

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Di dalam merencanakan suatu kegiatan atau proyek dibutuhkan dasar teori mengenai hal tersebut. Dasar teori ini diambil dari kajian pustaka yang ada dari bahan-bahan kuliah dan literatur-literatur yang berhubungan dengan perencanaan proyek tersebut.

Dalam merencanakan dan memecahkan permasalahan yang timbul selama perencanaan kami menggunakan rumus-rumus yang diambil dari literatur yang berhubungan dengan persoalan yang kami hadapi. Untuk lebih jelas dalam memberikan gambaran terhadap proses perencanaan ini maka studi pustaka diuraikan sebagai berikut :

- Perencanaan trase
- Pembebanan ruas jalan
- Aspek lalu lintas dan geometrik jalan
- Aspek penyelidikan tanah
- Aspek perkerasan jalan
- Aspek drainase
- Aspek bangunan penunjang dan pelengkap jalan

2.2 Perencanaan Trase

Pembangunan suatu jalan diusahakan seoptimal mungkin dalam arti secara teknis memenuhi persyaratan dan secara ekonomis biaya pembangunannya, termasuk biaya pemeliharaan dan pengoperasiannya serendah mungkin. Paling tidak dapat mengimbangi keuntungan akibat adanya jalan ini. Bahkan pembangunan jalan juga semestinya

memperhitungkan dampaknya terhadap lingkungan, sosial dan aspek-aspek yang lain.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan lokasi koridor jalan diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Pengaruh Medan/Topografi

Pada kondisi medan tertentu, jarak terpendek belum tentu merupakan jalan yang optimum. Bila terdapat bukit-bukit, maka jarak terpendek mungkin akan memiliki kelandaian yang terlalu besar sehingga melebihi kelandaian maksimum yang diisyaratkan oleh standart perencanaan yang tergantung pada jenis dan kelas jalan. Pada jalan yang landai, apalagi dengan kelandaian yang signifikan, perlu diteliti panjang kritisnya serta kemampuan kendaraan berat untuk melaluinya. Juga pada jalan yang landai, biaya operasional kendaraan lebih tinggi dibandingkan dengan jalan yang datar, manun jalan dengan kelandaian minimum seringkali membutuhkan jarak yang lebih panjang dan biaya konstruksi yang lebih mahal akibat volume pekerjaan tanah yang lebih besar, terutama pada daerah perbukitan. Jadi untuk membuat jalan ekonomis, diusahakan jalan yang terpendek namun dengan memperhitungkan kelandaian yang seminimum mungkin.

2. Perpotongan dengan sungai

Pada kondisi / lokasi yang terdapat sungai, rencana jalan yang memotongnya tidak selalu tagak lurus. Perpotongan tegak lurus akan menghasilkan penyebrangan yang terpendek, hal ini berkaitan dengan biaya yang digunakan. Namun dilainpihak, potongan miring yang membutuhkan penyebrangan lebih panjang memiliki keuntungan jauh lebih lurus.

3. Daerah Lahan Kritis

Rencana jalan diusahakan tidak melewati daerah lahan kritis, yaitu daerah yang rawan longsor, daerah patahan maupun genangan atau rawa-rawa

karena walaupun dapat datasi dengan penanganan tertentu namun berimplikasi terhadap tingginya biaya konstruksi dan pemeliharaan jalan. Apabila penanganannya kurang memadai dapat mengancam keselamatan pengguna jalan.

4. Material Konstruksi Jalan

Biaya pengangkutan material konstruksi dapat menjadi lebih besar dari harga material apabila penentuan lokasi jalan tidak tepat.

5. Galian dan Timbunan

Galian maupun timbunan membutuhkan biaya yang tidak sedikit apalagi didaerah batuan sehingga pekerjaan ini harus diminimalisasi. Galian yang terlalu dalam akan membutuhkan penanganan khusus terhadap dinding galian untuk menghindari lngsor. Begitu pula dengan timbunan yan terlalu tinggi. Pekerjaan galian dan timbunan diusahakan seimbang.

6. Pembebasan Tanah

Tidak semua tanah dikuasai oleh Negara. Tanah milik masyarakat perlu dibebaskan dahulu dengan memberikan ganti rugi kepada pemilik. Pembebasan tanah ini membutuhkan koordinasi yang baik dan tidak sedikit yang menimbulkan permasalahan, terutama masalah waktu.

7. Lingkungan

Dengan terbangunnya jalan, maka pengguna lalu lintas cenderung untuk menghasilkan polusi bagi lingkungan, baik polusi udara, suara, getaran, dsb. Karena itu didaerah tertentu seperti daerah hutan lindung/cagar alam sangat tidak disarankan dilalui jalan untuk kendaraan bermotor.

Segi-segi desain yang utama sebuah jalan adalah lokasi dan penampang melintangnya. Lokasi sebagian ditentukan dengan alinyemen horisontal, yaitu posisi dalam bidang horisontal relatif terhadap suatu koordinat sumbu. Alinyemen horisontal dikenal dengan nama trase jalan. Desain ini juga ditentukan oleh alinyemen vertikal, yaitu perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan atau

melalui tepi jalan dan sering disebut dengan penampang memanjang jalan. Dalam menentukan alinyemen tersebut maka perlu dipertimbangkan pula pembebanan ruas jalan dan perilaku pelaku perjalanan.

2.3 Perencanaan dan Pemodelan Transportasi

Perencanaan dan pemodelan transportasi adalah media yang paling efektif dan efisien yang dapat menghubungkan semua faktor-faktor permasalahan transportasi, baik itu berupa kemacetan, tundaan, serta polusi suara dan udara. Dan hasil dari perencanaan dan pemodelan transportasi tertentu dapat digunakan untuk memecahkan permasalahan transportasi baik pada masa sekarang ataupun pada masa yang akan datang.

Tujuan dasar perencanaan transportasi adalah memperkirakan jumlah serta alokasi kebutuhan akan transportasi (misalnya menentukan total pergerakan, baik untuk angkutan umum maupun pribadi) pada masa mendatang atau pada tahun rencana yang akan digunakan untuk berbagai kebijakan perencanaan transportasi.

Terdapat beberapa konsep perencanaan transportasi yang telah berkembang sampai dengan saat ini, yang paling populer adalah “Model Perencanaan Transportasi Empat Tahap”. Model perencanaan ini merupakan gabungan dari beberapa seri submodel yang masing-masing harus dilakukan secara terpisah dan berurutan.

Submodel tersebut adalah:

- Aksesibilitas
- Bangkitan dan tarikan pergerakan
- Sebaran pergerakan
- Pemilihan moda
- Pemilihan rute
- Arus lalu lintas dinamis

Jenis permodelan seperti ini sangat kompleks, membutuhkan banyak data dan waktu yang lama dalam proses pengembangan dan pengkalibrasiannya. Akan tetapi model ini dapat disederhanakan agar dapat memenuhi kebutuhan perencanaan transportasi di daerah yang mempunyai keterbatasan waktu dan biaya. Dalam gambar dibawah ini memperlihatkan garis besar semua proses yang terdapat dalam konsep perencanaan transportasi :

a. Model bangkitan pergerakan

Model bangkitan pergerakan adalah menghasilkan model hubungan yang mengkaitkan tata guna lahan dengan jumlah pergerakan yang menuju ke suatu zona atau jumlah pergerakan yang meninggalkan suatu zona. Zona asal dan tujuan pergerakan biasanya disebut dengan istilah *trip end*.

Model ini sangat dibutuhkan apabila efek tata guna lahan dan pemilikan pergerakan terhadap besarnya bangkitan dan tarikan pergerakan berubah sebagai fungsi waktu. Tahapan bangkitan pergerakan ini meramalkan jumlah pergerakan yang akan dilakukan oleh seseorang pada setiap zona asal dengan menggunakan data rinci mengenai tingkat bangkitan pergerakan, atribut sosial-ekonomi, serta tata guna lahan. Pergerakan itu sendiri dapat diklasifikasikan:

- Berdasarkan tujuan pergerakan
- Berdasarkan waktu
- Berdasarkan jenis orang

b. Model sebaran pergerakan

Kebutuhan akan pergerakan selalu menimbulkan permasalahan, khususnya pada saat orang ingin bergerak untuk tujuan yang sama di dalam daerah tertentu dan pada saat yang bersamaan pula. Kemacetan, keterlambatan, polusi udara, dan polusi suara adalah beberapa permasalahan yang timbul akibat adanya pergerakan. Salah satu usaha untuk mengatasinya adalah dengan memahami pola pergerakan yang akan

terjadi. Oleh karena itu agar kebijakan investasi transportasi dapat berhasil dengan baik, sangatlah penting dipahami pola pergerakan yang akan terjadi pada saat sekarang dan juga pada masa yang akan datang pada saat kebijakan tersebut diberlakukan.

c. Model pemilihan moda

Model pemilihan moda bertujuan untuk mengetahui proporsi orang yang akan menggunakan setiap moda. Proses ini dilakukan dengan maksud untuk mengkalibrasi model pemilihan moda pada tahun dasar dengan mengetahui peubah atribut yang mempengaruhi pemilihan moda tersebut. Setelah dilakukan proses kalibrasi, model dapat digunakan untuk meramalkan pemilihan moda dengan menggunakan peubah atribut untuk masa mendatang.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan moda ini dapat dikelompokkan menjadi empat yaitu :

- Pengguna jalan : seperti faktor ketersediaan atau pemilikan kendaraan pribadi, pemilikan SIM, struktur rumah tangga, pendapatan, dan lain sebagainya.
- Pergerakan: seperti tujuan pergerakan, waktu terjadinya pergerakan dan jarak perjalanan.
- Fasilitas moda transportasi : seperti waktu perjalanan, biaya transportasi, serta ketersediaan ruang dan tarif parkir.
- Kota atau zona : yaitu jarak dari pusat kota dan kepadatan penduduk.

d. Model pemilihan rute

Sisi kebutuhan akan transportasi terdiri dari indikator sejumlah pergerakan (bisa dalam bentuk MAT atau metrik pergerakan atau metrik asal tujuan), moda transportasi tertentu yang dilakukan untuk tingkat pelayanan tertentu. Salah satu unsur utama yang menyatakan tingkat pelayanan adalah :

- Waktu tempuh
- Biaya perjalanan (tarif dan bahan bakar)
- Dan juga hal lain seperti kenyamanan dan keamanan penumpang.

Pada tahap pembebanan rute, beberapa prinsip digunakan untuk membebankan MAT pada jaringan jalan yang akhirnya menghasilkan informasi arus lalu lintas pada setiap ruas jalan, tetapi hal ini bukanlah satu-satunya informasi. Terdapat beberapa informasi tambahan lainnya yang bisa dihasilkan sebagaimana diuraikan berikut :

a. Primer

- Ukuran kinerja jaringan seperti arus dan keuntungan pelayanan bus
- Taksiran biaya (waktu) perjalanan antar zona untuk tingkat kebutuhan pergerakan tertentu
- Informasi mengenai arus lalu lintas dan ruas jalan yang macet

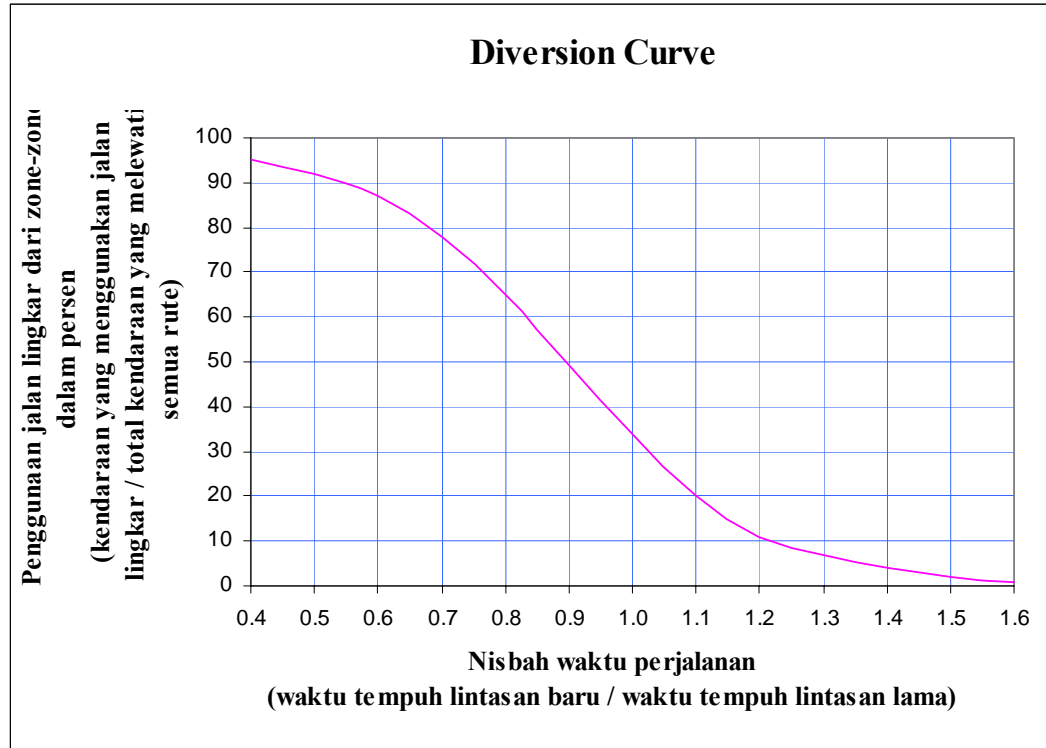
b. Sekunder

- Taksiran rute yang digunakan oleh antar pasangan zona
- Analisis pasangan zona yang menggunakan ruas jalan tertentu
- Pola pergerakan pada persimpangan

Model pemilihan rute biasanya memberikan gambaran ideal pemilihan rute dari beberapa rute yang saling bersaing. Jika di daerah yang sudah memiliki jaringan jalan dibuat jalan baru yang paralel dengan waktu tempuh dan/atau biaya perjalanan yang lebih rendah maka pengendara cenderung menggunakan jalan baru tersebut. Hal ini terjadi jika jalan baru ini mempunyai kualitas yang tinggi dan arus lalu lintas yang melewatinya tidak melebihi kapasitasnya. Jika terjadi kasus seperti ini, maka sebaiknya digunakan *kurva diversi*.

