langsung masuk ke dalam gorong – gorong.

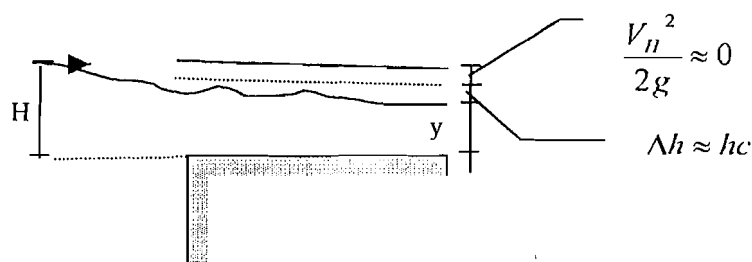
Berdasarkan debit rencana yang dihitung, kedalaman atau ketinggian muka air kritis dan muka air normal dicari. Besarnya faktor penampang aliran kritis $Z = Q \cdot g^{-1/2}$, kemudian kontrol apakah $H = y + H < H^* = 1,5 d$. Bila memenuhi maka aliran dalam keadaan terbuka.

Rumus untuk aliran bebas :

$$Q = k \cdot A \sqrt{2g\Delta h}$$

$$= k \cdot A \sqrt{2g(H-y)}$$

k = koefisien pengaliran



3. Perhitungan

1. Data dari gorong – gorong pada badan jalan (berasal dari median)

$$D_o = 40 \text{ cm} = 0,4 \text{ m}$$

$$N = 0,013$$

$$S = 0,02$$

$$Q = 0,057 \text{ m}^3/\text{detik}$$

- Cek kedalaman kritis :

$$Z = \frac{Q}{\sqrt{g}} = \frac{0,057}{\sqrt{9,81}} = 0,0182$$

$$\frac{Z}{d_o^{2,5}} = \frac{0,057}{0,4^{2,5}} = 0,18$$

Dari kurva untuk mencari kelandaian kritis, didapat :

$$Y_c/d_o = 0,43 \quad y_c = 0,43 \cdot 0,40 = 0,17 \text{ m}$$

- Cek dalam keadaan normal :

$$\frac{A \cdot R^{2/3}}{d_o^{8/3}} = \frac{n \cdot Q}{d^{8/3} \cdot 0,02^{1/2}} = \frac{0,013 \cdot 0,057}{0,4^{8/3} \cdot 0,02^{1/2}} = 0,06$$

Dari kurva dalam keadaan normal, didapat :

$$Y_n/d_o = 0,3 \quad y_n = 0,3 \cdot 0,4 = 0,12 \text{ m}$$

$$Y_n < y_c \quad (\text{aliran dalam gorong – gorong ini adalah superkritis})$$

- Kecepatan aliran

$$V = Q/A$$

$$\cos \frac{1}{2} \phi = \frac{1/2 d_o - y}{1/2 d_o} = \frac{1/2 \cdot 0,4 - 0,12}{1/2 \cdot 0,4}$$

$$\phi = 132,84^\circ = 2,32 \text{ radian}$$

$$A = 1/8 \cdot (\phi - \sin \phi) \cdot d_o^2 = 0,0317 \text{ m}^2$$

$$\text{Maka : } V = 0,057/0,0317 = 1,8 \text{ m/detik}$$

- Cek terhadap H^*

$$H^* = 1,5 d_o = 1,5 \cdot 0,4 = 0,6 \text{ m}$$

$$Q = k A \sqrt{2g \Delta h}$$

$$\sqrt{\Delta h} = \frac{Q}{k \cdot A \sqrt{2g}}$$

$$= 0,057 / (0,75 \cdot 0,095 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81})$$

$$= 0,172 \text{ m}$$

$$\Delta h = 0,029 \text{ m}$$

$$H = y + \Delta h = 0,12 + 0,03 = 0,15 \text{ m} < H^* = 0,6 \text{ m}$$

Dengan $H < H^*$ dan $y_n < y_c$, maka aliran termasuk jenis 6

2. Gorong – gorong dari saluran samping (“ side ditch”)

$$d_o = 1,0 \text{ m}$$

$$n = 0,013$$

$$S = 0,01$$

$$Q = 0,437774 \text{ m}^3/\text{detik}$$

- cek kondisi kritis

$$Z = Q/\sqrt{g} = 0,437774/\sqrt{9,81} = 0,14$$

$$\frac{Z}{d_o^{2,5}} = \frac{0,14}{1^{2,5}} = 0,14$$

Dari kurva dalam keadaan kritis $yc/d_o = 0,37$

$$Y_c = 0,37 \text{ m}$$

- Cek Kedalaman Normal

$$\begin{aligned} A R^{2/3}/d_o^{8/3} &= (n \cdot Q) / (1^{8/3} \cdot S^{1/2}) \\ &= (0,013 \cdot 0,437774) / (1^{8/3} \cdot 0,01^{1/2}) \\ &= 0,057 \end{aligned}$$

Dari kurva kedalaman normal :

$$Y_n/d_o = 0,29 \quad ; \quad y_n = 0,29 \text{ m}$$

$$Y_n < y_c \quad (\text{aliran superkritis})$$

- Kecepatan aliran

$$\begin{aligned} \cos \frac{1}{2} \phi &= (1/2 d_o - y) / (1/2 d_o) \\ &= (1/2 \cdot 1 - 0,29) / (1/2 \cdot 1) = 0,42 \end{aligned}$$

$$\phi = 130,33^\circ = 2,275 \text{ radian}$$

$$A = 1/8 \cdot (\phi - \sin \phi) d_o^2 = 0,1890 \text{ m}^2$$

$$\text{Maka } V = 0,437774 / 0,1890 = 2,32 \text{ m/detik}$$

- Cek terhadap H^*

$$H^* = 1,5 d_o = 1,5$$

$$Q = k \cdot A \cdot \sqrt{2g \cdot \Delta h}$$

$$\sqrt{\Delta h} = \frac{Q}{k \cdot A \cdot \sqrt{2g}}$$

$$= 0,437774 / (0,9 \cdot 0,59388 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81}) = 0,18$$

$$\Delta h = 0,034 \text{ m}$$

$$H = y + \Delta h = 0,29 + 0,034 \text{ m} < 0,324$$

Dengan $H < H^*$ dan $y_n < y_c$, maka aliran termasuk jenis 6

7.7 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.

Lingkup perancangan drainasi di Tugas Akhir ini adalah perancangan drainasi untuk ramp dan jalan tol disekitar simpang susun. Perancangan meliputi pendimensian saluran samping, gorong – gorong, dan pipa berlubang untuk drainasi air tanah. Dalam mendimensi saluran penentuan debit rencana harus memperhatikan ciri – ciri daerah aliran, luas dan intensitas hujan. Metode yang dipakai dalam penentuan debit rencana adalah metode rasional mengingat luas daerah alirannya kecil 940 – 80 ha.

Debit dinyatakan: $Q = 1/3,6 \cdot C \cdot I_c \cdot A$

Dengan: C = koefisien pengaliran ditentukan sesuai dengan jenis

Permukaan yang akan dilewati.

I_c = Intensitas hujan.

A = luas daerah pengaliran.

Untuk menentukan intensitas hujan daerah perancangan digunakan data curah hujan dari stasiun Husein Sastranegara, Bandung, karena daerah pembangunan mempunyai sifat – sifat meteorologi yang sama dengan stasiun tersebut. dari analisis hidrologi yang dilakukan dapat ditentukan besarnya curah hujan pada periode ulang 5,10, 25, dan 50 tahun yang digambarkan dalam lengkung intensitas hujan.



