

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Klasifikasi Jalan

Jalan raya pada umumnya dapat di golongkan dan di kalsifikasikan menurut fungsinya, yaitu jalan primer dan jalan skunder. umumnya lalu lintas pada jalan raya terdiri dari campuran kendaraan cepat, kendaraan lambat, kendaraan berat, kendaraan ringan dan kendaraan tak bermotor, penggolongan jalan raya di kelompokkan sebagai berikut:

2.1.1 Menurut Pengelolaannya

Menurut pengelolaan jalan dibedakan menjadi 5 menurut UU no.38 tahun 2004 pasal 9 yaitu :

1. Jalan nasional adalah jalan yang dikelola oleh nasional, segala biaya pemeliharaan dan perawatan di lakukan oleh nasional
2. Jalan provinsi adalah jalan yang di kelola oleh provinsi segala perawatan dan perbaikan jalan di lakukan oleh provinsi.
3. Jalan kabupaten adalah jalan yang dikelola oleh kabupaten, segala perawatan dan perbaikan jalan dilakukan oleh kabupaten
4. Jalan kota adalah jalan yang dikelola oleh kota, segala perawatan dan perbaikan dilakukan oleh kota
5. Jalan desa adalah jalan yang dikelola oleh desa, segala perawatan dan perbaikan jalan dilakukan oleh desa

2.1.2 Menurut Fungsinya

Jalan umum menurut fungsinya di kelompokkan menjadi 3 menurut UU No. 38 tahun 2004 pasal 8, yaitu :

1. Jalan Arteri adalah jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk di batasai secara efisien, jalan arteri ada 2, yaitu :

a. jalan arteri primer adalah jalan yang menghubungkan kota jenjang kesatu yang terletak berdampingan atau menghubungkan kota jenjang kesatu dengan kota jenjang kedua,

persyaratan yang harus dipenuhi oleh jalan arteri primer adalah :

1. Kecepatan rencana > 60 km/jam
2. Lebar badan jalan > 8.0 m
3. kapasitas jalan lebih besar dari volume lalulintas rata-rata
4. Jalan masuk dibatasi secara efisien sehingga kecepatan rencana dan kapasitas jalan dapat tercapai
5. Tidak boleh terganggu oleh kegiatan lokal, lalulintas ulang alik
6. Jalan artiri primer tidak terputus walau memasuki kota
7. Tingkat keamanan dan kenyamanan yang dinyatakan dengan indeks permukaan tidak kurang dari 2 (dua)

b. Jalan Arteri Skunder adalah jalan yang menghubungkan kawasan primer dan kawasan sekunder kesatuan atau menghubungkan kawasan sekunder ke satu dan kawasan sekunder kedua

persyaratan jalan arteri skunder yaitu :

1. Kecepatan rencana > 30 km/jam
 2. Lebar badan jalan > 8.0 m
 3. Kapasitas jalan sama atau lebih besar dari volume lalu lintas rata-rata
 4. Tidak boleh di ganggu oleh lalu lintas lambat
 5. Indek permukaan tidak boleh kurang dari 1.5
2. Jalan kolektor adalah ajalan yang melayani pengumpulan/pembagian dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi, jalan kolektor dibedakan menjadi 2 yaitu :
- a. Jalan kolektor primer adalah ajalan yang menghubungkan kota jenjang kedua dengan kota jenjang kedua atau menghubungkan kota jenjang kedua ke kota jenjang ketiga. Persyaratan yang harus dipenuhi oleh jalan kolektor primer adalah:
 1. Kecepatan rencana > 40 km/jam
 2. Lebar badan jalan > 7.0 m
 3. Kapasitas jalan lebih besar atau sama dengan volume lalu lintas rata-rata
 4. Jalan kolektor primer tidak terputus dengan memasuki daerah kota
 5. Jalan masuk dibatasi sehingga kecepatan rencana dan kapasitas jalan tidak terganggu
 6. Indeks permukaan tidak kurang dari 2

- b. Jalan Kolektor skunder adalah jalan yang menghubungkan kawasan skunder kedua dengan kawasan skunder kedua atau dengan kawasan skunder kedua dengan kawasan skunder ketiga.

Persyaratan jalan kolektor yaitu :

1. kecepatan rencana > 30 km/jam
 2. Lebar badan jalan > 8.0 m
 3. Kapasitas jalan lebih besar atau sama dengan volume lalu lintas rata-rata
 4. Tidak boleh digunakan lalu lintas lambat
 5. Indeks permukaan tidak kurang 1.5
3. Jalan lokal adalah jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi jalan lokal dibedakan menjadi 2 yaitu :
- a. jalan lokal primer adalah jalan yang menghubungkan kota jenjang satu dengan persil atau menghubungkan dengan kota jenjang ketiga dengan kota jenjang ketiga, kota jenjang ketiga dengan kota jenjang dibawahnya, kota jenjang ketiga dengan persil atau kota dibawah jenjang ketiga sampai persil.

Persyaratan jalan lokal primer yaitu :

1. kecepatan rencana > 20 km/ jam
2. Lembar badan jalan > 6.0 m
3. Jalan lokal primer tidak terputus walaupun memasuki desa
4. Indeks permukaan tidak kurang dari 1.5

b. Jalan Lokal Sekunder adalah jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kesatuan dengan perumahan, menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan perumahan, kawasan sekunder ketiga dan seterusnya samapai perumahan

Persyaratan jalan lokal sekunder yaitu :

1. kecepatan rencana > 10 km/jam
2. Lebar badan jalan > 5.0 m
3. Indeks permukaan tidak kurang dari 1.0

2.1.3 Umum

Perkerasan jalan adalah suatu konstruksi yang dibangun diatas tanah dengan tujuan untuk dapat menahan beban lalu lintas atau kendaraan yang berulang-ulang, serta mampu bertahan terhadap perubahan cuaca, (*Sukirman tahun 1999*) Oleh karena itu konstruksi perkerasan jalan raya harus memenuhi persyaratan-persyaratan yang ditentukan Antara lai sebagai berikut:

1. Mempunyai tebal total dan tegangan ijin yang cukup.
2. Dapat mencegah timbulnya deformasi atau penurunan yang tetap akibat beban roda.
3. Tahan terhadap perubahan bentuk yang terjadi pengaruh perubahan cuaca.
4. Mempunyai bentuk permukaan yang rata, tahan gesekan dan tahan terhadap pengaruh beban maupun zat-zat kimia yang mempengaruhi konstruksi perkerasan jalan

Perencanaan tebal suatu struktur perkerasan jalan merupakan salah satu bagian dari rekayasa jalan yang bertujuan memberikan pelayanan terhadap arus lalu lintas sehingga memberikan rasa aman dan nyaman terhadap pengguna jalan. Kesesuaian dan ketetapan dalam menentukan parameter pendukung dan metode perencanaan

tebal perkerasan yang digunakan, sangat mempengaruhi efektifitas dan efisiensi penggunaan biaya konstruksi dan pemeliharaannya jalan.

Struktur perkerasan lentur merupakan suatu kesatuan system yang sangat kompleks yang terdiri dari beberapa lapisan (*layer*) dimana setiap lapisan memiliki sifat bahan (*properties*) yang berbeda. Pertama kali perkerasan lentur dicobakan di United States pada tahun 1870 di Newark, New Jersey, dan dengan skala besar dihambar untuk pertamakalinya pada tahun 1896 di kota Pennsylvania Avenue, Washington D.C. dengan aspal yang berasal dari Trinidad Lake.

Pembangunan jalan yang tercatat dalam sejarah Bangsa Indonesia adalah pembangunan Jalan Raya Pos (De Grote Pos Weg) yang dilakukan melalui kerja paksa pada jaman pemerintahan *H.W Daendles*. Jalan raya tersebut mulai dibangun Mei 1808 sampai Juni 1809, terbentang dari Anyer di ujung Barat sampai dengan Panurukan di ujung Timur Pulau Jawa, sepanjang lebih kurang 1000 km. Tujuan pembangunan jalan saat diutamakan untuk kepentingan strategi pertahanan daripada transportasi masyarakat.