Kurva diversi adalah kurva yang digunakan untuk memperkirakan arus lalu lintas yang tertarik ke jalan baru atau jalan dengan fasilitas baru. Oleh sebab itu, perlu dibandingkan biaya perjalanan dengan atau tanpa fasilitas

transportasi yang baru. Keputusan seseorang untuk menggunakan jalan yang baru tersebut didasari oleh perbandingan dan perbedaan biaya jika dia menggunakan atau tidak menggunakan fasilitas baru tersebut. Kurva diversifikasi biasanya dibentuk berdasarkan waktu, jarak atau biaya, atau kombinasinya.



Gambar 2.1 Kuva Diversi

2.4 Aspek Lalu Lintas

2.4.1 Klasifikasi Fungsi Jalan

Seperti dalam peraturan pemerintah No. 26 Tahun 1985 pasal 4 dan 5, jaringan jalan berdasarkan fungsinya diklasifikasikan dalam beberapa jenis yaitu :

1. Sistem Jaringan Jalan Primer

Sistem jaringan jalan primer disusun mengikuti ketentuan pengaturan tata ruang dan struktur pengembangan wilayah tingkat

nasional, yang menghubungkan simpul-simpul jasa distribusi sebagai berikut :

- a. Dalam satuan wilayah pengembangan menghubungkan secara menerus kota jenjang kesatu, kota jenjang kedua, kota jenjang ketiga dan kota jenjang dibawahnya.
- b. Menghubungkan kota jenjang kesatu dengan kota jenjang kesatu antar satuan wilayah pengembangan.

Berdasarkan fungsi/peranan jalan dibagi atas :

1) Jalan Arteri Primer

Menghubungkan kota jenjang kesatu yang terletak berdampingan atau menghubungkan kota jenjang kesatu dengan kota jenjang kedua.

2) Jalan Kolektor Primer

Menghubungkan kota jenjang kedua dengan kota jenjang kedua atau menghubungkan kota jenjang kedua dengan kota jenjang ketiga.

3) Jalan Lokal Primer

Menghubungkan kota jenjang kesatu dengan persil atau menghubungkan kota jenjang kedua dengan persil atau menghubungkan kota jenjang ketiga dengan persil atau dibawah kota jenjang ketiga sampai persil.

2. Sistem Jaringan Jalan Sekunder

Sistem jaringan jalan sekunder disusun mengikuti ketentuan pengaturan tata ruang kota yang menghubungkan kawasan-kawasan yang mempunyai fungsi primer, fungsi sekunder kesatu, fungsi sekunder kedua, fungsi sekunder ketiga dan seterusnya sampai ke perumahan.

Fungsi jalan dalam sistem jaringan jalan sekunder dibagi atas :

- Jalan Arteri Sekunder

Menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder satu atau menghubungkan kawasan sekunder satu dengan sekunder satu atau sekunder satu dengan sekunder kedua.

- Jalan Kolektor Sekunder

Menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder kedua atau kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga.

- Jalan Lokal Sekunder

Menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan, kawasan sekunder kedua dengan perumahan, kawasan sekunder ketiga dengan perumahan dan seterusnya.

2.4.2 Klasifikasi Kelas Jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam Muatan Sumbu Terberat (MST) dalam satuan ton. Adapun klasifikasi kelas jalan tersebut adalah sebagai berikut seperti tercantum dalam table 2.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi Kelas Jalan

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat (MST)
Arteri	I	> 10
	II	10
	III A	8
Kolektor	III A	8
	III B	8

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997

2.4.3 Klasifikasi Medan Jalan

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur. Pengklasifikasiannya adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
Datar	D	< 3
Perbukitan	B	3 – 25
Pegunungan	G	> 25

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997

2.4.4 Tipe Jalan

Berbagai tipe jalan akan memberikan kinerja yang berbeda pada pembebanan lalu lintas. Berikut ini merupakan kondisi jalan dari masing-masing tipe jalan berdasarkan pada MKJI 1997, yang dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan tipe jalan :

- a. Jalan dua-lajur dua-arah tak terbagi (2/2 UD)
 - Lebar jalur lalu lintas efektif 7 m
 - Lebar efektif bahu jalan 1,5 m pada masing-masing sisi
 - Tidak ada median
 - Pemisah arah lalu lintas: 50-50
 - Tipe alinyemen: Datar
 - Guna lahan: tidak ada pengembangan samping jalan
 - Kelas hambatan samping: rendah (L)
 - Kelas fungsional jalan: jalan arteri
 - Kelas jarak pandang: A

- b. Jalan empat-lajur dua-arah tidak terbagi (4/2 UD)
- Lebar jalur lalu lintas efektif 14 m
 - Lebar efektif bahu jalan 1,5 m pada masing-masing sisi
 - Tidak ada median
 - Pemisah arah lalu lintas: 50-50
 - Tipe alinyemen: Datar
 - Guna lahan: tidak ada pengembangan samping jalan
 - Kelas hambatan samping rendah (L)
 - Kelas fungsional jalan arteri
 - Kelas jarak pandang: A
- c. Jalan empat-lajur dua-arah terbagi (4/2 D)
- Lebar jalur lalu lintas efektif 2 x 7 m (tidak termasuk lebar median)
 - Lebar efektif bahu 2 m diukur sebagai lebar bahu dalam + bahu luar
 - Ada median
 - Tipe alinyemen: Datar
 - Guna lahan: tidak ada pengembangan samping jalan
 - Kelas hambatan samping rendah (L)
 - Kelas fungsional: jalan arteri
 - Kelas jarak pandang A
- d. Jalan enam-lajur dua-arah terbagi (6/2 D)
- Karakteristik umum sama seperti diuraikan pada jalan empat lajur dua arah terbagi (4/2 D) diatas.

2.4.5 Nilai Konversi Kendaraan (emp)

Satuan Mobil Penumpang (smp) adalah satuan arus lalu lintas, dimana arus dari berbagai tipe kendaraan telah diubah menjadi kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan emp. Ekuivalen mobil penumpang (emp) adalah faktor dari berbagai tipe kendaraan dibandingkan

terhadap kendaraan ringan sehubungan dengan pengaruh terhadap kecepatan kendaraan ringan dalam arus campuran. Ekuivalensi kendaraan penumpang untuk Kendaraan Berat Menengah (MHV), Bus Besar (LB), Truk Besar (LT) (termasuk truk kombinasi), dan Sepeda Motor (MC) dapat dilihat pada table 2.3 dibawah ini. Untuk Kendaraan Ringan (LV) nilai emp selalu 1.0.

Tabel 2.3 Emp Untuk Jalan Dua-Lajur Dua-Arah Tak Terbagi (2/2 UD)

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

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia

Tabel 2.4 Emp Untuk Jalan Empat-Lajur Dua-Arah 4/2

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

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia

Tabel 2.5 Emp Untuk Jalan Enam-Lajur Dua-Arah Terbagi (6/2 D)

Tipe Alinyemen	Arus lalu lintas (kend/jam)	emp			
	Per arah (kend/jam)	MHV	LB	LT	MC
Datar	0	1,2	1,2	1,6	0,5
	1500	1,4	1,4	2,0	0,6
	2750	1,6	1,7	2,5	0,8
	≥3250	1,3	1,5	2,0	0,5

Bukit	0	1,8	1,6	4,8	0,4
	1100	2,0	2,0	4,6	0,5
	2100	2,2	2,3	4,3	0,7
	≥2650	1,8	1,9	3,5	0,4
Gunung	0	3,2	2,2	5,5	0,3
	800	2,9	2,6	5,1	0,4
	1700	2,6	2,9	4,8	0,6
	≥2300	2,0	2,4	3,8	0,3

2.4.6 Volume Lalu Lintas Rencana

Volume Lalu Lintas Harian Rencana (VLHR) adalah perkiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas, dinyatakan dalam smp/ hari. Sedangkan Volume Jam Rencana (VJR) adalah perkiraan volume lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas yang dinyatakan dalam smp/ jam. Dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$VJR = VLHR \times \frac{K}{F}$$

dimana:

VJR : Volume Jam Rencana (smp/ jam)

VLHR : Volume Lalu lintas Harian Rencana (smp/ hari)

K : faktor volume lalu lintas jam sibuk (%).

F : faktor variasi tingkat lalu lintas per seperempat jam dalam 1 jam (%).

VJR juga digunakan untuk menghitung jumlah lajur jalan dan fasilitas lalu lintas lainnya yang diperlukan. Tabel berikut akan menyajikan tentang faktor K dan faktor F yang sesuai dengan VLHRnya.

Tabel 2.6 Penentuan Faktor K dan Faktor F Berdasarkan VLHR

VLHR	Faktor K (%)	Faktor F (%)
> 50.000	4 – 6	0,9 – 1
30.000 – 50.000	6 – 8	0,8 – 1
10.000 – 30.000	6 – 8	0,8 – 1
5.000 – 10.000	8 – 10	0,6 – 0,8
1.000 – 5.000	10 – 12	0,6 – 0,8
< 1.000	12 – 16	< 0,6

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997

Sebagai faktor koreksi dari nilai VJP dapat digunakan fluktuasi lalu lintas perjam/hari kemudian dibandingkan dengan lalu lintas per 15 menit selama jam puncak untuk mendapatkan nilai *Pick Tour Factor* (PHF)

PHF = Volume lalu lintas selama 1 jam / (4 x volume lalu lintas selama 15 menit tertinggi)

DHF = VJP = Volume lalu lintas selama 1 jam / PHF

2.4.7 Pertumbuhan Lalu Lintas

Besarnya tingkat pertumbuhan lalu lintas dapat dihitung dengan menggunakan metode regresi linear. $Y = a + bX$

Maka akan dapat diketahui pertumbuhan LHR harga a dan b dari persamaan :

$$\sum X = n.a + \sum X$$

$$\sum X.Y = a \sum X + b \sum X^2$$

Keterangan :

Y = LHR

a = konstanta

X = data sekunder dari periode awal

b = koefisien variabel X

n = jumlah tahun

2.4.8 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang dipilih untuk keperluan perencanaan setiap bagian jalan raya seperti tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang dan lain-lain. Kecepatan yang dipilih tersebut adalah kecepatan tertinggi menerus dimana kendaraan dapat berjalan dengan aman dan keamanan itu sepenuhnya tergantung dari bentuk badan jalan. Untuk kondisi medan yang sulit, V_R suatu segmen jalan dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20 km/jam. Kecepatan Rencana (V_R) untuk masing – masing fungsi jalan dapat dilihat dalam Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Kecepatan Rencana sesuai klasifikasi fungsi dan medan

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

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997

2.4.9 Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Untuk perencanaan geometrik jalan, ukuran kendaraan rencana akan mempengaruhi lebar lajur yang dibutuhkan

Dimensi dasar untuk masing-masing kategori Kendaraan Rencana ditunjukkan oleh tabel berikut:

Tabel 2.8 Dimensi Kendaraan Rencana

KATEGORI KENDARAAN RENCANA	DIMENSI KENDARAAN (cm)			TONJOLAN (cm)		RADIUS PUTAR (cm)		RADIUS TONJOLAN (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Min	Max	
Kendaraan kecil	130	210	580	90	150	420	730	780

Kendaraan Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Kendaraan Besar	410	260	2100	120	90	290	1400	1370

Sumber: *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997*

2.4.10 Kebutuhan Lajur

Lajur adalah sebagian jalur lalu lintas yang memanjang dibatasi oleh marka, memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai kendaraan rencana.