Perhitungan dimensi saluran, untuk memudahkan dalam memperkirakan

dalam penentuan nilai t_{of} ("time of flow") pada daerah rencana dipakai diagram penentuan nilai t_{of} yang dibuat oleh BUDS (Bandung Urban Development Sanitasi).

BAB VIII

RAMBU DAN MARKA JALAN

8.1 Pendahuluan

Rambu dan marka lalu lintas (“Traffic Sign and Marking”) 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 Kopo saja yang dibahas. Penulis merancang sesuai dengan standar Internasional (didasarkan pada perjanjian Geneva 1 Maret 1973), yang juga diikuti oleh Indonesia.

8.2 Rambu - Rambu Lalu Lintas

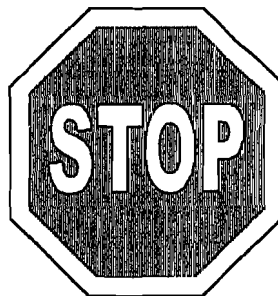
Rambu - rambu lalu lintas mempunyai ketentuan - ketentuan yang meliputi bentuk, ukuran, dan warna yang harus sesuai. Masing - masing mempunyai arti atau maksud tertentu sesuai dengan kegunaan dan pesan yang akan disampaikan, berupa kalimat atau simbol.

Bentuk ini bisa berupa lingkaran, segi delapan, segi tiga, 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

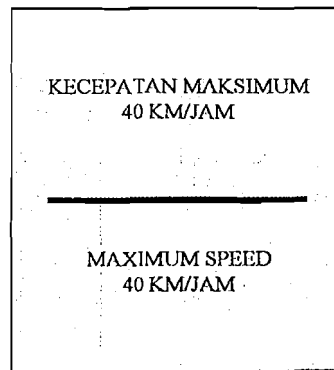
Rambu larangan ini berbentuk segi delapan, berukuran 61 x 61 cm, warna dasar merah dan huruf putih. digunakan sebagai tanda stop dan ditempatkan di Tol plaza. Rambu ini seperti ditunjukkan pada gambar 8.1.



Gambar 8.1 : Rambu larangan.

8.2.2 Rambu peringatan

Rambu ini berbentuk persegi empat panjang, dengan bagian vertikal yang lebih panjang, 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 persegi empat panjang, dengan bagian horizontal 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.

Untuk melayani para pengemudi kendaraan dari negara lain, isi petunjuk kadang - kadang ditulis dalam dua bahasa, yaitu bahasa Indonesia dan bahasa Inggris, dengan ukuran huruf menurut standar alphabet tertentu atau dihitung berdasarkan kecepatan dan kemampuan melihat ("visibility") atau jarak, menggunakan rumus:

$$x = s/10 + \sqrt{(N + 6)/100} \text{ (inchi)}$$

$$H = 4/3 \cdot x$$

x = tinggi huruf kecil

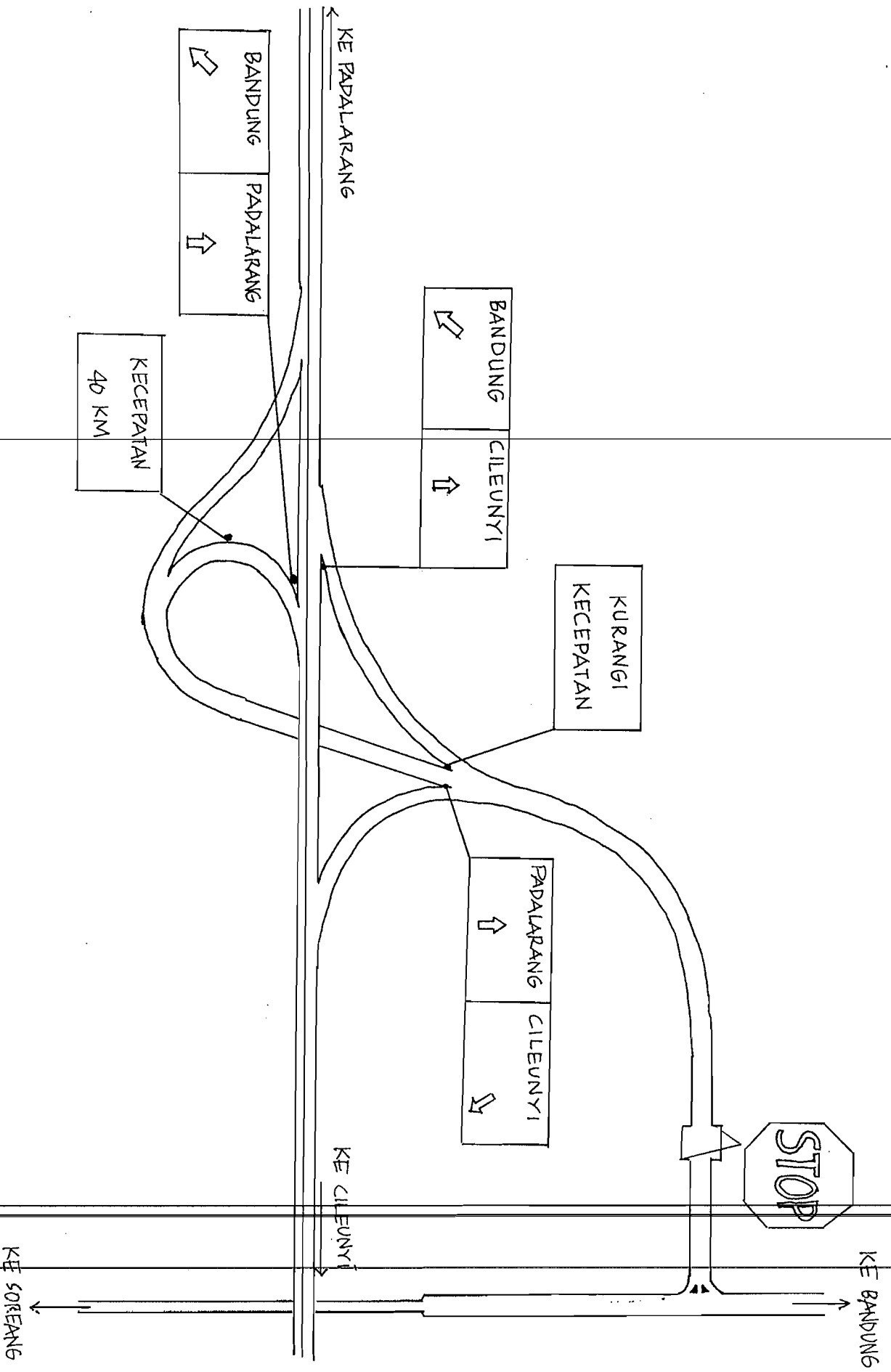
H = tinggi huruf besar

s = jarak antar jalur kendaraan ke rambu

v = kecepatan kendaraan (mil/jam)

N = jumlah huruf

Selanjutnya ukuran - ukuran rambu -rambu tadi disesuaikan dengan ukuran huruf yang digunakan dan estetika. Rencana pemasangan rambu - rambu tadi selengkapnya dapat dilihat pada gambar 8.4.



Jambar 8.4: Pemasangan Rambu

8.3 Marka Lalu Lintas

Secara umum, marka lalu lintas ini terbagi menjadi dua kelompok yaitu yang berupa garis - garis di atas badan jalan yang disebut marka jalan (“carriage marking”), 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 .