Perkerasan lentur pada umumnya baik digunakan untuk melayani lalu lintas ringan sampai dengan lalu lintas sedang, seperti jalan perkotaan, jalan dengan system utilitas terletak dibawah perkerasan jalan, perkerasan bahu jalan, atau perkerasan dengan konstruksi bertahap. Dalam hal perencanaan Desain jalan yang baik harus mempunyai kriteria – kriteria sebagai berikut:

1. Menjamin tercapainya tingkat layan jalan sepanjang umur rencana Suatu struktur perkerasan jalan didisain agar mampu melayani repetisi lalu lintas selama umur rencana atau masa layan berikutnya. Selama masa pelayanan struktur perkerasan mengalami penurunan kinerja dari kinerja awal (IPO) yang diharapkan sampai dengan kinerja akhir (IPt). Maka dari rentang waktu IPO hingga tercapainya IPt , struktur perkerasan tidak mengalami kegagalan (*failure*) yaitu retak (*fatigue cracking*) dan alur (*rutting*). Pada bagian kedua

undang-undang no.22 tahun 2009, yaitu bagian ruang lalu lintas, paragraf 1 tentang kelas jalan, pasal 19 nomer 1-5 menjelaskan bahwa jalan

2. dikelompokkan menjadi, yaitu pertama fungsi dan intensitas lalu lintas guna kepentingan pengaturan pengguna jalan dan kelancaran lalu lintas dan angkutan jalan, yang kedua yaitu berdasarkan daya dukung untuk menerima muatan sumbu terberat dan dimensi kendaraan bermotor.
3. Merupakan *life cycle cost* yang minimum Melaksanakan suatu pembangunan infrastruktur diperlukan adanya biaya. Oleh karena itu pelaksana perlu melakukan analisa ekonomi teknik dalam merencanakan suatu anggaran biaya. Pemilihan bahan serta pelaksanaan yang menjadi kunci pokok dalam merencanakan suatu anggaran. Dalam konstruksi jalan umum diketahui bahwa perkerasan lapis aspal (lentur) lebih murah dari pada perkerasan dengan lapis beton (kaku). Paradigma ini harus dihilangkan dalam benak perencana karena aspek umur jalan serta lalu lintas rencana yang akan melewati jalan tersebut dapat mempengaruhi daya tahan struktur perkerasan yang kemudian akan berpengaruh terhadap pemeliharaan dan umur dari perkerasan. Oleh karena itu pemilihan jenis perkerasan harus di analisis dengan *discounted whole life cost* terendah.
4. Mempertimbangkan kemudahan saat pelaksanaan Dengan pelaksanaan yang mudah pekerjaan akan cepat selesai dengan jumlah pekerja dan alat berat yang optimum, sehingga dapat menekan biaya serta menghindarkan denda (penalti) akibat keterlambatan.
5. Menggunakan material yang efisien dan memanfaatkan material lokal semaksimal mungkin Material yang baik dan dengan pelaksanaan yang baik pula akan menghasilkan perkerasan yang baik. Material suatu perkerasan jalan akan sangat mempengaruhi tebal perkerasan tersebut. Dengan memanfaatkan material lokal, akan dapat menekan biaya angkut/distribusi material tersebut. Pemilihan material juga harus melihat kemampuan pelaksana yang tersedia, atau dibutuhkan tidaknya alat berat dalam mengolah material tersebut. Syarat

6. dan ketentuan mengolah material terdapat dalam Spesifikasi Teknis Umum Bina Marga tahun 2010.
7. Mempertimbangkan faktor keselamatan pengguna jalan Keselamatan pengguna jalan diatur dalam undang-undang nomor 22 tahun 2009 pada bab xx pasal 273 ayat 1-4. Pada perundangan ini tertulis bahwa penyelenggara jalan apabila menyebabkan kecelakaan terhadap pengguna jalan akan dikenakan denda tertentu dan hukuman pidana. Oleh karena itu suatu jalan haruslah aman, nyaman terhadap penggunaannya hingga mencapai umur rencana yang ditentukan.
8. Mempertimbangkan kelestarian lingkungan Setiap pelaku konstruksi harus mempertimbangkan aspek lingkungan dalam menjalankan kegiatan pembangunannya. Anasila Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) adalah kajian mengenai dampak besar dan penting suatu usaha dan/atau kegiatan yang direncanakan pada lingkungan hidup yang diperlukan bagi proses pengambilan keputusan tentang penyelenggaraan usaha dan/atau kegiatan. Pelaku konstruksi tidak dapat lagi menghindar dari pertimbangan aspek lingkungan dalam melaksanakan kegiatan pembangunan sejak diundangkannya UU No. 4 Tahun 1982, sebagai tindak lanjut pelaksanaan UUPH pada Tahun 1982 dibentuk PP No. 29 Tahun 1986 yang mengatur bahwa setiap usaha/kegiatan yang diperkirakan mempengaruhi fungsi lingkungan hidup perlu

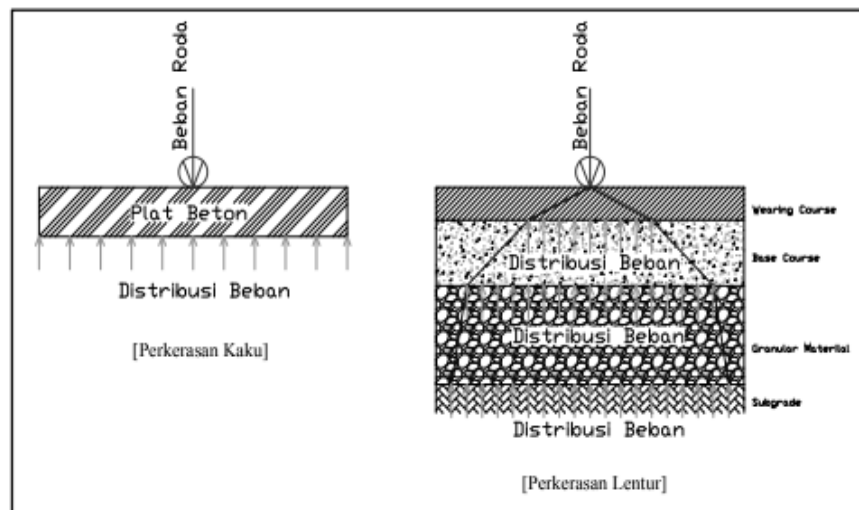
2.2 Jenis Konstruksi Perkerasan Jalan

Berdasarkan bahan pengikat yang digunakan untuk membentuk lapisan atas, perkerasan jalan dibedakan menjadi:

1. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke dasar tanah.

2. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*Portland cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat beton atau tanpa tulangan diletakan di dasar tanah dengan atau tanpa lapisan pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar di pikul oleh pelat beton
3. Kostruksi Perkerasan Komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.

Perbedaan antara tipe perkerasan jalan tersebut adalah dalam hal pendistribusian beban yang dilimpahkan. Pada perkerasan kaku beban secara keseluruhan dilimpahkan kepada pelat beton dengan bidang yang luas, sedangkan pada perkerasan lentur yang memiliki kekakuan yang lebih rendah sehingga beban yang dilimpahkan akan didisribusikan kesetiap lapisan yang menyusun perkerasan. Maka lapisan perkerasan lentur dibuat berlapi-lapis, dengan lapisan paling atas memiliki sifat yang lebih baik dari lapisan dibawahnya. Perbedaan pendistribusian pembebanan antara kedua perkerasan dapat dilihat pada gambar berikut :



Sumber: Silvia Sukirman 2010

Gambar 2.1 Distribusi beban perkerasan

Perbedaan utama Antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur diberikan pada table dibawah ini

Tabel 2.1 Perbedaan utama Antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur.