- **Lebar Lajur**

Adalah bagian jalan yang direncanakan khusus untuk lintasan satu kendaraan. Lebar lajur lalu lintas sangat mempengaruhi kecepatan arus bebas dan kapasitas dari jalan.

Tabel 2.9 Lebar lajur lalu lintas

FUNGSI	KELAS	LEBAR LAJUR IDEAL (m)
Arteri	I	3,75
	II, IIIA	3,50
Kolektor	III A, III B	3,00
Lokal	III C	3,00

Sumber: *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997*

Tabel 2.10 Penentuan Lebar Lajur dan Bahu Jalan

VLHR (smp/hari)	Arteri				Kolektor				Lokal			
	ideal		Minimum		ideal		minimum		ideal		minimum	
	LJ (m)	LB (m)	LJ (m)	LB (m)	LJ (m)	LB (m)	LJ (m)	LB (m)	LJ (m)	LB (m)	LJ (m)	LB (m)
<3000	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,0	4,5	1,0
3000 – 10000	7,0	2,0	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,0
10001 – 25000	7,0	2,0	7,0	2,0	7,0	2,0	**)	**)	-	-	-	-
>25000	2nx3,5*)	2,5	2x7,0*)	2,0	2nx3,5*)	2,0	**)	**)	-	-	-	-

Sumber: *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997*

Keterangan :

LJ : Lebar Lajur

LB : Lebar bahu

**) : Mengacu pada pesyaratan ideal

*) : Dua lajur terbagi, masing-masing $n \times 3,5\text{m}$, dimana n =jumlah lajur per jalur

- : Tidak Ditentukan

- **Jumlah Lajur**

Kebutuhan lajur lalu lintas dapat ditetapkan berdasarkan tipe jalan yang akan dipilih, kemudian dihitung rasio perbandingan antara arus lalu lintas jam rencana dengan kapasitas tiap lajurnya apakah sudah memenuhi syarat yang ditetapkan didalam MKJI'97 yaitu *Degree of Saturation* (DS) $< 0,75$

- **Median**

Median adalah bagian bangunan jalan yang secara fisik memisahkan dua jalur lalu lintas yang berlawanan arah. Fungsi median jalan adalah untuk memisahkan aliran lalu lintas yang berlawanan arah sebagai ruang lapak tunggu penyeberang jalan untuk menetapkan fasilitas jalan sebagai tempat prasaranan kerja sementara, penghijauan, tempat berhenti darurat dan sebagai cadangan lajur serta mengurangi silau sinar lampu kendaraan dari arah yang berlawanan. Median dapat dibedakan atas Median direndahkan, terdiri atas jalur tepian dan bangunan pemisah jalur yang direndahkan dan Median ditinggikan, terdiri atas jalur tepian dan bangunan pemisah jalur yang ditinggikan.

Tabel 2.11 Lebar minimum median

Bentuk median	Lebar minimum (m)
Median ditinggikan	2,0
Median direndahkan	7,0

Sumber: *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997*

- **Bahu jalan**

Bahu jalan adalah bagian jalan yang terletak ditepi jalur lalu lintas dan harus diperkeras. Kemiringan bahu jalan normal adalah 3 – 5%. Fungsi bahu jalan adalah ruang bebas samping bagi lalu lintas, lajur lalu lintas darurat, tempat berhenti sementara, tempat parkir darurat, penyangga sampai untuk kestabilan perkerasan jalur lalu lintas. Lebar bahu jalan dapat dilihat pada table 2.10

2.4.11 Kecepatan Arus Bebas Kendaraan Ringan (FV)

Analisa ini digunakan untuk menentukan besarnya kecepatan arus bebas yang melalui suatu ruas jalan. Kecepatan arus bebas (FV) didefinisikan sebagai kecepatan pada tingkat arus nol, yaitu kecepatan yang akan dipilih pengemudi jika mengendarai kendaraan bermotor tanpa dipengaruhi oleh kendaraan bermotor lain di jalan (yaitu saat arus = 0). Kecepatan arus bebas yang dihitung adalah untuk kendaraan ringan (LV) saja, karena ini telah dipilih sebagai kriteria dasar untuk kinerja segmen jalan pada arus nol. Persamaan untuk menentukan kecepatan arus bebas adalah sebagai berikut

$$FV = (FV_0 + FV_W) \times FFV_{SF} \times FFV_{RC}$$

FV = Kecepatan arus bebas kendaraan ringan pada kondisi lapangan

FV₀ = Kecepatan arus bebas dasar kendaraan ringan (Tabel 2.12)

FV_W = Penyesuaian kecepatan akibat lebar jalan (Tabel 2.12)

FFV_{SF} = Faktor penyesuaian akibat kondisi hambatan samping dan lebar bahu (Tabel 2.13)

FFV_{RC} = Faktor penyesuaian akibat kalas fungsi jalan dan guna lahan (Tabel 2.14)

Tabel 2.12 Kecepatan arus bebas dasar (FV_0) untuk jalan luar kota

Tipe jalan/ Tipe alinyemen/ (Kelas jarak pandang)	Kecepatan arus bebas dasar (km/jam)				
	Kendaraan ringan LV	Kendaraan berat menengah MHV	Bus besar LB	Truck besar LT	Sepeda motor MC
6/2 D					
Datar	83	67	86	64	64
Bukit	71	56	68	52	58
Gunung	62	45	55	40	55
4/2 D					
Datar	78	65	81	62	64
Bukit	68	55	66	51	58
Gunung	60	44	53	39	55
4/2 UD					
Datar	74	63	78	60	60
Bukit	66	54	65	50	56
Gunung	58	43	52	39	53
2/2 UD					
Datar SDC:A	68	60	73	58	55
Datar SDC:B	65	57	69	55	54
Datar SDC:C	61	54	63	52	53
Bukit	61	52	62	49	53
Gunung	55	42	50	38	51

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia

Tabel 2.13 Faktor penyesuaian kecepatan arus bebas untuk lebar jalur lalu lintas (FV_w)

Tipe jalan	Lebar efektif jalur lalu lintas (W_C) (m)	FV_w (km/jam)		
		Datar: SDC=A,B	- Bukit: SDC=A,B,C - Datar: SDC=C	Gunung
6/2 D dan 4/2 D	Per Lajur			
	3,00	-3	-3	-2
	3,25	-1	-1	-1
	3,50	0	0	0
	3,75	2	2	2
	Per lajur			
	3,00	-3	-2	-1
	3,25	-1	-1	-1
4/2 UD	3,50	0	0	0
	3,75	2	2	2
	Total			
	5	-11	-9	-7
2/2 UD	6	-3	-2	-1
	7	0	0	0
	8	1	1	1
	9	2	2	2
	10	3	3	3
	11	3	3	3

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia

Tabel 2.14 Faktor penyesuaian kecepatan arus bebas akibat hambatan samping (FFV_{SF})

Tipe jalan	Kelas hambatan samping	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan lebar bahu			
		Lebar bahu efektif rata-rata W_s (m)			
		$\leq 0,5$ m	1,0 m	1,5 m	$\geq 2,0$ m
4/2 D	Sangat rendah	1,00	1,00	1,00	1,00
	Rendah	0,98	0,98	0,98	0,99

	Sedang	0,95	0,95	0,96	0,98
	Tinggi	0,91	0,92	0,93	0,97
	Sangat tinggi	0,86	0,87	0,89	0,96
4/2 UD	Sangat rendah	1,00	1,00	1,00	1,00
	Rendah	0,96	0,97	0,97	0,98
	Sedang	0,92	0,94	0,95	0,97
	Tinggi	0,88	0,89	0,90	0,96
	Sangat tinggi	0,81	0,83	0,85	0,95
2/2 D	Sangat rendah	1,00	1,00	1,00	1,00
	Rendah	0,96	0,97	0,97	0,98
	Sedang	0,91	0,92	0,93	0,97
	Tinggi	0,85	0,87	0,88	0,95
	Sangat tinggi	0,76	0,79	0,82	0,93

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia

Tabel 2.15 Faktor penyesuaian kecepatan arus bebas akibat kelas fungsional jalan (FFV_{RC})

Tipe Jalan	Faktor penyesuaian FFV_{RC}				
	Pengembangan samping jalan (%)				
	0	25	50	75	100
4/2 D					
Arteri	1,00	0,99	0,98	0,96	0,95
Kolektor	0,99	0,98	0,97	0,95	0,94
Lokal	0,98	0,97	0,96	0,94	0,93
4/2 UD					
Arteri	1,00	0,99	0,97	0,96	0,945
Kolektor	0,97	0,96	0,94	0,93	0,915
Lokal	0,95	0,94	0,92	0,91	0,895
2/2 UD					

Arteri	1,00	0,98	0,97	0,96	0,94
Kolektor	0,94	0,93	0,91	0,90	0,88
Lokal	0,90	0,88	0,87	0,86	0,84

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia

2.4.12 Kriteria Analisa Kapasitas Jalan Luar Kota

Untuk menganalisa besarnya kapasitas jalan luar kota, berdasarkan MKJI 1997 Bab jalan luar kota, dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut

$$C = C_o \cdot FC_w \cdot FC_{sp} \cdot FC_{sf}$$

Dimana : C = Kapasitas jalan

C_o = Kapasitas dasar (Tabel 2.16)

FC_w = Faktor penyesuaian akibat lebar jalan (Tabel 2.17)

FC_{sp} = Faktor penyesuaian akibat prosentase arah (Tabel 2.18)

FC_{sf} = Faktor penyesuaian akibat hambatan samping (Tabel 2.19)

Tabel 2.16 Kapasitas dasar untuk jalan perkotaan (C_o)

Tipe jalan/ Tipe alinyem	Kapasitas dasar Total kedua arah (smp/jam/lajur)
4/2 D	
Datar	1900
Bukit	1850
Gunung	1800
4/2 UD	
Datar	1700
Bukit	1650
Gunung	1600

Tipe jalan/ Tipe alinyemen	Kapasitas dasar Total kedua arah (smp/jam)
2/2 UD	
Datar	3100
Bukit	3000
Gunung	2900

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia

Tabel 2.17 Faktor penyesuaian akibat lebar jalur lalu lintas (FC_w)

Tipe Jalan	Lebar Jalur Lalu Lintas Efektif (W_e) (m)	FC_w
Empat lajur terbagi Enam lajur terbagi	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,96
	3,50	1,00
Empat lajur tak terbagi	3,75	1,03
	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,03

Dua lajur tak terbagi	Total kedua arah	
	5,00	0,69
	6,00	0,91
	7,00	1,00
	8,00	1,08
	9,00	1,15
	10,00	1,21
	11,00	1,27

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia

Tabel 2.18 Faktor penyesuaian akibat pemisahan arah (FC_{sp})

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

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia

Tabel 2.19 Faktor penyesuaian akibat hambatan samping (FC_{sf})

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping	FC _{sf}			
		Lebar Bahu Efektif W _s			
		≤ 0,5	1,0	1,5	≥ 2,0
4/2 D	Sangat Rendah	0,99	1,00	1,01	1,03
	Rendah	0,96	0,97	0,99	1,01
	Sedang	0,93	0,95	0,96	0,99
	Tinggi	0,90	0,92	0,95	0,97
	Sangat Tinggi	0,88	0,90	0,93	0,96
2/2 UD 4/2 UD	Sangat Rendah	0,97	0,99	1,00	1,02
	Rendah	0,93	0,95	0,97	1,00
	Sedang	0,88	0,91	0,94	0,98
	Tinggi	0,84	0,87	0,91	0,95
	Sangat Tinggi	0,80	0,83	0,88	0,93

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia

Untuk menentukan kelas hambatan samping digunakan Tabel 2.20 berikut ini.

Tabel 2.20 Penentuan kelas hambatan samping

Kelas hambatan samping	Kode	Kondisi khusus
Sangat rendah	VL	Daerah permukiman, jalan dengan jalan samping
Rendah	L	Daerah permukiman, beberapa kendaraan umum
Sedang	M	Daerah industri, beberapa toko di sisi jalan
Tinggi	H	Daerah komersial, aktifitas sisi jalan tinggi
Sangat tinggi	VH	Daerah komersial, aktifitas pasar di samping jalan

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia

2.4.13 Evaluasi

Untuk mengevaluasi kinerja suatu ruas jalan, dapat diketahui dengan menghitung derajat kejenuhan (*Degree of Saturation*) jalan tersebut dengan menggunakan rumus :

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

Dimana : D_s = *Degree of Saturation*

Q = Volume lalu lintas

C = Kapasitas

Besarnya volume lalu lintas (Q), berasal dari besar LHR_n (smp/hari)

$$Q = k \times LHR_n \quad (\text{smp/jam})$$

Dimana nilai k untuk jalan perkotaan adalah 0,09. Angka 0,09 ini diambil dari Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997.