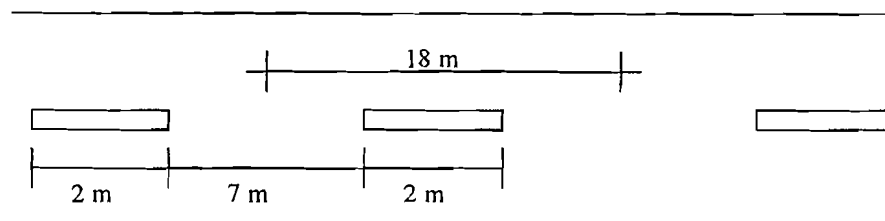
Selain itu, warna garis yang digunakan biasanya terdiri dari :

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 seperti pada gambar 8.5.

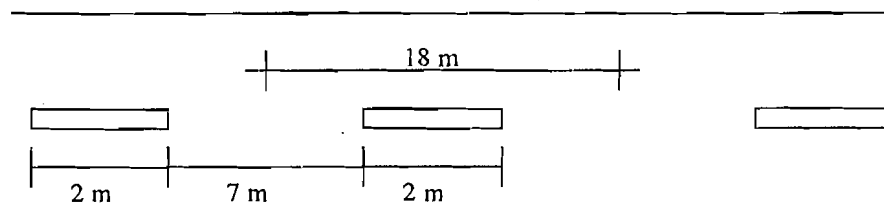


Gambar 8.5 : Garis tengah.

Garis tengah ini digunakan pada jalan 2 lajur 2 arah yang tidak terpisah, keadaan ini sesuai untuk bagian persimpangan Kopo, sedangkan untuk bagian jalan lainnya, karena terpisahkan median atau curb maka garis tengah tersebut tidak diperlukan.

8.3.1.2 Garis batas jalur

Garis batas lajur ini berupa garis berwarna putih yang terputus putus, panjang dan celahnya tergantung kecepatan operasi kendaraan di jalan yang bersangkutan (lihat pada gambar 8.6). Untuk kecepatan rencana 120 km/jam atau lebih terdapat ketentuan sebagai berikut : (sumber TSM)



Gambar 8.6 : Garis batas jalur.

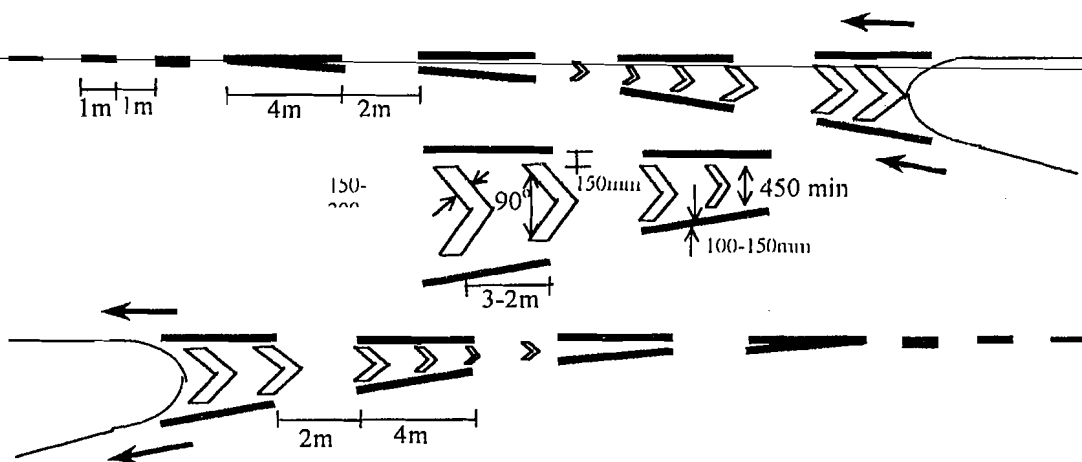
8.3.1.3 Garis tepi

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, tetapi disini penulis tetap memakai warna putih.

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"). Untuk proyek ini, garis tersebut berupa garis putih terputus - putus setebal 15 cm dengan panjang garis dan celah masing - masing sebesar 1 meter.

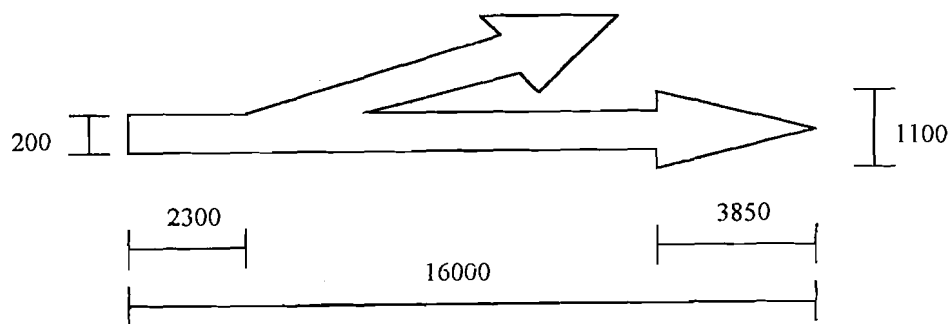
Garis tersebut berawal atau berakhir pada pemisahan lajur pada jalan utama dengan tanda ("chevron hatching"), berupa garis - garis diagonal, yang ditarik dari garis pusat pemisah ke arah kiri dan kanan masing - masing, selama masih sesuai dengan keadaan dan kepantasan, dapat dilihat pada gambar 8.7 dibawah.



Gambar 8.7 : Garis penambahan atau pengurangan jalur.

8.3.1.5 Tanda panah ("Bifurcation Arrows")

Tanda panah diatas badan jalan digunakan untuk menunjukkan arah dan sebagai tanda untuk memasuki jalur perlambatan sebelum persimpangan. Ketentuan ukuran tanda panah ini disesuaikan untuk kecepatan tinggi, yaitu sebagai berikut: (lihat pada gambar 8.8 dalam satuan mm).



Gambar 8.8 : Tanda panah.

8.3.1.6 Huruf dan angka

Kadang - kadang di atas badan jalan ini ditulis huruf atau angka sebagai tanda atau petunjuk tertentu. Untuk penulisan tersebut dipakai standar dari Transport Medium Alphabet, yang terbagi menjadi 2 kelompok yaitu yang diperpanjang dan yang tidak diperpanjang.