		Perkerasan lentur	Perkerasan kaku
1	Bahan pengikat	Aspal	Semen
2	Repetisi	Timbul rutting (lenturan pada jalur roda)	Timbul retak-retak pada permukaan.
3	Penurunan tanah dasar	Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagai balok diatas permukaan
4	Perubahan temperature	Modulus kekakuan berubah timbul tegangan dalam yang kecil	Modulus kekakuan tidak berubah timbul tegangan dalam yang besar

Sumber : Silvia Sukirman 1992

2.2.1 Kriteria Konstruksi Perkerasan Lentur

Guna dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada para pemakai jalan maka konstruksi perkerasan jalan haruslah memenuhi syarat-syarat tertentu yang dapat dikelompokkan menjadi 2 kelompok yaitu:

1. Syarat-syarat berlalu lintas.

Konstruksi perkerasan lentur dipandang dari keamanan dan kenyamanan berlalu lintas haruslah memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- a. Permukaan yang rata, tidak bergelombang, tidak melendut dan tidak berlubang.
- b. Permukaan cukup kaku, sehingga tidak mudah berubah bentuk akibat beban yang bekerja di atasnya.
- c. Permukaan cukup kesat, memberikan gesekan yang baik Antara ban dan permukaan jalan sehingga tidak mudah selip.
- d. Permukaan tidak mengkilap, tidak silau bila kena sinar matahari.

2. Syarat-syarat kekuatan/structural.

Konstruksi perkerasan jalan di pandang dari segi kemampuan, memikul menyebarkan beban, haruslah memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- a. Ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan beban/muatan lalu lintas ke dasar tanah.
- b. Kedap terhadap air, sehingga air tidak mudah meresap kelapisan di bawahnya.
- c. Permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya dapat cepat di alirkan.
- d. Kekakuan untuk memikul gaya yang bekerja tanpa menimbulkan deformasi yang berarti

Untuk memenuhi hal-hal tersebut di atas, perencanaan dan pelaksanaan konstruksi perkerasan lentur haruslah mencakup:

1. Perencanaan tebal masing-masing perkerasan

Dengan memperhatikan daya dukung tanah dasar, beban lalu lintas yang akan di pikulnya, keadaan lingkungan, lapisan yang dipilih, dapatlah ditentukan tebal masing-masing lapisan berdasarkan beberapa metode yang ada.

2. Analisa campuran bahan.

Dengan memperhatikan mutu dan jumlah bahan setempat yang tersedia, direncanakan suatu susunan campuran tertentu, sehingga terpenuhi spesifikasi dari jenis bahan yang dipilih.

3. Pengawasan pelaksanaan pekerjaan.

Perencanaan tebal perkerasan yang baik, susunan campuran memenuhi syarat, belumlah menjamin hasil lapisan perkerasan memenuhi apa yang diinginkan jika tidak dilakukan pengawasan yang cermat mulai dari tahap penyiapan lokasi dan material sampai dengan tahap pencampuran atau penghamparan dan akhirnya sampai tahap pemadatandan pemeliharaan.

Disamping itu tidak dapat dilupakan system pemeliharaan yang terencana dan tepat selama umur pelaksanaannya termasuk didalamnya sistem drainase jalan tersebut. Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakan diatas, tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebar ke lapisan dibawahnya.

Konstruksi perkerasan terdiri dari:

1. Lapisan permukaaan (*surface course*)
2. Lapisan pondasi atas (*base course*)
3. Lapisan pondasi bawah (*subbase course*)
4. Lapisan tanah dasar (*sub grade*)

Beban lalu lintas yang bekerja diatas konstruksi perkerasan dapat dibedakan atas:

1. Muatan kendaraan berupa gaya vertikal.
2. Gaya rem kendaraan berupa gaya horizontal.
3. Pukulan roda kendaraan perkerasan lentur.

2.2.2 Jenis Dan Lapisan Perkerasan Lentur.

a. Lapisan permukaan (*surface course*)

Lapisan yang terletak paling atas disebut lapisan permukaan, dan berfungsi sebagai:

1. Lapis perkerasan menahan beban roda, lapisan mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan roda selama masa pelayanan.
2. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh diatasnya tidak meresap ke lapisan dibawahnya dan melemahkan lapisan-lapisan tersebut.
3. Lapis aus (*wearing course*), lapisan yang langsung menerima gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
4. Lapis yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain yang mempunyai daya dukung yang lebih jelek.

Guna dapat memenuhi fungsi tersebut diatas, pada umumnya lapisan permukaan dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal sehingga lapisan yang kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan yang lama.

b. Lapisan pondasi atas (*base course*)

Lapisan perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan dinamakan lapis pondasi atas (*base course*). Fungsi lapisan pondasi atas antara lain sebagai:

1. Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda yang menyebarkan beban ke lapisan dibawahnya.
2. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
3. Bantalan terhadap lapisan permukaan.

Material yang digunakan untuk lapisan pondasi atas adalah material yang cukup kuat. Untuk lapis pondasi atas tanpa bahan pengikat umum menggunakan material dengan $\text{CBR} > 50\%$ dan plastisitas indeks (ip) $< 4\%$. Bahan alam seperti batu pecah, kerikil, stabilisasi tanah dengan semen dan kapur dapat digunakan sebagai lapis pondasi atas.

c. Lapis pondasi bawah (*subbase course*)

Lapis yang terletak Antara lapis pondasi atas dan tanah dasar disebut lapisan pondasi bawah (*subbase course*). Lapis pondasi bawah berfungsi:

1. Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar. Lapisan ini kuat, mempunyai $\text{CBR} 20\%$ dan plastisitas indeks (IP) $\leq 10\%$.
2. Efisiensi penggunaan material. Material pondasi bawah relatif murah dibanding lapisan perkerasan di atasnya.
3. Mengurangi tebal lapisan di atasnya yang lebih mahal
4. Lapisan peresapan, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
5. Lapisan pertama, agar pekerjaan dapat berjalan lancar.

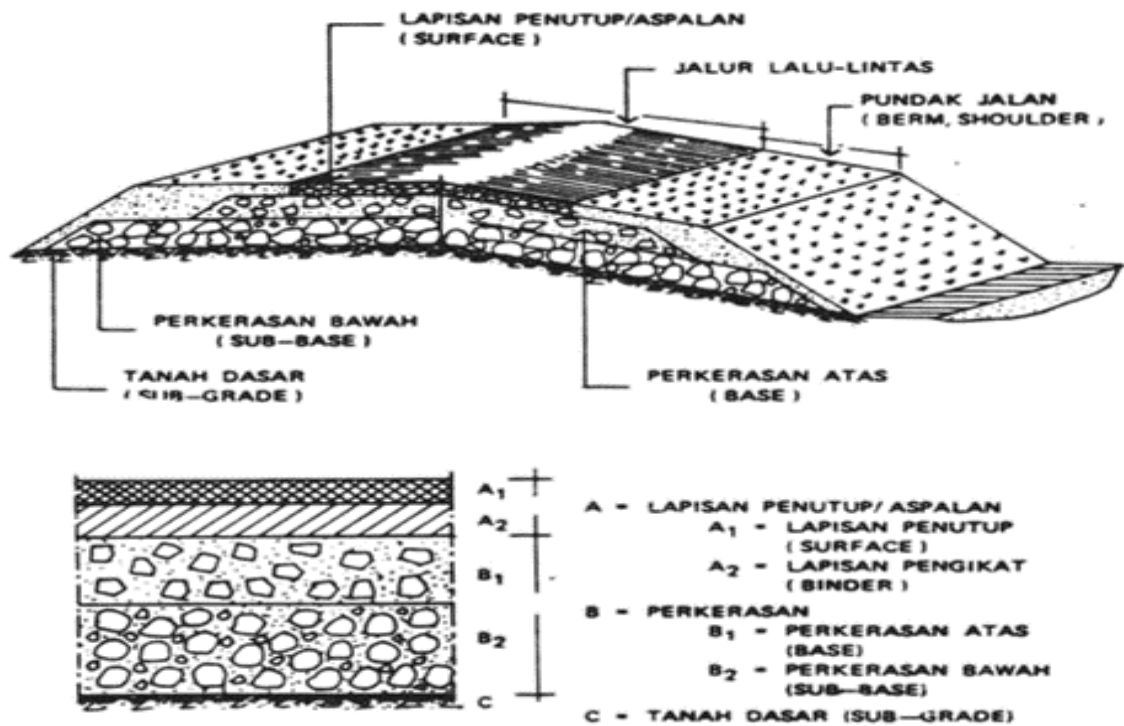
Hal ini sehubungan dengan kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca, atau lemahnya daya dukung tanah dasar menahan roda-roda alat berat.