Apabila dari perhitungan didapatkan $D_s < 0,75$ maka jalan tersebut masih dapat melayani kendaraan yang melewati ruas jalan tersebut dengan baik. Apabila diperoleh harga $D_s \geq 0,75$ maka jalan tersebut sudah tidak

mampu melayani banyaknya kendaraan yang melewatinya. Angka 0,75 diambil dari Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI).

Besarnya nilai DS sangat mempengaruhi tingkat pelayanan jalan, semakin kecil nilai DS maka jalan terkesan lengang. Dan sebaliknya bila nilai DS mendekati nilai 0,75 jalan tersebut harus diperlebar, dilakukan *traffic management*, atau dengan membuat jalan baru.

2.5 ASPEK GEOMETRIK

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititikberatkan pada perencanaan bentuk fisik sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yaitu memberi pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas. Perencanaan geometrik secara umum menyangkut aspek – aspek perencanaan bagian jalan :

- Potongan melintang
- Alinyemen horisontal
- Alinyemen vertikal
- Landai jalan
- Jarak pandang

2.5.1 Potongan Melintang

Potongan melintang jalan terdiri dari komponen-komponen sebagai berikut :

- Jalur lalu lintas.
Lebar lajur lalu lintas untuk berbagai klasifikasi perencanaan dapat dilihat pada Tabel 2.9.
- Median
Lebar minimum median dapat dilihat pada Tabel 2.11.

- **Bahu jalan**

Jalur lalu lintas sebaiknya dilengkapi dengan bahu jalan. Bahu jalan dapat digunakan sebagai tempat pemberhentian darurat atau dapat juga digunakan sebagai tempat parkir sementara. Bahu jalan tidak diperlukan lagi apabila jalur lalu lintas telah dilengkapi dengan median, jalur pemisah, atau jalur parkir. Bahu jalan sebaiknya diperkeras. Lebar minimum bahu jalan sebelah luar dapat dilihat pada Tabel 2.10.

2.5.2 Alinyemen Horisontal

Alinyemen horisontal merupakan proyeksi sumbu jalan tegak lurus bidang horisontal yang terdiri dari susunan garis lurus (tangen) dan garis lengkung (busur lingkaran, spiral). Bagian lengkung merupakan bagian yang perlu mendapat perhatian karena pada bagian tersebut dapat menjadi gaya sentrifugal yang cenderung melemparkan kendaraan keluar. Untuk mereduksi pengaruh perubahan geometri dari garis lurus menjadi lengkung lingkaran maka dibuat lengkung peralihan. Pada bagian ini perubahan antara bagian yang lurus dan lengkung dapat dilakukan secara berangsur-angsur sehingga kenyamanan pemakai jalan terjamin.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan lengkung horisontal adalah sebagai berikut :

- a. **Superelevasi (e)**

Superelevasi merupakan kemiringan melintang permukaan jalan pada tikungan dengan maksud untuk mengimbangi pengaruh gaya sentrifugal di tikungan sehingga kendaraan aman, nyaman dan stabil ketika melaju maksimum sesuai kecepatan rencana pada tikungan tersebut. Superelevasi menunjukkan besarnya perubahan kemiringan melintang jalan secara berangsur-angsur dari kemiringan normal menjadi kemiringan maksimum pada suatu tikungan horisontal yang direncanakan. Dengan demikian dapat

menunjukkan kemiringan melintang jalan pada setiap titik dalam tikungan. Nilai superelevasi yang tinggi mengurangi gaya geser ke samping dan menjadikan gerakan kendaraan pada tikungan lebih nyaman. Nilai superelevasi maksimum ditetapkan 10 %.

Diagram superelevasi untuk tipe tikungan F-C, S-C-S, dan S-S dapat dilihat pada Gambar 2.2, Gambar 2.4, Gambar 2.6.

b. Jari-jari tikungan

Jari-jari minimum tikungan (R_{min}) dapat ditentukan dengan rumus berikut :

$$R_{min} = \frac{V_R^2}{127 \cdot (e_{max} + f_{max})}$$

Dimana : R_{min} = jari-jari tikungan minimum (m)

V_R = kecepatan rencana (km/jam)

e_{max} = superelevasi maksimum (%)

f_{max} = koefisien gesek, untuk perkerasan aspal $f=0,14-0,24$

Tabel 2.21 di bawah merupakan jari-jari minimum yang disyaratkan dalam perencanaan alinyemen horizontal.

Tabel 2.21 Jari-jari minimum

V_R (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jari-jari minimum R_{min} (m)	600	370	210	110	80	50	30	15

Sumber: *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997*

c. Lengkung peralihan

Ada tiga macam lengkung pada perencanaan alinyemen horisontal yaitu :

1. Full Circle

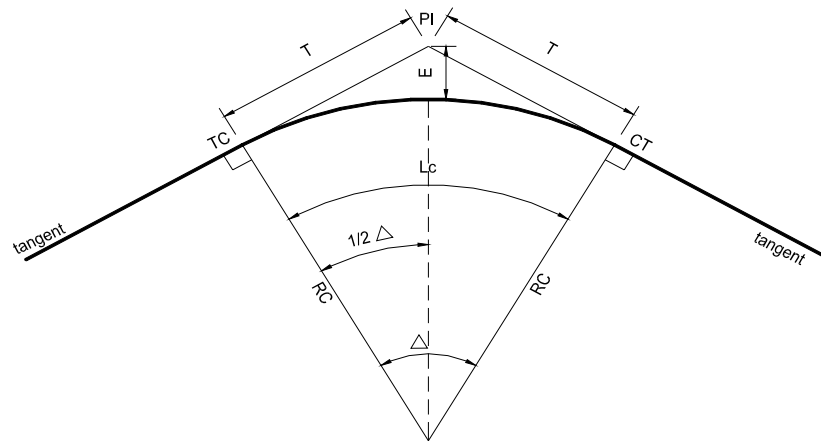
Tikungan jenis *full circle* umumnya digunakan pada tikungan yang mempunyai jari-jari tikungan besar dan sudut tangen kecil. Tabel 2.22 menunjukkan jari-jari minimum tikungan yang tidak memerlukan lengkung peralihan.

Tabel 2.22 Jari-jari tikungan yang tidak memerlukan lengkung peralihan

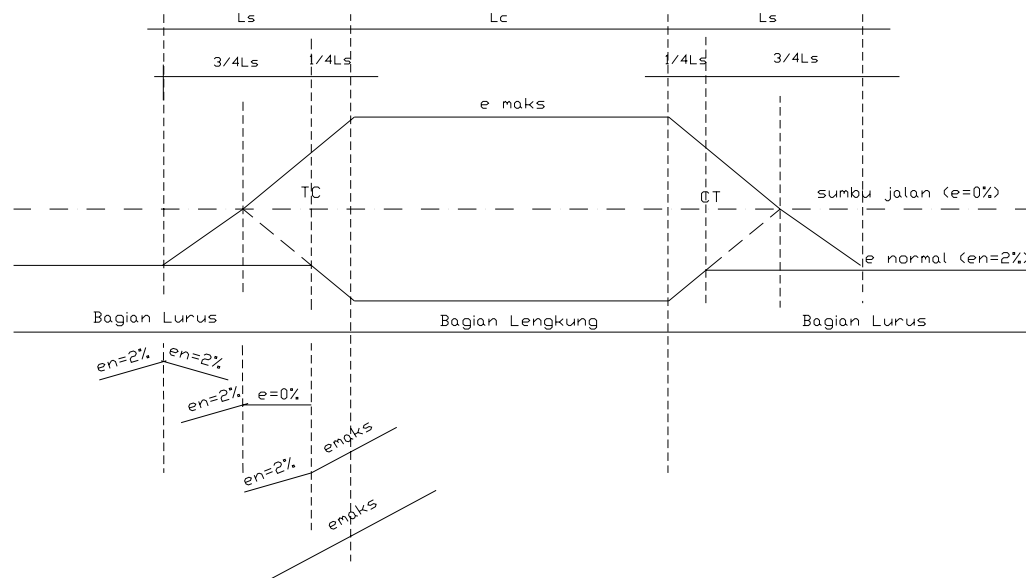
V_R (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jari-jari minimum R_{\min} (m)	2500	1500	900	500	350	250	130	60

Sumber: *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997*

Sketsa tikungan *full circle* dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut ini.



Gambar 2.2 Sketsa tikungan full circle



Gambar 2.3 Diagram Superelevasi Lengkung Full Circle Metode Bina Marga

Dalam mendesain tikungan jenis *full circle*, digunakan rumus-rumus sebagai berikut :

$$T = R_c \cdot \tan(\Delta / 2)$$

$$E = T \cdot \tan(\Delta / 4)$$

$$L_c = \Delta \cdot (2 \cdot \pi \cdot R_c) / 360$$

$$= 0,01745 \cdot \Delta \cdot R_c$$

$$\Delta = \alpha_2 - \alpha_1$$

Dimana : α_1, α_2 = Sudut jurusan tangen I dan II

Δ_c = Sudut luar di PI

TC = Titik awal tikungan

PI = Titik perpotongan tangen

CT = Titik akhir tikungan

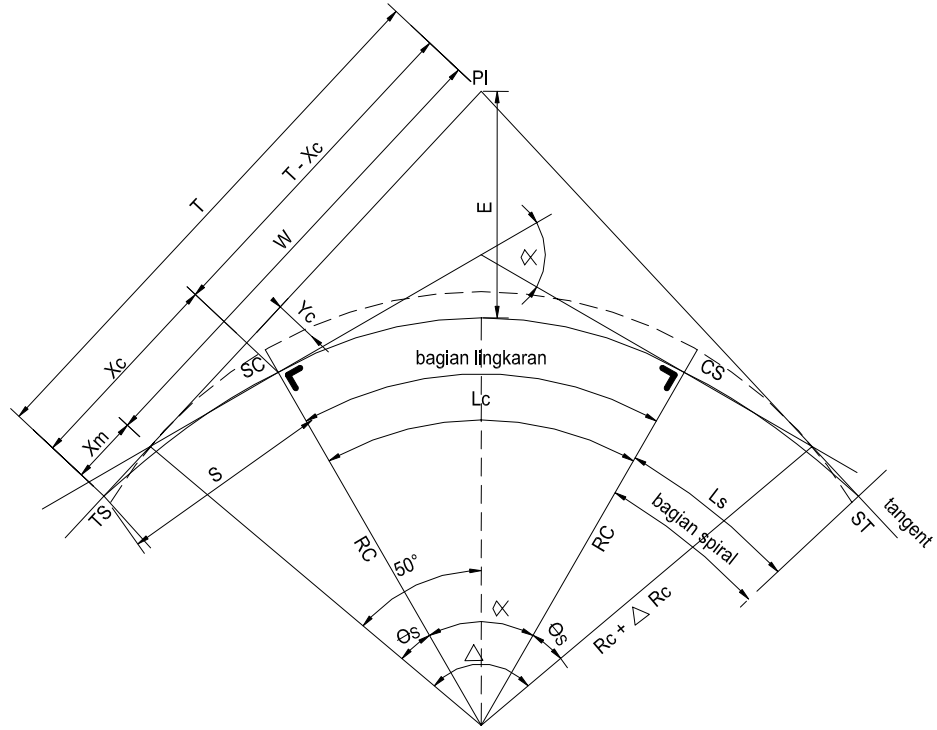
O = Titik pusat lingkaran

T = Panjang tangen (jarak TC – PI atau jarak PI – CT)

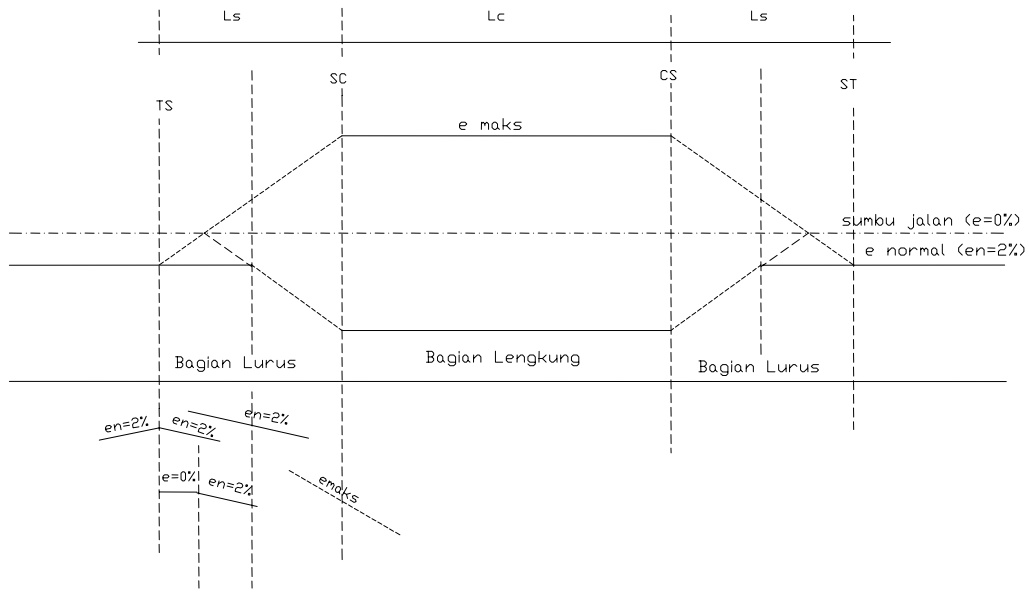
R_c = Jari-jari lingkaran (jarak O – TC atau ke CT atau ke setiap busur lingkaran)

2. *Spiral – Circle – Spiral*

Tikungan jenis *Spiral – Circle – Spiral* (Gambar 2.3) digunakan pada tikungan yang mempunyai jari-jari dan sudut tangen yang sedang. Pada tikungan ini, perubahan dari tangen ke lengkung lingkaran dijembatani dengan adanya lengkung spiral (L_s). Fungsi dari lengkung spiral adalah menjaga agar perubahan gaya sentrifugal yang timbul pada waktu kendaraan memasuki atau meninggalkan tikungan dapat terjadi secara berangsur-angsur. Di samping itu, hal ini juga dimaksudkan untuk membuat kemiringan transisi lereng jalan menjadi superelevasi tidak terjadi secara mendadak dan sesuai dengan gaya sentrifugal yang timbul sehingga keamanan dan kenyamanan terjamin.