8.3.2 Benda marka ("Object Marking")

Benda - benda marka ini, dapat terdiri dari beberapa macam seperti tersebut berikut:

8.3.2.1 Patok ("mile posts")

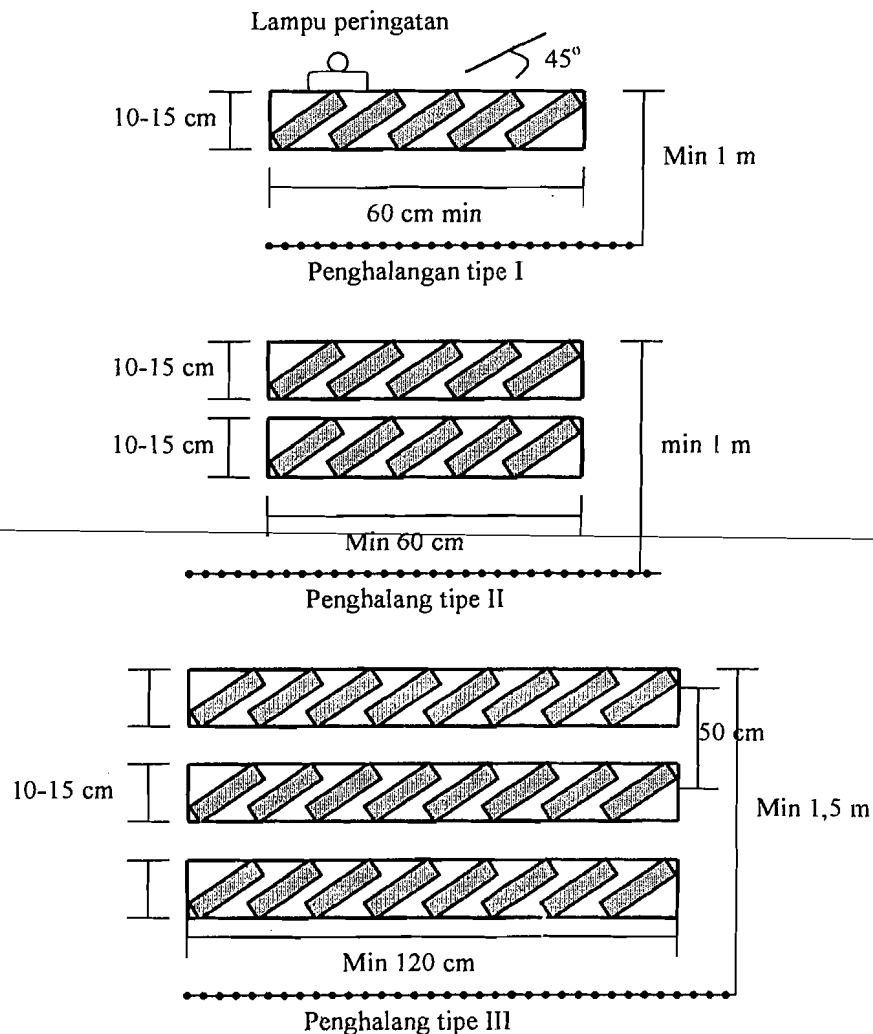
Patok - patok ini digunakan untuk menandai jarak - jarak atau stasiun. Untuk proyek ini penulis merencanakannya dengan ketentuan sebagai berikut:

Ukuran 15 x 22,5 meter, dengan angka putih setinggi 10 cm, ditempatkan di tepi jalan dengan ketinggian 30 cm.

8.3.2.2 Penghalang ("Barricade")

Penghalang ini digunakan sebagai alat sementara apabila diperlukan, untuk memberikan 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 8.9 (sumber TTEN).

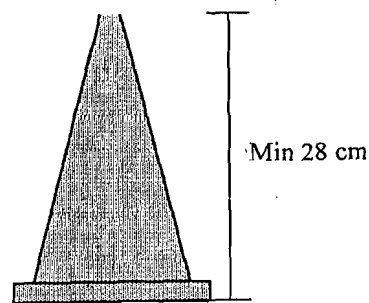


Gambar 8.9 : Penghalang ("Barricade").

8.3.2.3 Kerucut penghalang (“Traffic Cone”)

Kerucut penghalang ini juga bersifat sementara dan berguna untuk mengarahkan arus lalu lintas atau menutup jalur. Ketentuan untuk kerucut ini adalah sebagai berikut:

Warna oranye dengan ukuran luas dasar bervariasi mempunyai tinggi 46 cm, lihat gambar 8.10 (sumber TTEN)

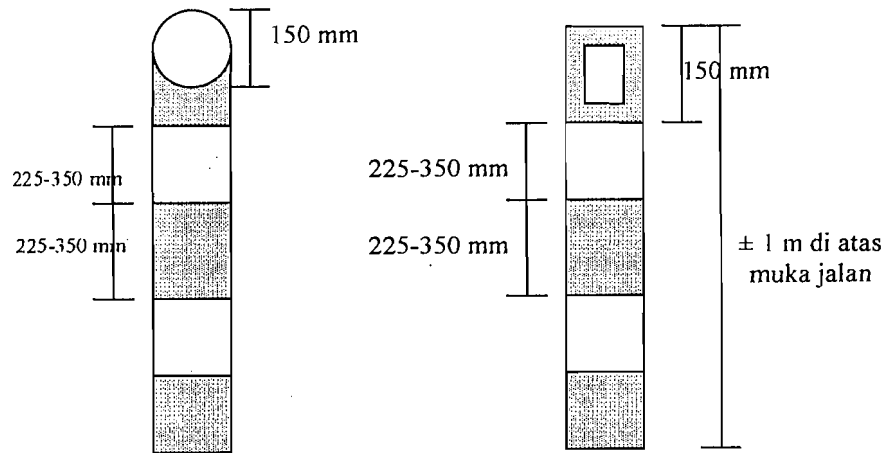


Gambar 8.10 : Kerucut penghalang.

8.3.2.4 Tanda bahaya (“Hazard Markers”)

Tanda bahaya ini digunakan untuk menandai tepi jalan/Jalan penghubung (“ramp”) yang terletak pada timbunan/tebing atau bahaya lain. Ketentuan mengenai tanda ini adalah sebagai berikut:

Terbuat dari besi bulat (\varnothing 15 cm) warna kuning strip hitam dan ditempatkan di sisi jalan yang berbahaya, bentuknya lihat 8.11. (sumber TSM)



Gambar 8.11 : Tanda bahaya (“Hazard Markers”).

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 dengan harmonis, tertib dan lancar.

Perancangan rambu dan marka untuk simpang Susun kopo menggunakan standar TSM dan TTEN. 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 pada awal/akhir ramp.
 - d. Tanda panah untuk penunjuk lajur.
3. Benda marka
 - a. Patok km.
 - b. Penghalang.
 - c. Kerucut penghalang
 - d. Tanda bahaya.

Rambu, marka dan benda – benda marka harus dirancang sesuai dengan standar yang dipakai, dengan syarat dapat dilihat dengan jelas oleh pengguna jalan pada siang maupun malam hari. Titik penempatan rambu dan marka telah ditentukan oleh konsultan, sedangkan benda – benda marka dapat dipasang apabila diperlukan.

BAB IX
RENCANA ANGGARAN BIAYA

9.1 Pendahuluan

Rencana anggaran biaya Simpang Susun Kopo merupakan sebagian dari rencana anggaran biaya dari proyek Jalan Tol Padalarang - Cileunyi. Panjang jalan Simpang susun Kopo adalah 4959,3245 meter, termasuk 3562,8108 meter jalan penghubung ("ramp"), dan jalan keluar masuk ("acces road"). Besarnya biaya proyek ditentukan oleh komponen pokok yaitu :

1. Biaya langsung :
 - a. Harga material.
 - b. Upah buruh.
 - c. Biaya operasi peralatan.
2. Biaya tidak langsung :
 - a. Biaya pelelangan.
 - b. Biaya sarana pendukung.
 - c. Asuransi.
 - d. Bunga Bank.
 - e. Pajak dan lain - lainnya.

Biaya langsung dipengaruhi oleh volume pekerjaan pada proyek tersebut. Jenis pekerjaan pada proyek ini adalah : pekerjaan tanah, pekerjaan perkerasan,

drainasi jalan serta bangunan pelengkap lainnya. Selain itu besarnya biaya juga dipengaruhi oleh faktor - faktor : syarat teknis yang harus dipenuhi (RKS), lokasi, topografi, waktu pelaksanaan dan metoda pelaksanaannya.