d. Lapisan tanah dasar (*sub grade*)

Lapisan dasar setebal 50-100 cm, dimana akan diletakan lapisan pondasi bawah dinamakan lapisan tanah dasar. Lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya baik, tanah yang didatangkan dari tempat lain dan dipadatkan atau tanah yang distabilkan dengan kapur atau bahan lain. Pemadatan yang baik diperoleh jika dilakukan pada kadar air optimum dan diusahakan kadar air tersebut konstan selama umur rencana. Hal ini dapat dicapai dengan perlengkapan drainase yang memenuhi syarat.

Ditinjau dari muka tanah asli, maka lapisan tanah dapat di bedakan menjadi:

1. Lapisan tanah dasar, tanah galian
2. Lapisan tanah dasar, tanah timbunan
3. Lapisan tanah dasar, tanah asli



Sumber : Sudarsono, 1979

Gambar 2.2 Susunan tebal perkerasan

Perhitungan tebal perkerasan dihitung dengan rumus dibawah ini:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \quad (2.1)$$

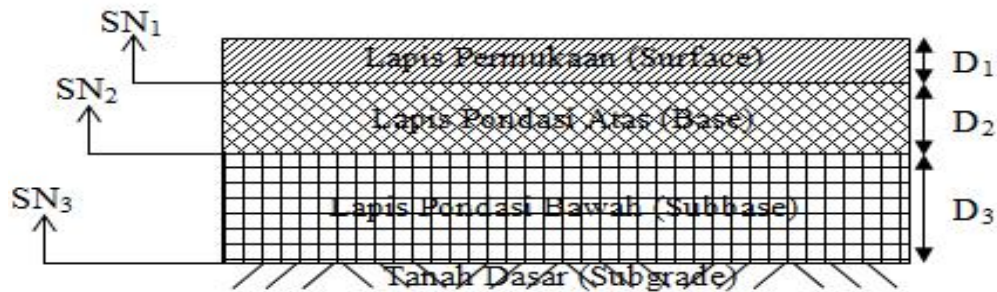
Keterangan:

SN = Structural Number (cm)

A_i, a₂, a₃ = Koefisien kekuatan relatif bahan

D_1, D_2, D_3 = Tebal masing – masing lapis perkerasan(cm)

m_2, m_3 = Koefisien drainase untuk lapis pondasi atas (m_2), dan lapis pondasi bawah (m_3).



Sumber : sudarsono ,1979

Gambar 2.3 Penjabaran Nilai SN

Berdasarkan Susunan Lapis Perkerasan Jalan

Penjabaran rumus SN dapat dijabarkan seperti dibawah ini:

$$-D_1 = \frac{SN_1}{a_1} \quad (2.2)$$

D_1 (tebal rencana)

$$SN_1 = a_1 \times D_1 \geq SN_1$$

$$-D_2 = \frac{SN_2 - SN_1}{a_2 m_2} \quad (2.3)$$

D_2 (tebal rencana)

$$SN_2 = a_2 \times D_2 \times m_2$$

$$SN_1 + SN_2 \geq SN_2$$

$$-D_3 = \frac{(SN_3 - (SN_1 + SN_2))}{a_3 m_3} \quad (2.4)$$

D_3 = tebal rencana (cm)

$$SN_3 = a_3 \times D_3 \times m_3$$

$$SN1 + SN2 + SN3 \geq SN3$$

Keterangan:

D1,D2,D3 = Tebal lapis perkerasan rencana (cm)

SN1,SN2,SN3 = *Structural Number* akhir yang diperoleh setelah dibulatkannya nilai D1.

Sumber : Sendow and Jansen,2016

2.2.3 Umur Rencana

Menurut Kementrian Pekerjaan Umum umur rencana suatu jalan raya adalah jumlah waktu dalam tahun yang dihitung sejak jalan tersebut dibuka sampai saat diperlukan perbaikan berat atau dianggap perlu untuk diberi lapis permukaan yang baru. Umur perkerasan jalan ditetapkan pada umumnya berdasarkan jumlah komulatif lintas kendaraan standard (CESA, *cumulative equivalent standard axle*).

Perencanaan perkerasan ini harus memenuhi kekuatan structural dan karakteristik pelayanan selama umur rencana, karena umur rencana ini dihitung mulai jalan tersebut dibuka untuk lalu lintas kendaraan sampai diperlukannya perbaikan yang bersifat *structural* maupun non *structural*. Dalam Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M.BM/2013 umur rencana digunakan untuk menentukan jenis perkerasan dengan mempertimbangkan elemen perkerasan berdasarkan analisis *discounted whole of life cost* terendah. Berikut ini merupakan tabel ketentuan umur rencana dengan mempertimbangkan elemen perkerasan yang disajikan didalam Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M.BM/2013:

Tabel 2.2 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR).

JENIS PERKERASAN	ELEMEN PERKERASAN	UMUR RENCANA (TAHUN)
Perkerasan Lentur	Lapisan perkerasan aspal dan lapisan berbutir CTB	20
	Pondasi jalan	40
	Semua lapisan perkerasan untuk area yang tidak diijinkan untuk ditinggikan akibat pelapisan ulang, missal : jalan perkotaan, undepass, jembatan, terowongan	
	Cement Treated Base	
Perkerasan Kaku	Lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah, lapis beton semen, dan pondasi jalan.	
Jalan Tanpa Penutup	Semua elemen	Minimum 10

Sumber: Bina Marga, 2013

Dapat dilihat pada table hubungan antara umur rencana, jenis perkerasan dan elemen perkerasan. Untuk perkerasan yang direncanakan dengan umur 10 tahun, perkerasan tanpa penutup dapat di aplikasikan sedangkan untuk perkerasan umur 20 tahun, perkerasan lentur menjadi pilihan yang utaman. Untuk perkerasan dengan umur rencana 40 tahun lebih dianjurkan untuk menggunakan perkerasan kaku. Ketentuan dalam tabel diatas tidaklah mutlak. Faktor-faktor lain yang

mempengaruhi desain perkerasan seperti ketersediannya material lokal, beban lalu lintas serta, kondisi lingkungan serta nilai bunga sangat penting untuk di pertimbangkan.

2.2.4 Analisis Lalu Lintas

Lalu lintas sangat diperlukan dalam perencanaan teknik jalan, karena kapasitas dan konstruksi struktur perkerasan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan menggunakan jalan pada suatu segmen jalan yang ditinjau. Analisa lalu lintas pada ruas jalan yang didesain harus juga memperhatikan faktor pengalihan arus lalu lintas yang didasarkan pada analisis secara jaringan dengan memperhitungkan proyeksi peningkatan kapasitas ruas jalan yang ada atau pembangunan ruas jalan yang baru dalam jaringan tersebut, dan pengaruhnya terhadap volume lalu lintas dan beban terhadap ruas jalan yang didesain

Data lalu lintas merupakan parameter utama dalam perencanaan, karena berpengaruh langsung terhadap perencanaan tebal perkerasan. Sedangkan untuk pertumbuhan lalu lintas didapat melalui suatu analisa peramalan kemasa depan. Data lalu lintas ini mencakup beberapa hal, yaitu:

a) Sifat dan komposisi Lalu lintas

Jika dilihat dari sifat dan jenis kendaraan yang beroperasi di jalanan di Indonesia bervariasi dan dapat dibagi menjadi beberapa golongan, berikut pada Tabel 2.3 jenis kendaraan di Indonesia.