Gambar 2.4 Sketsa tikungan spiral – circle – spiral



Gambar 2.5 Diagram Superelevasi Lengkung Spiral - Circle – Spiral

Ls ditentukan dari 3 rumus di bawah ini dan diambil nilai yang terbesar.

1. Berdasarkan waktu tempuh maksimum di lengkung peralihan.

$$L_s = V_R \cdot T / 3,6 \quad ; T \text{ diambil } 3 \text{ detik}$$

2. Berdasarkanantisipasi gaya sentrifugal.

$$L_s = \frac{0,022 \cdot V_R^3}{R_c \cdot C} - \frac{2,727 \cdot V_R \cdot e}{C} \quad ; C \text{ diambil } 1 - 3 \text{ m/detik}^3$$

3. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian.

$$L_s = \frac{(e_{\max} - e_n) \cdot V_R}{3,6 \cdot r_e} \quad ; r_e \text{ diambil } 0,035 \text{ m/detik}$$

Rumus elemen-elemen tikungan adalah sebagai berikut :

$$T_s = [(R_c + p) \cdot \tan(\Delta / 2)] + k$$

$$E_s = \frac{R_c + p}{\cos \Delta / 2} - R_c$$

$$L_c = \frac{\Delta + (2 \cdot \theta_s)}{180} \cdot (\pi \cdot R_c)$$

$$L_t = (2 \cdot L_s) + L_c \leq 2 \cdot T_s$$

$$X_c = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40 R_c^2} \right)$$

$$Y_c = \frac{L_s^2}{6 R_c}$$

$$\theta_s = \frac{28,648 \times L_s}{R_c}$$

$$S = \sqrt{X_c^2 + Y_c^2}$$

$$\Delta R_c = Y_c + R_c (\cos \theta_s - 1)$$

$$X_m = X_c - R_c \times \sin \theta_s$$

$$W = (R_c + \Delta R_c) \times \tan \frac{\Delta}{2}$$

$$T = X_m + W$$

$$\alpha = \Delta - 2\theta$$

$$L_c = R_c \times \pi \times \alpha / 180^\circ$$

$$E = \left(\frac{R_c + \Delta R_c}{\cos \frac{\Delta}{2}} \right) - R_c$$

$$T_l = X_c - Y_c \times \text{Ctg } \theta$$

$$T_k = Y_c / \sin \theta$$

$$L_t = L_c + 2L_s$$

Dimana :

TS = Titik awal spiral (titik dari tangen ke *spiral*)

ST = Titik akhir *spiral*

SC = Titik dari *spiral* ke *circle*

CS = Titik dari *circle* ke *spiral*

PI = Titik perpotongan tangen

L_s = Panjang *spiral*

R_c = Jari-jari lingkaran (jarak O – TC atau ke CT atau ke setiap titik busur lingkaran)

L_c = Panjang *circle* (busur lingkaran)

θ_s = Sudut – *spiral*

3. *Spiral – Spiral*

Tikungan jenis spiral-spiral digunakan pada tikungan tajam dengan sudut tangen yang besar. Pada prinsipnya lengkung *spiral-spiral* (Gambar 2.5) sama dengan lengkung *spiral-circle-spiral*. Hanya saja pada tikungan *spiral-spiral* tidak terdapat busur lingkaran sehingga nilai lengkung tangen (L_t) adalah 2 kali lengkung spiral L_s . Pada nilai $L_c = 0$ atau $S_c = 0$ tidak ada jarak tertentu dalam masa tikungan yang sama miringnya sehingga tikungan ini kurang begitu bagus pada superelevasi.

Rumus yang digunakan :

$$L_s = (2 \cdot \pi \cdot R \cdot \theta_s) / 180$$

$$T_s = [(R + p) \cdot \tan \Delta / 2] + k$$

$$E_s = [(R + p) \cdot \sec \Delta / 2] + k$$

$$L_t = (2 \cdot L_s) + L_c \quad \text{dengan } L_c = 0$$

$$= 2 \cdot L_s$$

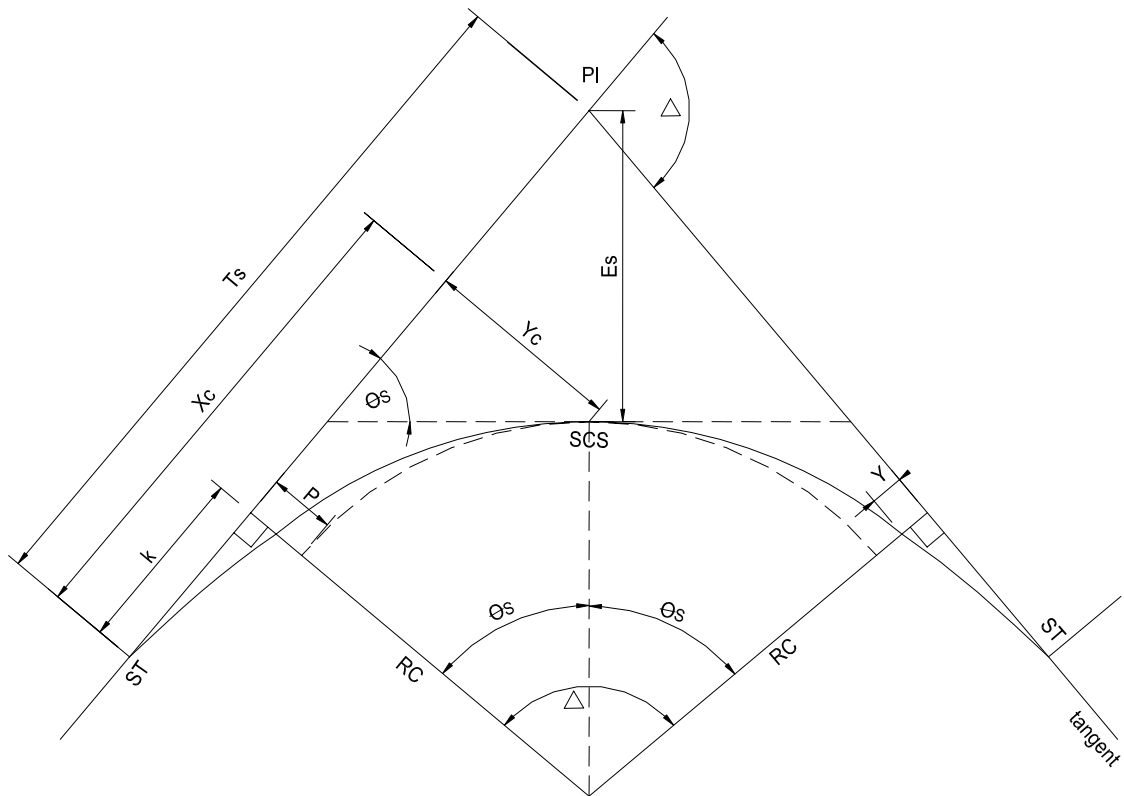
Dimana :

L_s = Panjang spiral

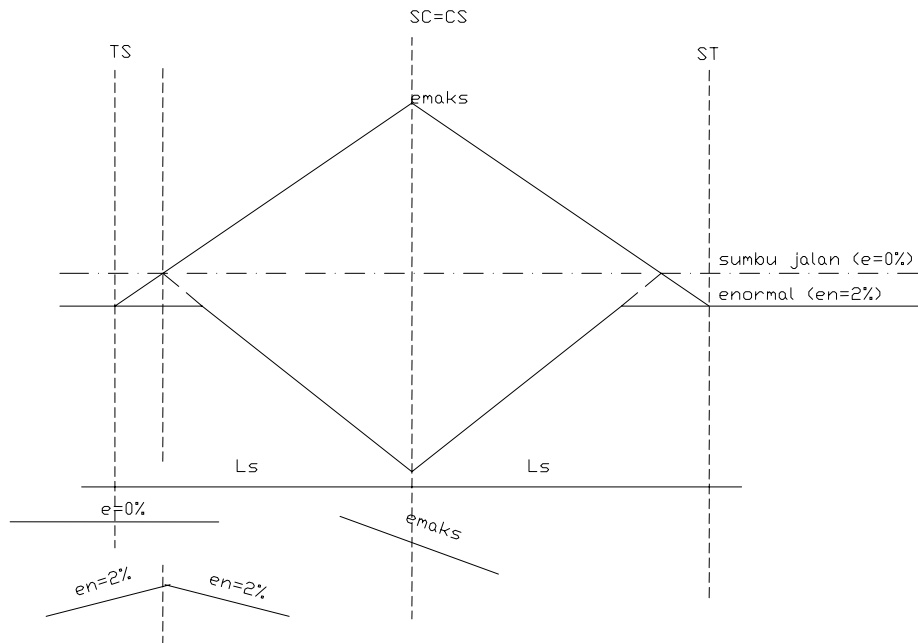
T_s = Titik awal spiral

E_s = Jarak eksternal dari PI ke tengah busur spiral

L_t = Panjang busur spiral



Gambar 2.6 Sketsa tikungan spiral – spiral



Gambar 2.7 Diagram Superelevasi Lengkung Spiral – Spiral

2.5.3 Pelebaran Jalur Lalu Lintas di Tikungan

Pada saat kendaraan melewati tikungan, roda belakang kendaraan tidak dapat mengikuti jejak roda depan sehingga lintasannya berada lebih ke dalam dibandingkan dengan lintasan roda depan.

Pelebaran pada tikungan dimaksudkan untuk mempertahankan konsistensi geometrik jalan, agar kondisi operasional lalu lintas di tikungan sama dengan bagian lurus. Pelebaran perkerasan pada tikungan mempertimbangkan :

- Kesulitan pengemudi untuk menempatkan kendaraan tetap pada lajunya.
- Penambahan lebar ruang (lajur) yang dipakai saat kendaraan melakukan gerakan melingkar. Dalam segala hal pelebaran di tikungan harus

memenuhi gerak perputaran kendaraan rencana sedemikian sehingga kendaraan rencana tetap pada lajunya.

2.5.4 Jarak Pandang

Jarak Pandangan adalah suatu jarak yang diperlukan oleh pengemudi pada saat mengemudi. Dalam mengemudikan kendaraan sangat diperlukan adanya jarak pandang yang cukup karena dengan hal ini pengemudi mampu menyadari dan mengetahui kondisi jalan sehingga mampu mengantisipasi dan mengambil tindakan terhadap kondisi jalan sedini mungkin.

Fungsi jarak pandang ini adalah sebagai berikut :

- Mencegah terjadinya kecelakaan akibat tak terlihatnya benda besar, pejalan kaki, kendaraan berhenti, atau hewan-hewan pada lajur jalannya.
- Memberikan kesempatan untuk mendahului kendaraan yang berjalan lebih lambat.
- Digunakan sebagai dasar dalam menentukan posisi rambu-rambu lalu lintas yang akan dipasang.
- Memaksimalkan volume pelayanan jalan sehingga efisiensi jalan bertambah.

Jarak pandang dibagi menjadi dua jenis, yaitu :

1. Jarak pandang henti (J_h)

Jarak pandang henti adalah jarak minimum yang dibutuhkan pengemudi kendaraan untuk menghentikan laju kendaraannya. Setiap mendesain segmen jalan harus memenuhi jarak pandang sebesar jarak pandang henti minimum sesuai dengan kecepatan rencananya, sehingga keamanan pemakai jalan lebih terjamin. Jarak pandang henti minimum dapat dilihat pada Tabel 2.23.