Analisa biaya didasarkan pada harga upah/bahan pada tahun 1983 sehingga apabila pelaksanaan fisik tidak berjalan sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan maka besarnya biaya akan meningkat sesuai dengan perubahan harga upah/bahan yang berlaku.

Perhitungan biaya ini berpedoman pada Peraturan Standarisasi Analisa Biaya Pembangun Jalan dan Jembatan (No. 02/ST/BM/73), yang ditebitkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum.

9.2 Uraian Jenis Pekerjaan

Dari gambar rencana dan syarat - syarat kerja (RKS) dapat ditentukan jenis - jenis pekerjaan yang ada pada lingkup kegiatan proyek, sehingga untuk selanjutnya dapat dibuat urutan dan jadwal pelaksanaannya. Dalam proyek ini ditentukan dengan batas - batas sebagai berikut :

- Jalan utama : Sta. 23 + 567,2963 sampai dengan Sta. 24 + 739,03
- Ramp 4001 : Sta. 0 + 000 sampai dengan Sta. 0 + 708,800.
- Ramp 4002 : Sta. 0 + 000 sampai dengan Sta. 0 + 822,400.
- Ramp 4003 : Sta. 0+000 sampai dengan Sta. 0 + 894,7594.
- Ramp 4004 : Sta. 0 + 000 sampai dengan Sta. 0 + 967,9851
- Jalan keluar masuk : Sta. 0 + 000 sampai dengan Sta. 1 + 115.758.

Apabila dalam pelaksanaannya terjadi perubahan pekerjaan maupun syarat syarat teknis pelaksanaan, maka dalam perjanjian pekerjaan (kontrak) harus

dipersiapkan suatu “Adendum” yang memungkinkan untuk menyesuaikan harga konstruksi secara keseluruhan. Di dalam Adendum harus memuat ketentuan - ketentuan pekerjaan tambah dan atau pekerjaan kurang serta tata cara perhitungan dan pembayarannya.

9.2.1 Tahap Perancangan dan Pengadaan Lokasi Proyek

Kegiatan awal pada tahap perancangan suatu proyek adalah :

- Pengumpulan data (“Survey”).
- Penelitian dan penyelidikan (“Investigation”).
- Perancangan teknik (“Engineering Design”).

Setelah diperoleh biaya yang diperlukan untuk melaksanakan konstruksi dari rencana yang sudah ada, diperlukan persiapan - persiapan untuk tahap konstruksi yaitu :

- (“Final Engineering”).
- Pengukuran trase (“stake out”).
- Pembebasan tanah dan pembayaran ganti rugi.

“Final engineering” adalah hasil evaluasi dari rencana teknis sebelumnya, yaitu dengan memperhatikan kondisi lapangan, kondisi sosial dan kondisi masyarakat setempat. Dengan demikian merupakan pilihan terbaik dari perancangan yang ada.

Selanjutnya pekerjaan pengukuran trase jalan, garis tengah serta batas - batas ROW yang diperlukan untuk pembangunan jalan tersebut dengan pertimbangan pengembangannya dikemudian hari. Berdasarkan hasil pengukuran diadakan inventarisasi luas tanah, letak, status kepemilikan, bangunan - bangunan

serta tanam - tanaman yang ada di atasnya. Pembebasan tanah dilakukan oleh pihak Pelaksana proyek bersama Pemerintah Daerah, dengan memusyawarahkan besarnya ganti rugi kepada pemilik tanah/bangunan sekaligus melaksanakan pembayaran ganti rugi tersebut.

9.2.2 Mobilisasi

Mobilisasi meliputi penyediaan sarana pelaksanaan proyek di lapangan, yaitu: mendatangkan pekerja, mendirikan bedeng (“work shop”), mempersiapkan material, peralatan dan lain - lain. Umumnya untuk daerah yang aksesibilitasnya tinggi biaya mobilisasi sebesar 5 % dari total biaya proyek.

9.2.3 Pembongkaran dan Pembersihan

Tahap ini mencakup pembebasan lokasi ROW, dapat berupa pembongkaran bangunan, pembersihan pohon - pohon besar, padang rumput dan tanaman jenis lain serta penimbunan terhadap rawa dan daerah pertanian. Jadi pekerjaan ini meliputi :

- Pembersihan (bangunan, pohon - pohon dan lain lain).
- Pengupasan tanah.

9.2.4 Pekerjaan Tanah

Yang dimaksud dalam pekerjaan tanah ini adalah pekerjaan yang berhubungan dengan pembentukan badan jalan, umumnya adalah berupa pekerjaan

- Pembongkaran (perkerasan lama beton dan bangunan batu).
- Pekerjaan galian.

- Pekerjaan timbunan.

- Transportasi tanah.

9.2.5 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 berupa :

- a. Drainasi permukaan, berupa saluran samping, saluran median, gabion, bak penampung, inlet/outlet dan lain - lain.
- b. Drainasi bawah permukaan, berupa under drain, gorong – gorong (“box culvert”), loose riprap dan lain lain.

Secara sistematis pekerjaan drainasi dapat dikelompokkan atas :

- Penggalian saluran.
- Pekerjaan pelapisan (“lining”).
- Pembuatan Concrete drain.
- Pemasangan saluran dan gorong - gorong.

9.2.6 Pekerjaan Konstruksi Jalan

Adalah pembuatan badan jalan dan 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 :

- Persiapan tanah dasar (subgrade).
- Pembuatan lapis pondasi.

- Pelapisan Slab beton.

- Bahu jalan .

- Concrete Curb.

9.2.7 Pekerjaan Pelengkap

Adalah pekerjaan untuk menambah keamanan, kenyamanan dan keindahan jalan, terdiri dari :

- Pembuatan pagar pelindung.

- Pemasangan rambu lalu lintas.

- Pembuatan marka jalan.

- Penerangan jalan.

- Pemasangan patok kilometer dan patok hekto meter dan lain - lain.

9.2.8 Demobilisasi dan Lain - Lain

Termasuk pembongkaran sarana pelaksanaan lapangan, pembongkaran peralatan, pemulangan personil dan lain - lain dimaksudkan untuk memindahkan atau membongkar bangunan - bangunan penunjang agar pada daerah ROW tidak terdapat bangunan - bangunan yang tidak dipergunakan lagi bagi jalan yang bersangkutan dalam pengoperasiannya.

9.3 Volume Pekerjaan

Penentuan volume masing - masing unit pekerjaan ditentukan dari gambar rencana yang telah dibuat, baik profil memanjang ataupun profil melintang, yang meliputi seluruh lajur masuk menuju Simpang susun Kopo dan lajur tambahan yang menunjang lajur tersebut. Berikut ini merupakan hasil perhitungan volume pekerjaan Simpang susun Kopo.