Tabel 2.3 Jenis Kendaraan Di Indonesia

No	Jeniis Kendaraan	Spesifikasi
1.	Mobil penumpang	Sedan, Jep, Suburban, Mobil Hantaran, Kendaraan Truk Ringan seperti: Pick Up, Colt, dll
2.	Bis (B)	Bis Kota, Bis Pegawai, dll
3.	Truk (T)	Kendaraan truk tunggal, truk gandengan dengan berat > 3,5 ton

Sumber : Bina Marga 2013

b) Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas diperlukan untuk menentukan jumlah dan lebar jalur pada suatu jalan dalam penentuan karakteristik geometrik, sedangkan jenis kendaraan akan menentukan kelas beban atau MST (Muatan Sumbu Terberat) yang berpengaruh pada perencanaan konstruksi struktur perkerasan. Volume lalu lintas didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang melewati satu titik pengamatan selama satu satuan waktu (hari, jam, atau menit). Volume lalu lintas dapat berupa Volume Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR) yaitu volume lalu lintas yang didapat dari nilai rata-rata kendaraan selama beberapa hari pengamatan dan Lalu Lintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT) yaitu volume lalu lintas harian yang diperoleh dari nilai rata-rata jumlah kendaraan selama setahun penuh.

c) Faktor Lajur.

Lalulintas kendaraan terdistribusi pada lajur-lajurnya dan distribusi arus pada lajur-lajur jalan umumnya dipengaruhi oleh komposisi/jenis kendaraan (*Leksmono Suryo;2012*). Di Indonesia ada 2 kondisi perilaku umum berlalulintas. Pada jalan bebas hambatan, kendaraan berat berada pada jalur kiri dan kendaraan ringan yang berkecepatan tinggi berada pada jalur kanan, sedangkan pada jalan umum kendaraan berat berada pada jalur kanan dikarenakan pada jalur kiri terdapat kendaraan yang lebih lambat seperti becak, sepeda motor dan angkot. Perilaku berlalulintas secara komprehensif telah dimasukkan kedalam perencanaan struktur perkerasan sebagai factor distribusi lajur. Terdapat perubahan dalam menentukan faktor distribusi lajur pada perencanaan desain 2013 dengan 2002 yang dapat dilihat pada table 2.4 berikut :

Tabel 2.4 Faktor pertumbuhan lalu lintas

JUMLAH LAJUR PERARAH	FAKTOR DISTRIBUSI LALULINTAS
1	100
2	80
3	60
4	50

Sumber Bina Marga 2013

2.2.5 Kondisi Lingkungan

Pengaruh kondisi lingkungan terhadap lapisan perkerasan jalan dan tanah dasar adalah pada sifat teknis konstruksi perkerasan dan sifat komponen material penyusunnya juga terhadap pelapukan bahan material konstruksi perkerasan sehingga dapat mempengaruhi penurunan tingkat kenyamanan dari perkerasan

jalan tersebut. Oleh karena itu, perlu adanya beberapa tindakan pengendalian, seperti pada uraian berikut:

- 1) Membuat drainase ditempat yang diperlukan dan bahu jalan dipilih dari material yang dapat cepat mengalirkan air dan lapisan yang kedap air.
- 2) Tanah dasar dipadatkan pada keadaan kadar optimum sehingga dicapai kepadatan yang baik
- 3) Menggunakan tanah dasar yang distabilisasi
- 4) Menggunakan lapisan permukaan yang kedap air
- 5) Lapis perkerasan lebih lebar dari yang dibutuhkan

2.3 Perencanaan Geometrik Jalan

Dalam evaluasi dan perencanaan geometrik jalan raya, bentuk geometriknya harus ditetapkan sedemikian rupa sehingga jalan yang bersangkutan dapat memberi pelayanan yang optimal kepada lalu lintas sesuai dengan fungsinya, sedangkan dasar-dasar ketentuan geometri jalan raya tercantum dalam table 2.5 tersebut adalah merupakan sarat batas, perencanaan geometri sesuai dengan perencanaan geometri jalan raya dari PPGJR (peraturan perencanaan geometri jalan raya) Bina Marga oleh sebab itu harus selalu diingat bahwa perencanaan geometri jalan minimal harus sesuai dengan yang di saratkan diatas agar mendapatkan desain geometri yang aman dan nyaman bagi pemakainya.

Yang menjadi dasar perencanaan geometri jalan adalah sifat gerak dan ukuran kendaraan, sifat pengemudi dalam mengendalikan kendaraanya, dan kerekteristik arus lalu lintas, hal-hal tersebut harus menjadi bahan pertimbangan perencanaan sehingga menghasilkan bentuk dan ukuran jalan, serta ruang gerak kendaraan yang memenuhi tingkat keamanan dan kenyamanan yang di harapkan.

Tabel 2.5
Standart perencanaan Geometri Jalan Raya

KLASIFIKASI SIJALAN	Jalan Utama			Jalan Raya Sekunder									Jalan Penghubung		
	I			IIA			IIB			IIC			III		
KLASIFIKASI SIMEDIAN	D	B	G	D	B	G	D	B	G	D	B	G	D	B	G
Lalu Lintas Harian Rata- Rata (LHR) Dalam SMP	>20.000			6000-20.000			1500 – 8.000			<2000			-		
Kecepatan Rencana (Km/jam)	120	100	80	100	80	60	80	60	40	60	40	30	60	40	30
Lebar Daerah Penguasaan Minimum (M)	60	60	60	40	40	40	30	30	30	30	30	30	20	20	20
Lebar Perkerasan (M)	Minimum 2(2x3,75)			2x3,50 atau 2x(2x3,50)			2x3,50			2x3,0			3,50 – 6,00		
Lebar Median Minimum (M)	*10			150**			-			-			-		
Lebar Bahu (M)	3,50	3,00	3,00	3,00	2,50	2,50	3,00	2,50	2,50	2,50	1,50	1,00	1,50-2,50**		
Lereng Melintang Perkerasan	2%			2%			2%			3%			4%		
Lereng Melintang Bahu	4%			4%			6%			6%			6%		
Jenis Lapisan Permukaan Jalan	Aspal bet on (hot mix)			Aspal bet on			Penetrasi berganda atau setaraf			Paling tinggi penetrasi tunggal			Paling tinggi pelebaran dengan aspal		
Miring Tikungan Maksimum	10%			10%			10%			10%			10%		
Jari-Jari Lengkung Minimum (m)	560	350	210	350	210	115	210	115	50	115	50	30	115	50	30
Landai Maksimum	3%	5%	6	4%	6%	7%	5%	7%	8%	6%	8%	10%	6%	8%	12%

Sumber : PPGJR Diktrorat Jendral Bina Marga 1999

2.3.1 Karakteristik Kendaraan

Unsur jalan raya untuk tinjauan komponen geometri direncanakan berdasarkan karekteristik dari unsur krndaraan, lalulintas dan pengendara, lalulintas dan pengendara,di samping factor-faktor lingkungan dimana jalan tersebut berada. Pertimbangannya adalah jalan raya harus dapat menampung berbagi jenis kendaraan yang lewat, memberi

kemudahan pada para pengendara, dan layak dimulai, dan layak dilalui untuk sejumlah kapasitas lalu lintas rencana, agar jalan nyaman, aman, murah dan aksesibilitasnya tinggi

2.3.2 Dimensi Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang merupakan wakil dari kelompoknya, bagian bagian yang akan direncanakan menurut (*sharley 2000*)

Untuk merencanakan geometri jalan, ukuran lebar dimensi kendaraan rencana akan mempengaruhi lebar jalur yang dibutuhkan.