Dalam perencanaan lengkung vertikal, digunakan jarak pandang henti minimum sebagai dasar perhitungan panjang lengkung.

Tabel 2.23 Jarak pandang henti minimum

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

Sumber: *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997*

2. Jarak pandang mendahului (J_d)

Jarak pandang mendahului adalah jarak yang memungkinkan sesuatu kendaraan mendahului kendaraan lain didepannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula.

Jarak pandang menyiap dihitung berdasarkan atas panjang jalan yang diperlukan untuk dapat melakukan gerakan menyiap suatu kendaraan dengan sempurna dan aman berdasarkan asumsi yang diambil. Untuk menghitung besarnya jarak pandang menyiap, digunakan rumus sebagai berikut :

$$J_d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

Keterangan :

J_d = Jarak pandang menyiap standar

d_1 = Jarak yang ditempuh kendaraan yang hendak menyiap selama waktu reaksi dan waktu membawa kendaraannya yang hendak membelok ke lajur kanan.

$$d_1 = 0,278 \cdot t_1 \cdot [v - m + (a \cdot t_1 / 2)]$$

Dimana :

t_1 = Waktu reaksi = $2,12 + 0,026 \cdot V_R$ (detik)

m = Perbedaan kecepatan kendaraan yang disiap dan yang menyiap (km/jm)

a = Percepatan kendaraan = $2,052 + 0,0036 \cdot V_R$

v = Kecepatan kendaraan yang menyiap

d_2 = Jarak yang ditempuh selama kendaraan yang menyiap berada pada jalur kanan.

$$d_2 = 0,278 \cdot v \cdot t_2$$

Dimana :

t_2 = Waktu dimana kendaraan yang menyiap berada di lajur kanan.

d_3 = Jarak bebas yang harus ada antara kendaraan yang menyiap dengan kendaraan yang berlawanan arah setelah gerakan menyiap dilakukan (diambil 30 m – 100 m).

d_4 = Jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang berlawanan arah selama $2/3$ dari waktu yang diperlukan oleh kendaraan yang menyiap berada pada lajur sebelah kanan = $(2/3 d_2)$

Penentuan jarak pandang menyiap standar dan minimum selain dari rumus di atas juga dapat ditentukan dari Tabel 2.24

Tabel 2.24 Panjang jarak pandang mendahului

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

Sumber: *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997*

2.5.5 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal merupakan penampang melintang jalan dimana alinyemen ini merupakan proyeksi sumbu jalan ke bidang vertikal tegak lurus penampang melintang jalan. Tujuan perencanaan lengkung vertikal adalah :

- Mengurangi guncangan akibat perubahan kelandaian.
- Menyediakan jarak pandang henti.

Perencanaan alinyemen vertikal harus sedemikian rupa sehingga trase jalan yang dihasilkan memberikan tingkat kenyamanan dan tingkat keamanan yang optimal. Perhitungan dimulai dari data elevasi *point of vertical intersection* (PVI), kemudian baru dihitung besaran-besaran sebagai berikut :

- Panjang lengkung vertikal L_v dalam meter
- Pergeseran vertikal E_v dalam meter
- Elevasi permukaan jalan di PLV dan PTV
- Elevasi permukaan jalan antara PLV, PVI, dan PTV pada setiap stationing yang terdapat pada alinyemen.

Jenis lengkung vertikal dilihat dari letak titik perpotongan kedua bagian lurus (tangen) ada 2 macam, yaitu:

1. Lengkung vertikal cembung, yaitu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan yang bersangkutan.

Syarat-syarat lengkung vertikal cembung, antara lain:

$$A = |g_1 - g_2|$$

- a. Syarat keamanan berdasarkan:

- Jarak pandang henti dipakai grafik III.

- $S < L_v : L_{\min} = \frac{AS^2}{412}$
- $S > L_v : L_{\min} = 2S - \frac{412}{A}$

- Jarak pandang menyiap dipakai grafik IV.

- $S < L_v : L_{\min} = \frac{AS^2}{1000}$
- $S > L_v : L_{\min} = 2S - \frac{1000}{A}$

- b. Keluwesan bentuk:

$L_v = 0,6 V_r$ (m), dimana V_r = kecepatan rencana (km/jam)

- c. Syarat drainase:

$L_v = 40 A$, dimana A = perbedaan kelandaian (%)

Paling ideal diambil L_v yang terpanjang.

Rumus:

$$E_v = \frac{A L_v}{800}$$

$$y = \frac{A x^2}{200 L_v}$$

Keterangan:

PLV : peralihan lengkung vertikal

PTV : peralihan tangen vertikal

g1 dan g2 : kelandaian (%)

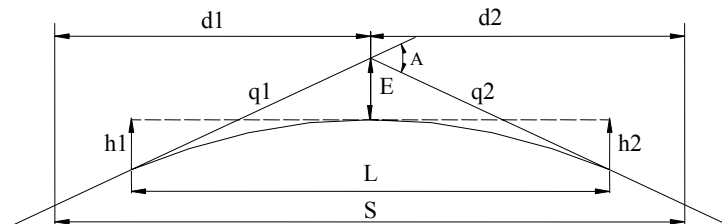
A : perbedaan aljabar kelandaian (%)

Lv : panjang lengkung (m)

Ev : pergeseran vertical dari titik PTV ke bagian Lengkung

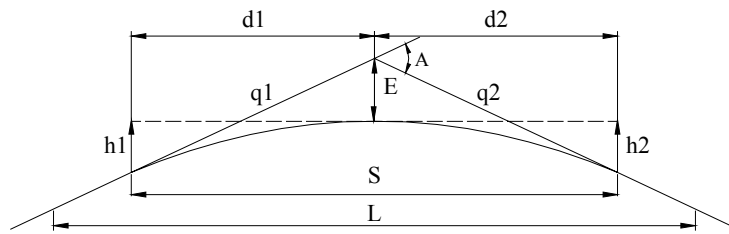
x : absis dari setiap titik pada garis kelandaian terhadap PLV

y : Ordinat dari titik yang bersangkutan



Sumber: Diktat Jalan Raya I, Ir. Joko Purwanto MS

Gambar 2.8 Sketsa lengkung vertikal cembung kondisi $S > L$



Sumber: Diktat Jalan Raya I, Ir. Joko Purwanto MS

Gambar 2.9 Sketsa lengkung vertikal cembung kondisi $S < L_v$

2. Lengkung vertikal cekung, yaitu lengkung dimana titik perpotongan antar kedua tangen berada di bawah permukaan jalan.

Syarat-syarat lengkung vertikal cekung, antara lain:

$$A = |g_1 - g_2|$$

- a. Syarat keamanan dipakai grafik V.

$$\blacksquare \quad S < L_v \quad : \quad L_v = \frac{AS^2}{150 + 3,5S}$$

$$\blacksquare \quad S > L_v \quad : \quad L_v = 2S - \frac{150 + 3,5S}{A}$$

- b. Syarat kenyamanan:

$$L_v = \frac{AV_r^2}{1300a}, \text{ dimana } a = \text{percepatan sentrifugal (m/s}^2\text{)}$$

$$(a \leq 0,3 \text{ m/s}^2, \text{ tetapi pada umumnya diambil } a = 0,1 \text{ m/s}^2)$$

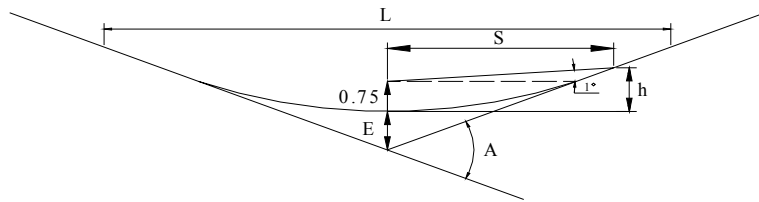
- c. Syarat keluwesan bentuk:

$$L_v = 0,6 V_r, \text{ dimana } V_r = \text{kecepatan rencana (km/jam)}$$

- d. Syarat drainase:

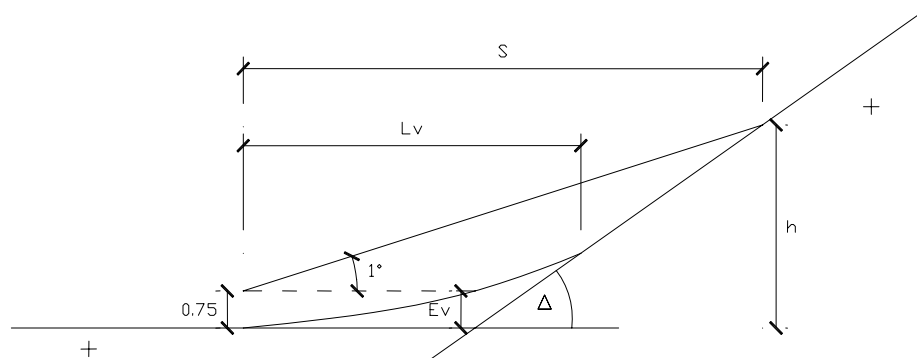
$$L_v = 40 A, \text{ dimana } A = \text{perbedaan aljabar dari kelandaian (\%)}$$

Paling ideal diambil L_v yang terpanjang



Sumber: Diktat Jalan Raya I, Ir. Joko Purwanto MS

Gambar 2.10 Sketsa lengkung vertikal cekung kondisi $S < L_v$



Sumber: Diktat Jalan Raya I, Ir. Joko Purwanto MS

Gambar 2.11 Sketsa lengkung vertikal cekung kondisi $S > L_v$

Rumus:

$$E_v = \frac{A L_v}{800}$$

$$y = \frac{A x^2}{200 L_v}$$

Keterangan:

PLV : peralihan lengkung vertikal

PTV : peralihan tangen vertikal

g_1 dan g_2 : kelandaian (%)

A : perbedaan aljabar kelandaian (%)

L_v : panjang lengkung (m)

- E_v : pergeseran vertikal dari titik PTV ke bagian lengkung
 x : absis dari setiap titik pada garis kelandaian terhadap PLV
 y : Ordinat dari titik yang bersangkutan

Panjang minimum lengkung vertikal dapat dilihat pada Tabel 2.25 berikut.

Tabel 2.25 Panjang minimum lengkung vertikal

Kecepatan Rencana (km/jam)	Perbedaan kelandaian memanjang (%)	Panjang lengkung (m)
<40	1	20-30
40-60	0,6	40-80
>60	0,4	80-150

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997

2.5.6 Landai Jalan

Berdasarkan arus lalu lintas, landai jalan ideal adalah landai datar (0%), tetapi jika didasarkan pada kriteria desain drainase maka jalan yang memiliki kemiringan adalah yang terbaik. Landai jalan dibedakan menjadi dua, yaitu :

1. Landai melintang

Untuk menggambarkan perubahan nilai superelevasi pada setiap segmen di tikungan jalan maka perlu dibuat diagram superelevasi. Kemiringan melintang badan jalan minimum pada jalan lebar (e) adalah sebesar 2 %, sedangkan nilai e maksimum adalah 10 % untuk medan datar. Pemberian batas ini dimaksudkan untuk memberikan keamanan optimum pada konstruksi badan jalan di tikungan dimana nilai ini didapat dari rumusan sebagai berikut :

$$e_{\max} + f_m = \frac{V_R^2}{127 \cdot R_{\min}}$$

Dimana : e_{\max} = Kemiringan melintang jalan

f_m = Koefisien gesekan melintang

Besarnya nilai f_m didapat dari grafik koefisien gesekan melintang sesuai dengan AASTHO 1986.

Pembuatan kemiringan jalan didesain dengan pertimbangan kenyamanan, keamanan, komposisi kendaraan dan variasi kecepatan serta efektifitas kerja dari alat-alat berat pada saat pelaksanaan.

2. Landai memanjang

Pengaruh dari adanya kelandaian dapat dilihat dari berkurangnya kecepatan kendaraan atau mulai dipergunakannya gigi rendah pada kendaraan jenis truk yang terbebani secara penuh. Panjang landai kritis atau maksimum yang belum mengakibatkan gangguan lalu lintas adalah yang mengakibatkan penurunan kecepatan maksimum 25 km/jam. Kelandaian yang besar akan mengakibatkan penurunan kecepatan truk yang cukup berarti jika kelandaian tersebut dibuat pada jalan yang cukup panjang, tetapi kurang berarti jika panjang jalan dengan hanya pendek saja.

Tabel 2.26 Kelandaian Maksimum yang diizinkan

V_R (km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	<40
Kelandaian Maksimum (%)	3	3	4	5	8	9	10	10

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997

Panjang kritis yaitu panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian sehingga penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh V_R . Panjang maksimum yang diijinkan sesuai dengan kelandaiannya (panjang kritis) adalah seperti ditunjukkan pada Tabel 2.27

Tabel 2.27 Panjang kritis

Kecepatan pada awal tanjakan (km/jam)	Kelandaian (%)						
	4	5	6	7	8	9	10
80	630	460	360	270	230	230	200
60	320	210	160	120	110	90	80

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997

2.6 ASPEK PERKERASAN JALAN

Struktur perkerasan jalan adalah bagian konstruksi jalan raya yang diperkeras dengan lapisan konstruksi tertentu yang memiliki ketebalan, kekuatan dan kekakuan serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya dengan aman.