Tabel 9.1 : Volume unit pekerjaan

No.	Jenis Pekerjaan	Satuan	Volume
1	Pekerjaan persiapan dan pembebasan tanah. (berupa tanah pekarangan, tegalan, sawah, bangunan, dan tanam - tumbuh pada lokasi proyek).		162.160
2	Pembersihan dan Pengupasan	m ²	320.000
3	Pekerjaan Tanah:		
	- Pembongkaran bangunan	m ²	9.600
	- Pembongkaran jalan lama	m ²	2.200
	- Galian saluran	m ³	12.000
	- Galian gorong – gorong	m ³	1.860
	- Timbunan tanah	m ³	209.830
	- Penggantian tanah dasar	m ³	282.961
	- Pematatan badan jalan	m ²	20.330
3	Pekerjaan Subgrade:		
	- Persiapan subgrade	m ²	81.002
4	Pekerjaan Pondasi (Base Course)		
	- Memasang lapisan pondasi (sirtu)	m ³	10.968
5	Lapisan permukaan (Slab Beton)	m ³	6752
6	Pekerjaan Drainasi:		
	- Pipa beton (Ø1.0 meter)	m	620
	- Box Culvert: * 2.0 x 2.0 meter	m	50
	* 5.0 x 3.5 meter	m	100
	- Concrete head wall	m ³	50
	- Granular back fill filter material	m ³	8.000
	- Inlet	buah	16
	- Gabions	m ³	100

	- Under drain	m	50
	- Loose riprap	m ³	25
7	Pekerjaan pelengkap:		
	- Pagar pengaman	m	3.000
	- Pintu gerbang Tol	m ²	500
	- Concrete Curb	m	1.035
	- Kilometer pos	buah	2
	- Top soil	m ²	75.560
	- Solid soding	m	9.850
	- Marka jalan	m ²	900
	- R/W sign	buah	7
	- Road sign A	buah	2
	- Road sign B	buah	2
	- Road sign C	buah	3
	- Traffic light dan perlengkapan operasional	1 set	-

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. Biaya operasi peralatan.
4. Keuntungan.
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. Karena bila mereka lengah, kemungkinan besar akan terjadi akibat yang fatal, baik bagi pekerja atau bagi peralatan kerja, dan hal ini dapat menimbulkan kerugian proyek.

Dalam sistem pengupahan yang baru, upah kerja dihitung dengan menggunakan satuan hari orang standar ("standard man-day"), disingkat h.o.

Jadi dalam standar hari orang (h.o.), yang dimaksud dengan:

1. Satu hari kerja adalah : 8 jam.
2. Satu bulan adalah : 25 hari.

Hal - hal yang mempengaruhi antara lain:

1. Pengaruh lamanya kerja.
 2. Pengaruh adanya persaingan kerja.
 3. Pengaruh adanya kepadatan penduduk.
-
4. Tenaga pinjaman dan lain - lain.
 5. Pengaruh tersedianya tenaga kerja .

Daftar upah pekerja dapat dilihat pada daftar berikut : (berdasarkan tahun 1983)

1. Mandor	Rp. 500,-/jam.
2. Pekerja telatih	Rp. 540,-/jam.
3. Pekerja kasar	Rp. 250,-/jam.
4. Tukang	Rp. 450,-/jam.
5. Operator	Rp. 500,-/jam.
6. Mekanik	Rp. 500,-/jam.

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 ("quarry") sampai ke tempat pekerjaan.

Daftar harga satuan bahan/material yang dimaksud adalah sebagai berikut :
(berdasarkan tahun 1983)

1. Tanah urug	Rp. 1.000,-/m ³
2. Portland Cement	Rp. 75.000,-/ton
3. neoprence	Rp. 1500,-/kg
4. Pasir beton	Rp. 9.000,-/m ³
5. Kerikil/split beto	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 ("dowel bar")	Rp. 450,-/kg

9.4.3 Harga Satuan Penggunaan Peralatan

Dalam perhitungan biaya eksplotasi peralatan pembangunan, untuk mendapatkan harga satuan tiap pekerjaan ("unit price") selain memperhitungkan biaya eksplotasi 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 macam pekerjaan.
3. Bahan - bahan yang diperlukan untuk setiap macam pekerjaan.
4. Biaya - biaya lain diluar biaya eksplotasi peralatan dan harga bahan - bahan yang diperhitungkan.

Setelah data tersebut di atas diketahui, maka perhitungan harga satuan penggunaan peralatan pembangunan bisa dilakukan. Namun dalam menghitung biaya eksplotasi peralatan pembangunan, ada beberapa hal penting yang harus diperhatikan yaitu:

1. Biaya pasti per jam ialah: biaya angsuran/pengembalian modal tiap jam efektif.
2. Biaya operasi langsung per jam adalah biaya yang diperlukan untuk menggerakkan dan mengerahkan peralatan tersebut.

Biaya tidak langsung adalah biaya kantor, biaya resiko/keuntungan dihitung per jam 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.

Daftar harga satuan penggunaan peralatan adalah sebagai berikut :

1	Bulldozer D 6 D Powershift (150 HP)	Rp. 35.384,-/jam
2	Bulldozer D 7 D Powershift	Rp. 39.584,-/jam
3	Bulldozer D 8 D Powershift	Rp. 52.540,-/jam
4	12 G Motor Grader	Rp. 22.104,-/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	Compressor 600 cfm	Rp. 15.170,-/jam
10	Jack Hammer	Rp. 2.360,-/jam
11	Truck Moln (pembawa beton)	Rp. 8.675,-/jam
12	Truck 12 T (dump truck)	Rp. 7.740,-/jam
13	Water Truck 3500 L	Rp. 11.900,-/jam
14	Flate Red Truck	Rp. 4.600,-/jam
15	Pick Up Vehicle	Rp. 2.590,-/jam
16	North Weat Shovel	Rp. 65.120,-/jam
17	Stone Crusher	Rp. 226.570,-/jam
18	Generator	Rp. 27.450,-/jam
19	Concrete Mixing Plant (Kap 30 T/jam)	Rp. 69.880,-/jam
20	Spreader	Rp. 30.120,-/jam
21	Tandem Roller (Kap 8-10 T)	Rp. 12.050,-/jam
22	Tire Roller (Kap 10-16 T)	Rp. 18.072,-/jam
23	Vibratoy Roller (10 - 12 T)	Rp. 20.000,-/jam
24	Concrete vibrator	Rp. 10.000,-/jam

9.4.4 Keuntungan dan Overhead

Persentase keuntungan dalam suatu pelaksanaan proyek biasanya ditentukan secara rata - rata dari biaya langsung. Sedangkan overhead adalah biaya yang dibebankan kepada biaya proyek secara keseluruhan dan di distribusikan pada masing - masing bentuk pekerjaan yang dilaksanakan. Hal ini disebabkan overhead tidak dapat digolongkan dalam bentuk material, upah dan peralatan.

9.5. Perhitungan

Dengan mempergunakan harga satuan pekerjaan dan volume pekerjaan, maka dapat disusun secara tabelaris perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) sebagai berikut :

Tabel 9.2 : Perhitungan biaya Simpang susun Kopo

No	Jenis Pekerjaan	Satuan	Volume Pekerjaan	Harga satuan (x Rp. 1000)	Harga (Juta Rupiah)
1.	Pekerjaan Persiapan				
	- Biaya operasional/Proyck		lump sump	10,000	10
	- Ganti rugi tnh pekarangan	m ²	32.000	32,000	320
	- Ganti rugi tanah sawah	m ²	288.000	1,750	504
	- Ganti rugi bangunan	m ²	9.600	50,000	480
	- Ganti rugi tanaman	pohon	2.000	5,000	10
2.	Pembersihan & pengupasan	m ²	320.000	0,2135	68,320
3.	Pekerjaan tanah :				
	- Pembongkaran bangunan	m ²	9.600	3,000	28,800
	- Pembongkaran jalan lama	m ²	2.200	2,500	5,500
	- Galian saluran	m ³	12.000	1,765	21,180
	- Galian gorong gorong	m ³	1.860	1,765	3,283
	- Timbunan tanah	m ³	209.830	2,595	544.509
	- Penggantian tanah dasar	m ³	282.961	1,765	499.426
- Pematatan badan jalan	m ²	81.002	0,156	12.636	
4	Pekerjaan Subgrade	m ²	81.002	0,217	17,577
5.	Pekerjaan pondasi :				
- Memasang lapis pondasi	m ³	10.968	9,972	17,383	
6.	Lapis permukaan (Slab Beton)	ton	6.752	250	1688,000