Dimensi kendaraan rencana akan dikelompokkan kedalam tiga kategori, yaitu :

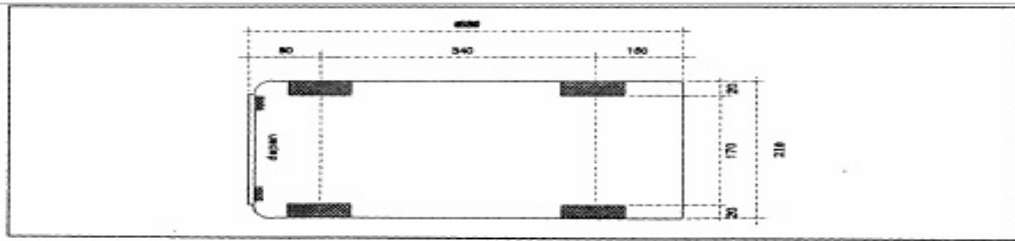
- Kendaraan kecil, diwakili oleh mobil penumpang
- Kendaraan sedang, diwakili oleh truk 3 as tandem atau oleh bus besar 2 as
- Kendaraan besar, diwakili oleh truk semi trailer

Dimensi kendaraan rencana dapat dilihat pada tabel 2.5 dan gambar 2.6

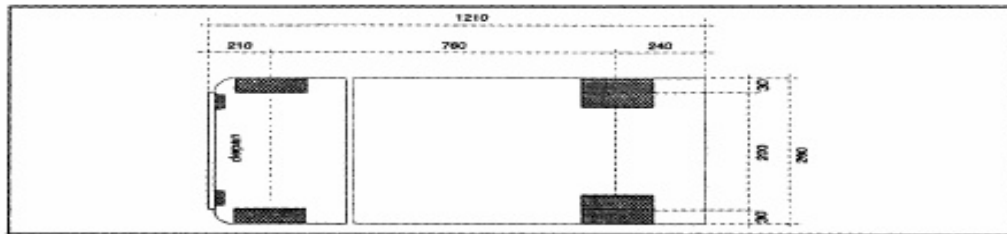
Tabel 2.6
Dimensi Kendaraan rencana

KATEGORI KENDARAAN RENCANA	DIMENSI KENDARAAN (cm)			TONJOLAN (cm)		RADIUS PUTAR		RADIUS TONJOLAN (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Minimum	Maksimum	
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	1.20	90	290	1400	1370

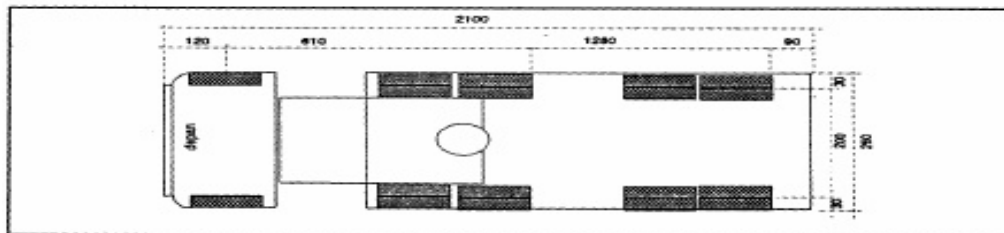
Sumber : PPGJR Direktorat Jendral Bina Marga 1999



Gambar II.1 Dimensi Kendaraan Kecil



Gambar II.2 Dimensi Kendaraan Sedang

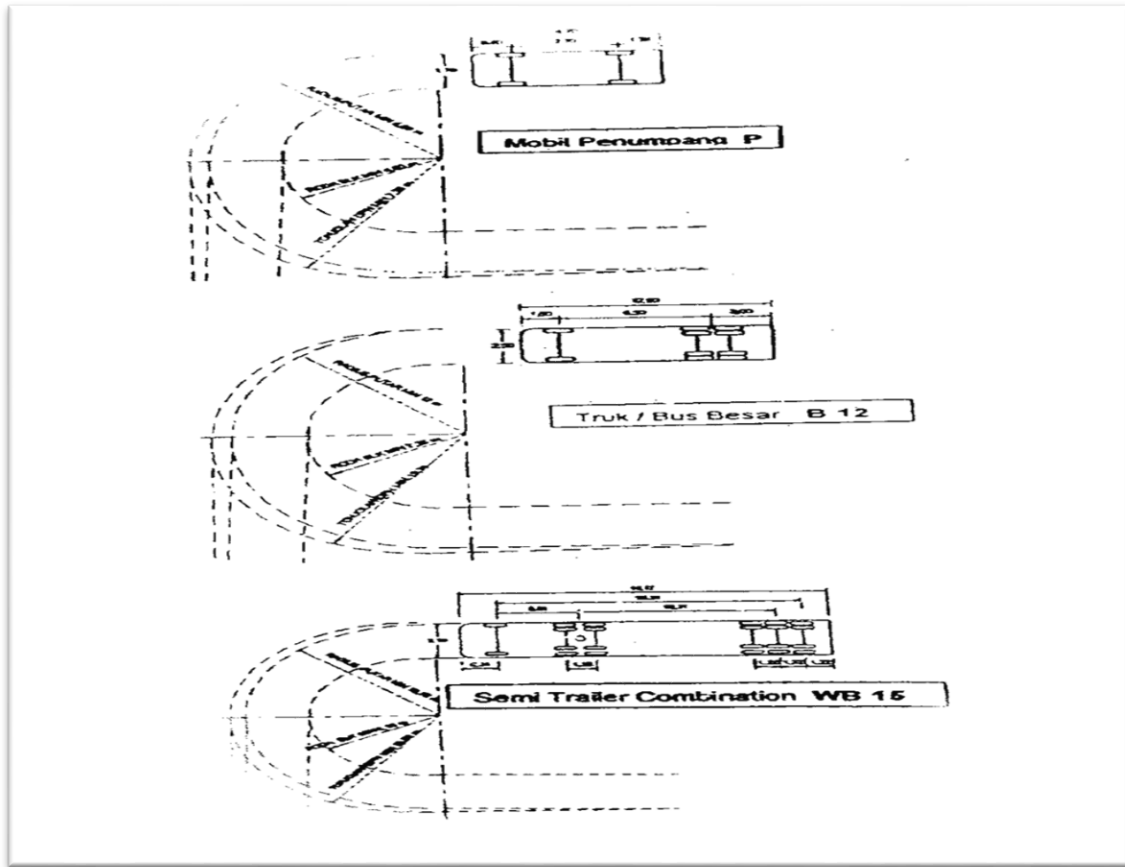


Gambar II.3 Dimensi Kendaraan Besar

Gambar 2.4 Dimensi kendraan

Sumber : Diktorat Jendral Bina Marga 1999

Jarak putar kendraan mempunyai jangkauan putar pada saat kendraan menikung , besarnya jangkauan putar kebdraan berbeda-beda, tergantung dari dimensi kendraan dan radius putar kemudi. Jari-jari putaran untuk kendaraan dapat dilihat pada Gambar 2.4



Gambar 2.5 Jarak Putaran Kendaraan

Sumber : Silvia Sukirman (1999)

2.3.3 Kecepatan Rencana

Kecepatan adalah besaran yang menunjukkan jarak yang ditempu kendaraan dibagi waktu tempuh, biasanya dinyatakan dalam Km/jam menurut Sulvia kukirman (1999). Kecepatan rencana merupakan kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometri jalan sesuai peraturan yang berlaku, sehingga memungkinkan kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman. Kecepatan rencana berdasarkan klasifikasi fungsi dan klasifikasi medan jalan dilihat pada Tabel 2.7

Tabel 2.7

Kecepatan Rencana sesuai klasifikasi fungsi dan medan jalan

Fungsi	Kecepatan rencana Vr Km/jam		
	Datar	Bukit	pegunungan
Arteri	70-120	60-80	40-30
Kolektor	60-90	50-60	30-50
Lokal	40-70	30-50	20-30

Sumber Sulvia kukirman 1999

2.3.4 Lalu Lintas

Meramalkan keadaan lalu lintas memerlukan perhitungan yang cermat dan diperlukan dasar-dasar, agar meramalkan lalulintas yang lebih teliti, bagaimanapun hasil perencanaan masih merupakan pendekatan (*Approximations Forecasting*). Perencanaan lalulintas yang akan datang terdiri dari :