2.6.1 Metode Perencanaan Struktur Perkerasan

Dalam perencanaan jalan, perkerasan merupakan bagian terpenting dimana perkerasan berfungsi sebagai berikut :

- Menyebarkan beban lalu lintas sehingga besarnya beban yang dipikul sub grade lebih kecil dari kekuatan sub grade itu sendiri.
- Melindungi sub grade dari air hujan.
- Mendapatkan permukaan yang rata dan memiliki koefisien gesek yang mencukupi sehingga pengguna jalan lebih aman dan nyaman dalam berkendara.

Salah satu metode perkerasan jalan adalah perkerasan kaku (*rigid pavement*) yaitu struktur yang terdiri dari plat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan, atau menerus dengan tulangan dan terletak di atas lapisan pondasi bawah, tanpa atau dengan pengaspalan sebagai lapisan aus. Tidak seperti perkerasan lentur, dimana lapisan pondasi dan lapisan pondasi bawah memberikan sumbangan yang besar terhadap daya

dukung perkerasan, pada perkerasan kaku, daya dukung perkerasan terutama diperoleh dari pelat beton. Hal tersebut terkait oleh sifat plat beton yang cukup kaku, sehingga dapat menyebarkan beban pada bidang yang luas dan menghasilkan tegangan yang rendah pada lapisan-lapisan di bawahnya.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan perkerasan kaku :

1. Peran dan tingkat pelayanan

Umumnya perwujudan yang harus disediakan pada suatu ruas jalan tertentu harus ditentukan berdasarkan peranan jalan dan intensitas lalu lintas.

2. Lalu Lintas

Variabel-variabel lalu lintas yang dapat mempengaruhi perwujudan perkerasan kaku adalah :

- Volume lalu lintas
- Konfigurasi sumbu dan roda
- Beban sumbu
- Ukuran dan tekanan ban
- Pertumbuhan lalu lintas
- Jumlah jalur dan lalu lintas

3. Umur rencana

Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas dasar pertimbangan pertimbangan peranan jalan, pola lalu lintas dan nilai ekonomi jalan yang bersangkutan serta faktor pengembangan wilayah.

4. Kapasitas Jalan

Dalam menentukan lalu lintas rencana, kapasitas maksimum jalan yang direncanakan harus dipandang sebagai pembatasan.

5. Tanah Dasar

Walaupun sebagian besar beban pada perkerasan kaku dipikul oleh pelat beton, namun keawetan dan kekuatan pelat tersebut sangat dipengaruhi oleh sifat daya dukung dan keseragaman tanah dasar.

6. Lapisan pondasi bawah

Meskipun pada dasarnya lapis pondasi bawah pada perkerasan kaku tidak merupakan bagian utama untuk memikul beban, tetapi merupakan bagian yang tidak dapat diabaikan dengan fungsi sebagai berikut:

- Mengendalikan pengaruh kenbang susut tanah dasar
- Mencegah intrusi dam pemompaan pada sambungan, retakan pada tepi-tepi plat
- Memberikan dukungan yang mantap dan seragam pada pelat
- Sebagai perkerasan jalan kerja selama pelaksanaan.

Pada setiap perkerasa kaku, lapis pondasi bawah minimum 10 cm harus selalu dipasang, kecuali apabila tanah dasar mempunyai sifat dan mutu sama dengan bahan lapis pondasi bawah.

7. Kekuatan beton

Karena teganan kritis dalam perkerasan beton terjadi akibat melenturnya perkerasan tersebut maka kekuatan lentur beton umumnya merupakan pencerminan kekuatan yang paling cocok untuk perencanaan.

Jenis perkerasan jalan yang lain adalah jenis perkerasan lentur (*flexible pavement*). Perkerasan lentur adalah perkerasan yang umumnya menggunakan bahan campuran aspal dengan agregat yang memiliki ukuran butir tertentu sehingga memiliki kepadatan, kekuatan dan *flow* tertentu.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perkerasan lentur adalah sebagai berikut :

1. Umur rencana

Pertimbangan yang digunakan dalam umur rencana perkerasan jalan adalah pertimbangan biaya konstruksi, pertimbangan klasifikasi fungsional jalan dan pola lalu lintas jalan yang bersangkutan dimana tidak terlepas dari satuan pengembangan wilayah yang telah ada.

2. Lalu lintas

Analisa lalu lintas berdasarkan hasil perhitungan volume lalu lintas dan komposisi beban sumbu kendaraan berdasarkan data terakhir dari pos-pos resmi setempat.

3. Konstruksi jalan

Konstruksi jalan terdiri dari tanah dan perkerasan jalan. Penetapan besarnya rencana tanah dasar dan material-materialnya yang akan menjadi bagian dari konstruksi perkerasan harus didasarkan atas survey dan penelitian laboratorium.

Faktor-faktor yang mempengaruhi tebal perkerasan jalan adalah :

- Jumlah jalur (N) dan Koefisien distribusi kendaraan (C)
- Angka ekivalen (E) beban sumbu kendaraan
- Lalu lintas harian rata-rata
- Daya dukung tanah (DDT) dan CBR
- Faktor regional (FR)

Struktur perkerasan lentur terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut :

1. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

a. Lapis aus :

- Sebagai lapis aus yang berhubungan dengan roda kendaraan.
- Mencegah masuknya air pada lapisan bawah (lapis kedap air).

b. Lapis perkerasan :

- Sebagai lapis perkerasan penahan beban roda, lapisan ini memiliki kestabilan tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
- Sebagai lapis yang menyebarkan beban ke lapis bawahnya, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain dibawahnya yang mempunyai daya dukung lebih jelek.

2. Lapis Pondasi (*Base Course*)

Merupakan lapis pondasi atas yang berfungsi sebagai :

- Sebagai lantai kerja bagi lapisan di atasnya.
- Sebagai lapis peresapan untuk lapis pondasi bawah.
- Menahan beban roda dan menyebarkan ke lapis bawahnya.
- Mengurangi *compressive stress* sub base sampai tingkat yang dapat diterima.
- Menjamin bahwa besarnya regangan pada lapis bawah bitumen (material surface), tidak akan menyebabkan *cracking*.

3. Lapis Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)

Memiliki fungsi sebagai berikut :

- Menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
- Mencegah tanah dasar masuk ke dalam lapisan pondasi.
- Untuk efisiensi penggunaan material.
- Sebagai lapis perkerasan.
- Sebagai lantai kerja bagi lapis pondasi atas.

4. Tanah Dasar (*Sub Grade*)

Tanah dasar adalah tanah setebal 50 – 100 cm dimana akan diletakkan lapisan pondasi bawah. Lapisan tanah dasar bisa berupa tanah asli yang dipadatkan. Jika tanah aslinya baik dan cukup hanya dipadatkan saja. Bisa juga tanah yang didatangkan dari tempat lain dan dipadatkan atau tanah yang distabilisasi baik dengan kapur, semen, atau bahan lainnya. Pemadatan yang baik diperoleh jika dilakukan pada kadar air optimum, diusahakan agar kadar air tersebut konstan selama umur rencana, hal ini dapat dicapai dengan perlengkapan drainase yang memenuhi syarat.

2.6.2 Prosedur Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur

Dalam menghitung tebal perkerasan lentur pada Perencanaan Jalan Lingkar Kota Mranggen berdasarkan pada petunjuk perencanaan tebal perkerasan lentur jalan raya dengan metode analisa komponen SKBI 2.3.26.1987 Departemen Pekerjaan Umum.

Prosedur perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. LHR setiap jenis kendaraan ditentukan sesuai dengan umur rencana.
2. Lintas ekivalen permulaan (LEP), dihitung dengan rumus :

$$LEP = \sum (LHR \cdot C_j \cdot E_j)$$

Dengan : C_j = Koefisien distribusi kendaraan, didapat dari Tabel 2.28 di bawah ini.

E_j = Angka ekivalen beban sumbu kendaraan

Tabel 2.28 Koefisien distribusi kendaraan (C_j)

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 : Petunjuk perencanaan tebal perkerasan lentur jalan raya dengan metode analisa komponen

Lintas ekivalen akhir (LEA), dihitung dengan rumus :

$$LEA = \sum [LHR \cdot (1 + i)^n \cdot C_j \cdot E_j]$$

Dengan : n = Tahun rencana

i = Faktor pertumbuhan lalu lintas

3. Lintas ekivalen tengah (LET), dihitung dengan rumus :

$$LET = 1/2 \cdot (LEP + LEA)$$

4. Lintas ekivalen rencana (LER), dihitung dengan rumus :

$$LER = LEP \times FP$$

Dengan : FP = faktor penyesuaian = UR/10

5. Mencari indeks tebal permukaan (ITP) berdasarkan hasil LER, sesuai dengan nomogram yang tersedia. Faktor-faktor yang berpengaruh yaitu DDT atau CBR, faktor regional (FR), indeks permukaan dan koefisien bahan-bahan *sub base*, *base* dan lapis permukaan.

- Nilai DDT diperoleh dengan menggunakan nomogram hubungan antara DDT dan CBR.
- Nilai FR (faktor regional) dapat dilihat pada Tabel 2.29

Tabel 2.29 Faktor Regional (FR)

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

Sumber : Petunjuk perencanaan tebal perkerasan lentur jalan raya dengan metode analisa komponen

- Indeks Permukaan awal (IP_0) dapat dicari dengan menggunakan Tabel 2.30 yang ditentukan dengan sesuai dengan jenis lapis permukaan yang akan digunakan.

Tabel 2.30 Indeks Permukaan pada awal umur rencana (IP₀)

Jenis lapis permukaan	IP ₀	Roughnes (mm/km)
Laston	≥4	≤1000
	3,9-3,5	>1000
Lasbutag	3,9-3,5	≤2000
	3,4-3,0	>2000
HRA	3,9-3,5	≤2000
	3,4-3,0	>2000
Burda	3,9-3,5	<2000
Burtu	3,4-3,0	<2000
Lapen	3,4-3,0	≤3000
	2,9-2,5	>3000
Latasbum	2,9-2,5	
Buras	2,9-2,5	
Latasir	2,9-2,5	
Jalan tanah	≤2,4	
Jalan kerikil	≤2,4	

Sumber : Petunjuk perencanaan tebal perkerasan lentur jalan raya dengan metode analisa komponen

- Besarnya nilai Indeks Permukaan akhir (IP_t) dapat ditentukan dengan Tabel 2.31

Tabel 2.31 Indeks Permukaan pada akhir umur rencana (IP_t)

LER	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
< 10	1,0-1,5	1,5	1,5-2,0	-
10-100	1,5	1,5-2,0	2,0	-
100-1000	1,5-2,0	2,0	2,0-2,5	-
>1000	-	2,0-2,5	2,5	2,5

Sumber : Petunjuk perencanaan tebal perkerasan lentur jalan raya dengan metode analisa komponen

6. Menghitung tebal lapisan perkerasannya berdasarkan nilai ITP yang didapat.

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

Dimana :

a_1, a_2, a_3 = kekuatan relatif untuk lapis permukaan (a_1), lapis pondasi atas (a_2), dan lapis pondasi bawah (a_3).

D_1, D_2, D_3 = tebal masing-masing lapisan dalam cm untuk lapisan permukaan (D_1), lapis pondasi atas (D_2), dan lapis pondasi bawah (D_3).