No	Jenis Pekerjaan	Satuan	Volume Pekerjaan	Harga satuan (x Rp. 1000)	Harga (Juta Rupiah)
7.	Pekerjaan Drainasi :				
	- Pipa beton (d) 1 m	m	620	47,410	29,394
	- Box Culvert : 2,0 x 2,0m	m	50	228,000	11,400
	- Box Culvert : 5,0 x 3,5 m	m	100	650,650	65,065
	- Concrete headwall	m ³	50	45,000	2,250
	- Granular back fill filter material	m ³	3000	11,000	33,000
	- Inlets	buah	16	500,000	8,000
	- Gabions	m ³	100	50,250	5,025
	- Under drain	m	50	40,36	2,018
	- Loose riprap	m ³	25	30,000	0,750
8.	Pekerjaan pelengkap :				
	- Pagar pengaman	m	3000	10,000	30,000
	- Pintu gerbang	m ²	500	250,000	12,500
	- Concrete curb	m	1035	18,000	18,630
	- Kilometer post	buah	2	29,230	0,058
	- Top soil	m ²	75.560	1,000	75,560
	- Solid soding	m	9850	5,000	49,250
	- Marka jalan	m ²	900	0,750	0,675
	- R/W sign	buah	7	45,000	0,315
	- Road sign A	buah	2	75,000	0,150
	- Road sign B	buah	2	10,500	0,210
	- Road sign C	buah	3	135,000	0,405
	- Traffic light dan perlengkapan oprasional	set	1	15.000,000	15,000
JUMLAH KESELURUHAN				Rp. 4.804,947,-	

Rekapitulasi biaya

Biaya konstruksi total adalah sebagai berikut :

1. Biaya Konstruksi	Rp. 4.804.949.000,-
2. Biaya mobilisasi dan demobilisasi (5 %)	<u>Rp. 240.247.450,-</u>
	Rp. 5.045.196.450,-
3. Biaya tak terduga (15 %)	<u>Rp. 756.779.465,-</u>
	Rp. 5.801.975.915,-
4. Supervisi dan administrasi (7%)	<u>Rp. 406.138.300,-</u>
	Rp. 6.208.114.215,-

Jadi biaya kostruksi pembangunan Simpang susun Kopo serta jalan keluar masuk yang menuju ke Jalan Kopo (termasuk Tol Plasa) memerlukan dana sebesar Rp.6.208.114.215,- (Enam Milyar Dua Ratus Delapan Juta Seratus Empat Belas Ribu Dua Ratus Lima Belas Rupiah). 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 sosial 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 Padalarang – Cileunyi ini perhitungan biaya proyek memakai Peraturan Standar Analisa Biaya Pembangunan Jalan dan Jembatan, (No : 02/ST/BM/73).

Sebelum pelaksanaan proyek, ditentukan dahulu Rencana Kerja dan Syarat (RKS) untuk menentukan jenis pekerjaan, urutan dan jadwal pelaksanaannya. Adapun uraian jenis pekerjaan yang dilaksanakan pada proyek Jalan Tol Padalarang – Cileunyi adalah sebagai berikut :

1. Tahap perencanaan dan pengadaan lokasi proyek

Meliputi pekerjaan : survei lapangan, penelitian dan penyelidikan terhadap lokasi yang akan dipakai proyek, kemudian dilakukan perancangan teknik dengan memperhatikan kondisi lapangan dan pemilihan alternatif terbaik. Selanjutnya dilakukan pengukuran lapangan dan pembayaran ganti rugi tanah dan bangunan.

2. Mobilisasi

Penyediaan sarana pelaksanaan proyek antara lain : kantor pelaksana, tenaga kerja , alat dan penyediaan material.

3. Pembongkaran dan pembersihan

Pembebasan lokasi jalan dengan melakukan pembongkaran bangunan, pohon, penimbunan rawa dan pengupasan tanah.

4. Pekerjaan tanah

Melakukan pembentukan badan jalan dengan pekerjaan galian, timbunan dan transportasi tanah.

5. Pekerjaan drainasi

Membuat drainasi permukaan dan bawah permukaan untuk mengalirkan air dari jalan ke saluran pembuang.

6. Pekerjaan konstruksi jalan

Membuat konstruksi jalan yang telah dirancang yaitu pekerjaan pondasi dan beton sebagai lapis permukaan jalan.

7. Pekerjaan pelengkap

Pemasangan pagar pengaman, penerangan jalan, rambu dan marka, serta sarana lain yang merupakan pelengkap yang menambah keamanan, kenyamanan dan keindahan.

8. Demobilisasi

Melakukan pembongkaran bangunan sarana mobilisasi dan pembersihan kembali lokasi proyek.

Dari uraian pekerjaan tersebut maka dapat dilakukan perhitungan teknis volume masing - masing pekerjaan. Kemudian sesuai dengan standar penentuan harga satuan yang telah ditetapkan oleh Dinas Pekerjaan Umum tahun 1981 maka

dapat ditentukan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan jadwal urutan pelaksanaan proyek.

Rekapitulasi biaya konstruksi secara total adalah besarnya RAB ditambah 5% RAB untuk mobilisasi dan demobilisasi, ditambah 15% untuk biaya tak terduga dan ditambah 7% untuk biaya supervisi dan administrasi. Jadi jumlah total biaya konstruksi untuk Simpang Susun Kopo adalah Rp. 6.208.114.215,-. Harga ini lebih mahal jika dibanding dengan perkerasan lentur (Rp. 5.325.813.600,-) yang telah dirancang oleh konsultan. Tetapi kelebihan perkerasan kaku adalah hampir tidak ada biaya perawatan selama umur rencana. Lain halnya dengan perkerasan lentur yang memerlukan biaya perawatan tinggi selama umur rencana.

BAB X
KESIMPULAN DAN SARAN

10.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada penulisan Tugas Akhir ini adalah :

1. Sebagai alternatif pemecahan masalah lalu lintas dan pengembangan kota Bandung, direncanakan pembangunan jalan bebas hambatan dari Padalarang ke Cileunyi melewati selatan kota Bandung.
2. Diadakan studi kelayakan untuk mengetahui tingkat kelayakan jalan bebas hambatan tersebut dengan menggunakan metode analisis NPV, B/C dan IRR. Hasil analisis menunjukkan nilai keuntungan yang lebih besar jika jalan bebas hambatan tersebut dioperasikan bukan sebagai jalan tol. Tetapi berdasarkan beberapa pertimbangan, Pemerintah Daerah berketetapan untuk mengoperasikan sebagai jalan tol.
3. 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 Bandung.
 - 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