- a Meninjau jenis kendaraan yang dipergunakan pada saat ini atau pada saat yang akan datang
- b Meninjau distribusi dari jenis angkutan tersebut untuk masa yang akan datang
- c Meninjau seberapa besar jumlah volume dari kendaraan yang akan melalui jalan tersebut baik pada saat ini maupun pada saat yang akan datang. Meninjau seberapa besar kecepatan kendaraan yang akan melalui jalan tersebut baik pada saat ini maupun pada saat yang akan datang

2.3.5 Volume Lalulintas

Volume lalulintas harian (VLHR) adalah perkiraan volume lalulintas harian pada akhir tahun rencana lalulintas yang dinyatakan dalam LHR / hari. Volume jam rencana (VJR) adalah perkiraan volume lalulintas pada jam sibuk tahun rencana lalulintas, dinyatakan dalam LHR / jam dan dihitung menggunakan rumus :

$$VJR = VLHR \times K / F \quad (2.5)$$

Dimana :

K = faktor volume lalulintas jam sibuk

F = faktor variasi tingkat lalu lintas per seper empat jam dalam satu jam

VJR digunakan untuk menghitung jumlah lajur jalan dan fasilitas lalu lintas lainnya yang diperlukan

Tabel 2.8
volume Lalulintas

VLHR (SMP / hari	Faktor- k (%)	Faktor- F (%)
>50.000	4-6	0.90-1
30. 000-50.000	6-8	0.80-1
10.000-30.000	6-8	0.80-1
5.000-10.000	8-10	0.60-0.80
1.000-5.000	10-12	0.60-0.80
< 1.000	12-16	<0,6

Sumber : Tata cara perencanaan geometri jalan antar kota No. 038 / T/BM/1997

2.3.6 Kapasitas (c)

Kapasitas adalah volume lalu lintas maksimum (mantap) yang dapat dipertahankan (tetap) pada suatu bagian jalan dalam kondisi tertentu (misal: rencana geometrik, lingkungan, komposisi lalu lintas dan sebagainya). Kapasitas lalu lintas merupakan jumlah lalu lintas merupakan jumlah lalu lintas atau tertentu, beberapa jenis penampang, dalam waktu, kondisi jalan dan lalu lintas tertentu. Beberapa jenis kapasitas jalan disesuaikan dengan penggunaannya menurut Hamira adalah :

a. kapasitas dasar atau kapasitas ideal

adalah jumlah kendaraan maksimum yang melewati suatu penampang pada suatu jalur atau jalan selama 1 jam dalam keadaan jalan dan lalu lintas yang ideal yang padat.

b. kapasitas yang mungkin

adalah jumlah kendaraan maksimum yang melewati suatu penampang pada satu jalan selama 1 jam dalam keadaan jalan dan lalu lintas yang mungkin dapat dicapai.

c. kapasitas praktis atau kapasitas rencana atau volume pelayanan

adalah jumlah kendaraan maksimum yang melewati suatu jalur atau jalan selama satu jam, pada suatu kondisi lalu lintas dipertahankan sesuai tingkat pelayanan tertentu, artinya kepadatan lalu lintas yang bersangkutan, dapat mengakibatkan kelembatan, bahaya dan gangguan pada kelancaran lalu lintas dengan ketentuan masih dalam batas-batas toleransi yang ditetapkan. Kapasitas menunjukkan besaran kuantitas jumlah kendaraan

2.4 Alinyemen Horizontal

Alinyemen Horizontal adalah proeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen Horizontal terdiri dari garis-garis lurus (tangen) yang dihubungkan dengan garis-garis lengkung. Garis lengkung tersebut dapat terdiri dari busur lingkaran ditambah dengan lengkungan peralihan atau busur-busur peralihan saja ataupun busur lingkaran menurut (Silvia 1997)

Perencanaan geometri pada bagian lengkung dimaksudkan untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima oleh kendaraan yang berjalan pada kecepatan VR. Gaya sentrifugal dapat menyebabkan kendaraan terlempar keluar pada tikungan

2.4.1 Bagian Lurus

Pada elemen geometrik berupa Alinyemen Horizontal, bila topografi berupa daerah datar, dapat terjadi bagian lurus (“tangen”) menjadi sangat panjang.

Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pengguna jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu tidak lebih dari 2,5 menit (sesuai VR). Pada tabel 2.9

Tabel 2.9

panjang bagian lurus maksimum

Fungsi	Panjang bagian Lurus maksimum (m)		
	Daftar	Pembuktian	Pegunungan
Arteri	3.000	2.500	2.000
Kolektor	2.000	1.750	1.500

Sumber : TCPJAK No. 038/T/BM/1997

2.4.2 Gaya Sentrifugal dan Superelevasi

Apabila suatu kendaraan bergerak dengan kecepatan tetap V pada bidang datar atau miring dengan lintasan lengkung, maka pada kendaraan tersebut berkerja gaya sentrifuga

Menurut (Sillvia Sukirman 1997). Gaya Sentrifugal yang mendorong kendaraan secara radial keluar dari jalur, tegak lurus terhadap gaya kecepatan V . gaya ini menyebabkan rasa tidaknyaman pada si pengemudi, besarnya gaya sentrifugal dapat ditulis sebagai berikut :

$$F = \frac{GV^2}{gR} \quad (2.6)$$

Dimana :

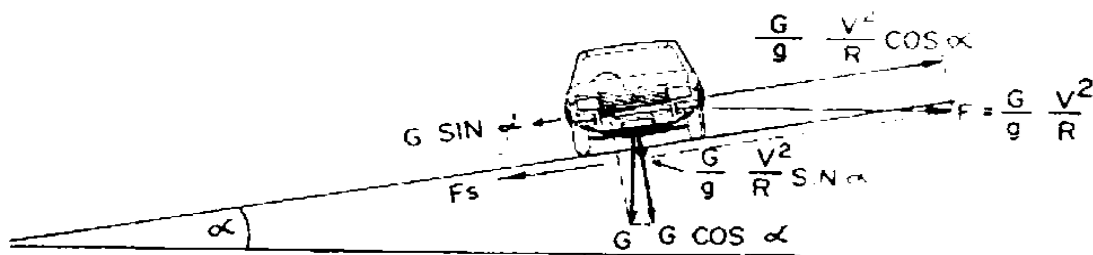
G = Berat Kendraan

g = Gaya Gravitasi bumi

V = Kecepatan Kendraan

R = Jari-Jari lengkungan

Gaya-gaya yang bekerja digambarkan seperti gamabar 2.7 yaitu gaya sentrifugal F , berat kendaraan G dan gaya gesekan antara ban dan permukaan jalan F_s



Gambar 2.6 gaya yang bekerja pada lengkung horozontal

Sumber : Dasar-dasar perencanaan geometri jalan Silvia Sukirman 1997

$$G \sin \alpha + F_s = \frac{GV^2}{gR} \cos \alpha$$

$$G \sin \alpha + f \left(G \sin \alpha - \frac{GV}{gR} \sin \alpha \right) = \frac{GV^2}{gR} \cos \alpha$$

$$G \sin \alpha + fG = \frac{GV^2}{gR} (\cos \alpha - f \sin \alpha)$$

$$G = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} + fG = \frac{GV^2}{gR} (1 - f \tan \alpha)$$

$$e = \tan \alpha$$

$$G(e + f) = \frac{GV^2}{gR} (1 - ef)$$

$$\frac{e+f}{1-ef} = \frac{V^2}{gR}$$

Karena nilai ef itu kecil, maka dapat diabaikan. Dengan demikian diperoleh

Rumus umum untuk lengkungan horizontal sebagai berikut :

$$e + f \frac{V^2}{gR} \quad (2.7)$$

jika V dinyatakan dalam Km / jam, $g = 9,81 \text{ m/dt}^2$ dan R dalam m maka diperoleh :

$$e + f \frac{V^2}{127.R} \quad (2.8)$$

bahwa radius lengkung horizontal di pengaruhi oleh nilai e dan f serta nilai kecepatan rencana yang dipilih. Suatu radius tikungan minimum atau derajat kelengkungan maksimum, bila ada koefisien gesekan maksimum dan selang lengkung superelevasi maksimum. Harga radius maksimum, harga radius minimum ini merupakan ketentuan minimum untuk memilih radius lengkung (R_e) dalam perencanaan yang dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{jari-jari lengkung minimum } R = \frac{V^2}{127 \cdot (e + f_m)} \quad (2.9)$$

$$D_{\max} = \frac{181913.53 \cdot (e_{\max} + f_{\max})}{V d^2} \quad (2.10)$$

Dimana :