- Nilai kekuatan relatif untuk masing-masing bahan dapat dilihat pada Tabel 2.33

Tabel 2.32 Koefisien kekuatan relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif			Kekuatan bahan			Jenis Bahan
			MS (kg)	Kt (kg/cm ²)	CBR (%)	
a1	a2	a3				
0,40	-	-	744	-	-	Laston
0,35	-	-	590	-	-	
0,32	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	Asbuton
0,31	-	-	590	-	-	
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	<i>Hot Rolled Asphalt</i>
0,26	-	-	340	-	-	Aspal macadam
0,25	-	-	-	-	-	Lapen mekanis

0,20	-	-	-	-	-	Lapen manual
-	0,28	-	590	-	-	Laston atas
-	0,26	-	454	-	-	
-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	Lapen mekanis Lapen manual
-	0,19	-	-	-	-	
-	0,15	-	-	22	-	Stabilitas tanah dengan semen
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,15	-	-	22	-	Stabilitas tanah dengan kapur
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,14	-	-	-	100	Pondasi macadam basah
-	0,12	-	-	-	60	Pondasi macadam kering
-	0,14	-	-	-	100	Batu pecah (kelas A)
-	0,13	-	-	-	80	Batu pecah (kelas B)
-	0,12	-	-	-	60	Batu pecah (kelas C)
-	-	0,13	-	-	70	Sirtu/pitrun (kelas A)

Sumber : Petunjuk perencanaan tebal perkerasan lentur jalan raya dengan metode analisa komponen

Di dalam pemilihan material sebagai lapisan pada perkerasan harus diperhatikan tebal minimum perkerasan yang besarnya dapat dilihat pada Tabel 2.33

Tabel 2.33 Tebal minimum lapisan perkerasan

a. Lapis permukaan

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
3,00-6,70	5	Lapen /aspal macadam, HRA, Asbuton, Laston
6,71-7,49	7,5	Lapen/aspal macadam, HRA, Asbuton,

		Laston
7,50-9,99	7,5	Asbuton, Laston
≥10,00	10	Laston

Sumber : Petunjuk perencanaan tebal perkerasan lentur jalan raya dengan metode analisa komponen

b. Lapis pondasi

ITP	Tebal minimum (cm)	Bahan
<3,00	15	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen atau kapur
3,00-7,49	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen atau kapur
7,90-9,99	10	Laston atas
	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen atau kapur, pondasi macadam
10,00 - 12,24	15	Laston atas
	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen atau kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas
≥ 12,15	25	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen atau kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas

Sumber : Petunjuk perencanaan tebal perkerasan lentur jalan raya dengan metode analisa komponen

2.6.3 Prosedur Perhitungan Tebal Perkerasan Kaku

Langkah – langkah perhitungan perkerasan kaku sebagai berikut :

- a. Menghitung LHR umur rencana (MBT)
- b. Menghitung volume dan komposisi lalu lintas harian tahun pembukaan / awal rencana sesuai konfigurasi sumbu.
- c. Menghitung jumlah kendaraan niaga (JKL) selama umur rencana dengan rumus $JKN = 365 \times JKHN \times R$

JKHN = Hanya kendaraan 5 ton (bus dan truk)

$R = (1 + i)^n / \log(1 + i)$

i = Pertumbuhan Lalu lintas

N = Umur rencana

d. Menghitung tebal perkerasan menggunakan tabel dan grafik

- Menghitung total fatigue untuk seluruh konfigurasi beban sumbu, untuk harga k tanah dasar tertentu :

$$TF = \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{N_i'} \leq 100\%$$

dimana :

i = semua beban sumbu yang diperhitungkan

N_i = pengulangan yang terjadi untuk kategori beban i

N_i' = pengulangan beban yang diijinkan untuk kategori beban yang bersangkutan

N_i' didapat dari perbandingan antara σ_{li} / MR

Dimana $\sigma_{li} / MR \leq 0,50$ maka

$$N_i = \sigma_{li} / MR = 0,51 \text{ maka } N_i = 400.0000$$

- Menghitung tulangan dan sambungan

a. Menghitung penulangan pada beton bersambung menggunakan rumus :

$$A_s = (1200 \cdot F \cdot L \cdot H) / F_s$$

Dimana :

A_s = Luas tulangan yang dibutuhkan (cm^2/m lebar)

F = Koefien gesek plat beton dengan pondasi di bawah

L = Jarak sambungan (m)

H = Tebal pelat yang ditinjau (m)

F_s = Tegangan tarik baja (Kg/cm^2)

Bila $L \leq 13$ m, maka $A_s = 0, = 0,1\% \times h \times b$

b. Menghitung penulangan pada beton menerus menggunakan rumus

$$P_s = \{ (100 \cdot f_b) / (f_y - n f_b) \} (1,3 - 0,2F)$$

Dimana :

P_s = Prosentase tulangan memanjang terhadap penampang beton

F_b = Kuat tarik beton (0,4 – 0,5 MR)

F_y = Tegangan leleh baja

$N = E_y / E_b$ = Adalah modulus elastisitas baja/beton (6-15)

F = Koefisien gesek antara beton dan pondasi

$P_s \text{ min}$ = 0,6 %

Selanjutnya dilakukan kontrol terhadap jarak retakan kritis dengan menggunakan rumus :

$$L_{cr} = f_b^2 / \{ n \cdot p^2 \cdot u \cdot f_p (s \cdot E_b - f_b) \}$$

Dimana :

L_{cr} = Jarak antar retakan teoritis

F_b = Kuat tarik beton (0,4-0,5 MR)

N = E_y / E_b adalah modulus elastisitas beton / baja

P = Luas tulangan memanjang /m²

U = 4/d (keliling / luas tulangan)

F_p = Tegangan lekat antara tulangan dengan beton $2,16 \sqrt{\sigma'_{bk}} / d$

s = Koefisien susut beton (400×10^{-6})

E_b = Modulus elastisitas beton : $16.600 \sqrt{\sigma'_{bk}}$

2.7 PERENCANAAN SALURAN DRAINASE

Saluran drainase adalah bangunan yang bertujuan mengalirkan air dari badan jalan secepat mungkin agar tidak menimbulkan bahaya dan kerusakan pada jalan. Dalam banyak kejadian, kerusakan konstruksi jalan disebabkan oleh air, baik itu air permukaan maupun air tanah. Air dari atas badan jalan yang dialirkan ke samping kiri dan atau kanan jalan ditampung dalam saluran

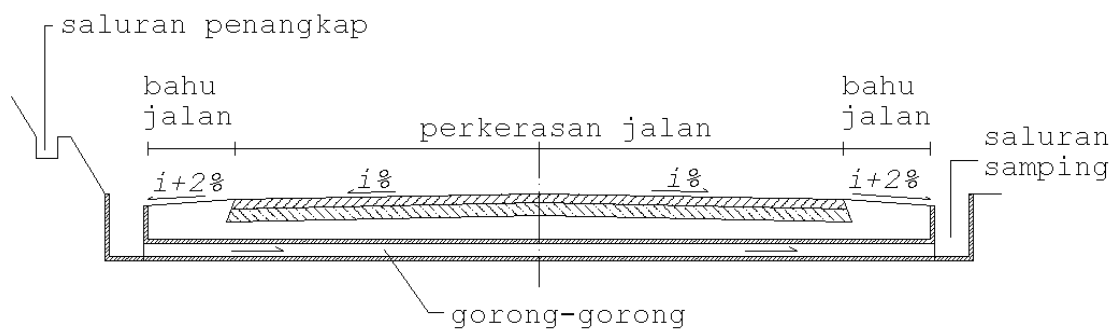
samping (*side ditch*) yang bertujuan agar air mengalir lebih cepat dari air yang mengalir diatas permukaan jalan dan juga bertujuan untuk bisa mengalirkan kejenuhan air pada badan jalan.

Dalam merencanakan saluran samping harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- Mampu mengakomodasi aliran banjir yang direncanakan dengan kriteria tertentu sehingga mampu mengeringkan lapis pondasi.
- Saluran sangat baik diberi penutup untuk mencegah erosi maupun sebagai trotoar jalan.
- Pada kemiringan memanjang, harus mempunyai kecepatan rendah untuk mencegah erosi tanpa menimbulkan pengendapan.
- Pemeliharaan harus bersifat menerus.
- Air dari saluran dibuang ke outlet yang stabil ke sungai atau tempat pengaliran yang lain
- Perencanaan drainase harus mempertimbangkan faktor ekonomi, faktor keamanan dan segi kemudahan dalam pemeliharaan.

2.7.1 Ketentuan-ketentuan

1. Sistem drainase permukaan jalan terdiri dari : kemiringan melintang perkerasan dan bahu jalan, selokan samping, gorong-gorong dan saluran penangkap (Gambar 2.11).



Gambar 2.11 Sistem drainase permukaan

2. Kemiringan melintang normal (e_n) perkerasan jalan untuk lapis permukaan aspal adalah 2 % - 3 %, Sedangkan untuk bahu jalan diambil = $e_n + 2$ %.
3. Selokan samping jalan
 - Kecepatan aliran maksimum yang diizinkan untuk material dari pasangan batu dan beton adalah 1,5 m/detik.
 - Kemiringan arah memanjang (i) maksimum yang diizinkan untuk material dari pasangan batu adalah 7,5 %.
 - Pematah arus diperlukan untuk mengurangi kecepatan aliran bagi selokan samping yang panjang dengan kemiringan cukup besar. Pemasangan jarak antar pematah arus dapat dilihat pada Tabel 2.34.

Tabel 2.34

Jarak pematah arus

i (%)	6 %	7 %	8 %	9 %	10 %
L (m)	16	10	8	7	6

- Penampang minimum selokan samping adalah 0,50 m².

4. Gorong-gorong pembuang air
 - Kemiringan gorong-gorong adalah 0,5 % - 2 %.
 - Jarak maksimum antar gorong-gorong pada daerah datar adalah 100 m dan daerah pegunungan adalah 200 m.
 - Diameter minimum adalah 80 cm.

2.7.2 Perhitungan debit aliran

1. Intensitas curah hujan (I)
 - Data yang diperlukan adalah data curah hujan maksimum tahunan, paling sedikit $n = 10$ tahun dengan periode ulang 5 tahun.
 - Rumus menghitung intensitas curah hujan menggunakan analisa distribusi frekuensi sebagai berikut :

$$X_T = \bar{x} + \frac{S_x}{S_n} \cdot (Y_T - Y_n)$$

$$I = 1/4 \cdot (90\% \cdot X_T)$$

Dimana :

X_T = besar curah hujan

\bar{x} = nilai rata-rata aritmatik curah hujan

S_x = standar deviasi

Y_T = variabel yang merupakan fungsi dari periode ulang,
diambil = 1,4999.

Y_n = variabel yang merupakan fungsi dari n, diambil 0,4952
untuk n = 10

S_n = standar deviasi, merupakan fungsi dari n, diambil 0,9496
untuk n = 10

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

- Waktu konsentrasi (TC) dihitung dengan rumus :

$$T_C = t_1 + t_2$$

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

$$t_2 = \frac{L}{60 \cdot v}$$

Dimana : T_C = waktu konsentrasi (menit)

t_1 = waktu inlet (menit)

t_2 = waktu aliran (menit)

L_0 = jarak dari titik terjauh dari saluran drainase (m)

L = panjang saluran (m)

nd = koefisien hambatan, diambil 0,013 untuk lapis permukaan
aspal

s = kemiringan daerah pengaliran

v = kecepatan air rata-rata di saluran (m/detik)

2. Luas daerah pengaliran dan batas-batasnya

Batas daerah pengaliran yang diperhitungkan $L = L_1 + L_2 + L_3$ (m)

Dimana : L_1 = dari as jalan sampai tepi perkerasan.

L_2 = dari tepi perkerasan sampai tepi bahu jalan.

L_3 = tergantung kebebasan samping dengan panjang maksimum 100 m.

3. Harga koefisien pengaliran (C) dihitung berdasarkan kondisi permukaan yang berbeda-beda.

$$C = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + C_3 \cdot A_3}{A_1 + A_2 + A_3}$$

Dimana : C_1 = koefisien untuk jalan aspal = 0,70.

C_2 = koefisien untuk bahu jalan (tanah berbutir kasar) = 0,65.

C_3 = koefisien untuk kebebasan samping (daerah pinggir kota) = 0,60.

A_1, A_2, A_3 = luas masing-masing bagian.

4. Untuk menghitung debit pengaliran, digunakan rumus sebagai berikut :

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

Dimana : Q = debit pengaliran ($m^3/detik$)

C = koefisien pengaliran

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = luas daerah pengaliran (km^2)

2.7.3 Perhitungan dimensi saluran dan gorong-gorong

Dimensi saluran dan gorong-gorong ditentukan atas dasar $F_e = F_d$

1. Luas penampang basah berdasarkan debit aliran (F_d)

$$F_d = Q/v \quad (m^2)$$

2. Luas penampang basah yang paling ekonomis (F_e)

- Saluran bentuk segi empat

$$\text{Rumus : } F_e = b \cdot d \quad \hookrightarrow \text{ syarat : } b = 2 \cdot d$$

$$R = d / 2$$

- Gorong-gorong

$$\text{Rumus : } F_e = 0,685 \cdot D^2 \quad \hookrightarrow \text{ syarat : } d = 0,8 \cdot D$$

$$P = 2 r$$

$$R = F / P$$

Dimana : F_e = Luas penampang basah ekonomis (m^2)

b = lebar saluran (m)

d = kedalaman air (m)

R = jari-jari hidrolis (m)

D = diameter gorong-gorong (m)

r = jari-jari gorong-gorong (m)

3. Tinggi jagaan (w) untuk saluran segi empat $w = \sqrt{0,5 \cdot d}$

4. Perhitungan kemiringan saluran

$$\text{Rumus : } i = \left(\frac{v \cdot n}{R^{2/3}} \right)^2$$

Dimana : i = kemiringan saluran

v = kecepatan aliran air (m/detik)

n = koefisien kekasaran *mannig*, (saluran pasangan batu)

$$= 0,025$$