-
4. Simpang susun Kopo adalah salah satu titik pertemuan jalan Tol Padalarang – Cileunyi dengan jalan Kopo yang menuju ke arah Bandung. Bentuk Simpang susun Kopo merupakan persimpangan tiga kaki tipe trumpet, pemilihan ini didasarkan pertimbangan biaya konstruksi yang murah, pembebasan tanah tidak terlalu besar, lalu lintas beroperasi dengan baik dan biaya operasi kendaraan yang relatif murah karena jarak yang relatif pendek.
5. Perancangan geometrik untuk Simpang susun Kopo meliputi perhitungan alinyemen horisontal dan alinyemen vertikal. Standar perancangan yang digunakan adalah Bina Marga 1990 dan AASHTO 1994. Alinyemen horisontal untuk menentukan trase jalan, bentuk tikungan dan panjang lengkung tikungan. Panjang total masing – masing ramp adalah panjang lengkung ditambah panjang lajur percepatan/perlambatan. Pada perhitungan alinyemen vertikal, elevasi muka tanah dan perkerasan mengambil data dari konsultan. Bentuk profil memanjang berbentuk huruf “S” dan dirancang agar antara alinyemen horisontal dan vertikal sefase, sehingga akan memberikan keamanan, kenyamanan dan biaya operasi kendaraan lebih murah.
6. Perkerasan jalan dirancang memakai perkerasan kaku (“Rigid Pavement”). Penentuan tebal perkerasan mengacu pada AASHTO 1986 dengan memperhatikan besaran rencana yang mempengaruhinya. Urutan pekerjaan adalah: persiapan tanah dasar, pekerjaan pondasi sebagai lapis antara dan pekerjaan slab beton, metode dan cara pelaksanaannya dengan standar Bina Marga.
-

7. Perancangan drainasi bertujuan untuk menjaga keutuhan konstruksi, keamanan, dan kenyamanan. Drainasi jalan berupa: drainasi permukaan dan drainasi bawah permukaan tanah. Perancangan drainasi Simpang susun Kopo, mengambil data curah hujan dari stasiun Husein Sastranegara karena sifat hujan sama dengan sifat hujan daerah Kopo. Bentuk drainasi yang dipakai adalah saluran samping, gorong – gorong kotak, gorong – gorong pipa dan pipa berlubang untuk drainasi bawah permukaan tanah.
8. Untuk memberikan informasi, larangan dan petunjuk kepada pengemudi, pada Simpang susun Kopo dipasang rambu, marka jalan dan benda – benda marka untuk mendapatkan lalu lintas yang harmonis, tertib dan lancar. Pedoman bentuk dan pemasangannya menggunakan standar international berdasarkan perjanjian Geneva tahun 1973.
9. Pelaksanaan pembangunan Simpang susun Kopo 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 (tahun 1983). Biaya total untuk pembangunan Simpang susun Kopo adalah Rp. 6.208.114.215,-.

10.2 Saran

Setelah menganalisis dari beberapa permasalahan yang ada maka kami mencoba untuk memberikan beberapa saran – saran sebagai bahan masukan dalam perancangan berikutnya yaitu :

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 bukan jalan tol.
2. Survei lalu lintas hendaknya dilakukan dalam standar waktu yang telah ditentukan yaitu satu tahun untuk mendapatkan data yang lebih teliti.
3. Bentuk simpang susun yang dipilih belum yang terbaik, karena ada loop yang memerlukan penurunan kecepatan cukup besar hendaknya dipilih bentuk simpang susun yang terbaik (alternatif V. pada bab IV) walaupun biaya yang dikeluarkan mahal tetapi memberikan pelayanan yang baik terhadap pengguna jalan tol, karena pengguna jalan tol mengeluarkan biaya untuk setiap menggunakan jalan tersebut tentunya ingin mendapatkan layanan lalu lintas yang baik. Selain itu biaya konstruksi yang tinggi akan ditutup dari biaya yang didapat dari pembayaran pengguna jalan tol.
4. Untuk mendapatkan tingkat pelayanan A sampai akhir umur rencana, jumlah lajur tiap arah untuk jalan Tol Padalarang – Cileunyi sebagai jalan bebas hambatan, dibuat sebanyak 4 lajur tiap arah. Karena berdasarkan perhitungan, maka pada akhir umur rencana jalan, tingkat pelayanan jalan sudah turun pada tingkat pelayanan C.

-
5. Pada ramp 4004 lengkung berbalik perlu dibuat daerah tangen antara dua lengkung yang berlawanan, untuk memberi keamanan dan kenyamanan saat melewati daerah tikungan. Daerah tangen juga berguna untuk pencapaian superelevasi (“superelevation run off”) serta kemudahan dalam pembangunan jalan
 6. Untuk menambah kenyamanan perkerasan kaku, maka dapat diberi lapisan tambahan diatas slab beton berupa aspal beton.
 7. Dalam penentuan bentuk dan pemasangan rambu di jalan tol dipakai yang sesuai dengan standart di Indonesia, agar rambu yang ada di jalan tol dan di jalan bukan tol tidak berbeda jauh sehingga tidak membingungkan pengguna jalan.
 8. Dalam pelaksanaan setiap pekerjaan dalam pembangunan proyek Jalan Tol Padalarang – Cileunyi hendaknya dilakukan dengan cermat, efisien dan sesuai dengan jadwal serta biaya yang telah ditetapkan sehingga hasil yang diperoleh dapat berkualitas baik.
-

DAFTAR PUSTAKA

1. American Association of State Highway and Transportation Officials, 1994, A POLICY ON GEOMETRIC DESIGN OF HIGHWAYS AND STREETS, AASHTO, USA. (1)
2. Clarkson H. Oglesby, 1996, HIGHWAY ENGINEERING, alih bahasa Purwo Setianto ; editor Purnomo Wahyu Indarto, TEKNIK JALAN RAYA, Cetakan I, Erlangga, Jakarta.
3. Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga, 1985, MERENCANA PERKERASAN TEGAR, Makalah Simposium Jalan Beton -1, Semarang. (2)
4. Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga, 1983, PEDOMAN PENENTUAN TEBAL PERKERASAN LENTUR JALAN RAYA, Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta. (2)
5. Departemen Pekerjaan Umum, 1991, TATA CARA PERHITUNGAN STRUKTUR BETON UNTUK BANGUNAN GEDUNG SKSNI T-15-1991-03, Yayasan LPMB, Bandung. (1)
6. Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, 1990, SPESIFIKASI STANDAR UNTUK PERENCANAAN GEOMETRIK JALAN LUAR KOTA (RANCANGAN AKHIR), Sub Direktorat Perencanaan Teknis (2)

Jalan Bippran Bina Marga, Jakarta.

7. Departemen Kesejahteraan Senat Mahasiswa Fakultas Teknik UII, 1974, DRAINAGE, Departemen Kesejahteraan Senat Mahasiswa Fakultas Teknik UII, Yogyakarta. ✓
 8. Institute of Transportation Engineers by Prentice-Hall Inc, 1992, TRAFFIC ENGINEERING HAND BOOK, 4th Edition, A Simon and Schuster Company, Englewood Clifts, New Jersey. (6) (8)
 9. Ministry of Public Works, Directorate General of Water Resources Development, 1994, IRRIGATION MANUAL ON DRAINAGE, Ministry of Public Works, Indonesia. 9
 10. Ministry of Public Works, Directorate General of Water Resources Development, 1994, IRRIGATION MANUAL ON DRAINAGE, Ministry of Public Works, Indonesia. 10
 11. Robert J. Kodoatic, 1995, ANALISIS EKONOMI TEKNIK, Andi Offset, Yogyakarta. ✓ 11
-
12. Silvia Sukirman, 1992, PERKERASAN LENTUR JALAN RAYA, Nova, Bandung. ✓ 12
 13. Silvia Sukirman, 1994, DASAR – DASAR PERENCANAAN GEOMETRIK JALAN, Nova, Bandung. 13

LAMPIRAN