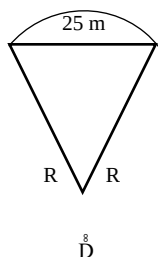
R = jari-jari lengkung minimum (m)

V = kecepatan rencana (Km / jam)

e = miring tikungan (%)

f_m = Kofesien gesekan melintang maksimum

ketajaman lengkungan horisontal dinyatakan dengan besarnya radius dari lengkungan tersebut atau dengan besarnya derajat lengkung adalah besarnya sudut lengkung yang dihasilkan panjang busur 25 m, semakin besar m , maka semakin besar D dan semakin tumpul lengkungan horisontal yang direncanakan. Untuk korelasi derajat lengkungan dapat dilihat pada Gambar 2.8



$$D = \frac{25}{2\pi R} \times 360 \quad (2.11)$$

$$D = \frac{1432,39}{R}$$

Gamabar 2.7 Korelasi antara derajat lengkung (D) dan radius lengkung (R)

Sumber : Silvia Sukirman 1997

Nilai ekstrim diperoleh untuk kondisi jalan lurus dimana radius lengkungan adalah tak hingga, Nilai ekstrim yang lain adalah untuk kondisi lengkung tertajam untuk suatu kecepatan rencana, yaitu untung lengkungan dengan radius minimum

Sehingga :

$$e + f = 0$$

Jalan lurus, R tak berhingga

$$e + f = (e+f)_{\text{maks}}$$

Jalan lengkung dengan $R=R_{\text{min}}$

AASHTO'90 memberi 5 metode distribusi nilai e dan f. indonesia pada umumnya menggunakan metode kelima. dan dalam perencanaan ini, superelevasi (e) dan derajat kelengkungan (D) dan juga didasarkan pada lengkungan parabola tak simetris. Jadi Rmin hanya sebagai patokan pemilihan radius saja. Bina marga memberikan nilai yang dapat pada tabel 2.9 untuk mencari R min

Tabel 2.10

Panjang jari-jari lengkung minimum jalan

VR (Km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jh minimum (m)	800	370	210	110	80	50	30	15

sumber : BM No.038/T/MB/1997

Dengan superelevasi maksimum $e_{\text{max}} = 8\%$ dan 10% , dan koefesien gesek melintang f_{max} yang sesuai dengan kecepatan rencana terdapat pada table 2.10.

Tabel 2.11
Beasar R minimum dan D maksimum

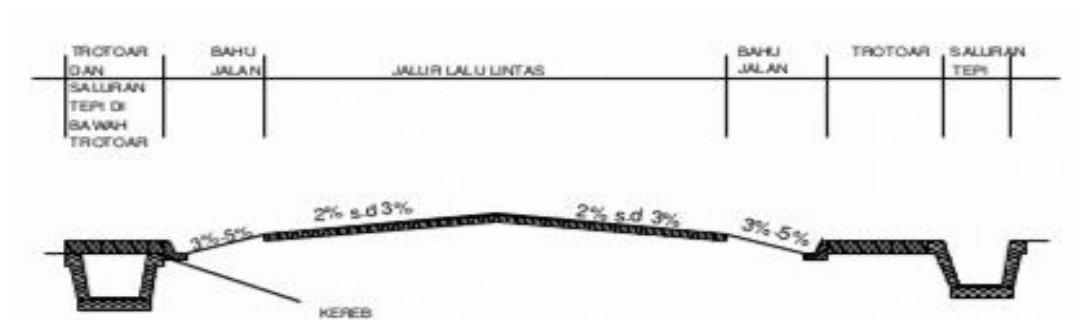
Kecepatan rencana km/jam	e maks m/m	f maks	Rmin (perhitungan) m	R min Desain m	D maks Desain (derajat)
40	0,10	0,166	47,363	47	30,48
	0,80		51,213	51	28,09
50	0,10	0,160	75,858	76	18,85
	0,80		82,192	82	17,47
60	0,10	0,150	112,041	112	12,79
	0,80		121,659	12	11,74
70	0,10	0,147	156,522	157	9,12
	0,80		170,343	170	8,43
80	0,10	0,140	209,974	210	6,82
	0,80		290,62	229	6,25
90	0,10	0,128	280,350	280	5,12
	0,80		307,371	307	4,67
100	0,10	0,115	366,233	366	3,91
	0,80		403,796	404	3,55
110	0,10	0,103	470,497	470	3,05
	0,80		522,058	522	2,74
120	0,10	0,090	596,768	597	2,40
	0,80		666,975	667	2,15

Beberapa fmax dan kecepatan rencana Sumber: Silvia Sukirman 1997

2.4.3 Kemiringan Melintang Normal

Pada jalan lurus kendaraan bergerak tanpa memerlukan kemiringan melintang jalan. Tetapi agar air hujan yang jatuh diatas permukaan jalan cepat mengalir kesamping dan masuk keselokan samping, maka dibuatlah kemiringan, maka dibuatkan kemiringan melintang jalan yang umum disebut kemiringan melintang normal (en). Besarnya kemiringan melintang normal ini sangat tergantung dari jenis lapisan permukaan yang diperlukan, semakin kedap air muka jalan tersebut, semakin landai kemiringan jalan yang dibutuhkan. Sebaik lapisan permukaan yang mudah dirembesi air, harus mempunyai kemiringan melintang normal ini sangat bergantung pada jenis lapisan permukaan yang diperlukan. Semakin kedap air muka jalan tersebut, semakin landai kemiringan jalan yang

yang dibutuhkan. Sebaliknya lampiran permukaan yang muda dirembesi air harus memiliki kemiringan melintang yang cukup besar, sehingga kerusakan konstruksi peerkerasan dapat di hindari. Besarnya kemringan melintang ini berkisar antara 2-4% dapat dilihat pada gambar 2.8 menurut (Silvia 1999).



Sumber Silvia 1997

Gamabar 2.8 Kemiringan Melintang Normal

2.4.4 Lengkungan peralihan

Lingkungan peralihan merupakan suatu lengkung tempat peralihan antara bagian lurus jalan dan bagian lengkung jalan berjari-jari tetap R yang berfungsi untuk mengantisipasi perubahan alinyemen jalan dari bentuk lurus sampai bagaian lengkung jalan jari-jari tetap R , sehingga gaya sentrivugal yang berkerja pada kendraan saat di tikungan berubah dengan berangsur-angsur, baik ketika kendraan menekati tikungan mampu meninggalkan tikungan. Bentuk lengkung *Clothoid* adalah bentuk yang paling banyak di gunakan saat ini dapat dilihat pada gambar 2.10

Adapun panajang lengkungan peralihan L_s yang dipilih untuk perencanaan merupakan panjangang terpanjang dari pemenuhan sayrat menurut (shirley 2000)

a. berdasarkan waktu tempu maksimum di lengkungan peralihan

$$L_s \frac{V_s}{3.6} \times T \quad (2.12)$$

Dimana :

T = waktu tempu pada lengkungan peralihan, ditetapkan 3 detik

V = Kendaraan rencana (Km/jam)

b. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$L_s = 0,022 \frac{V^3 R}{R.C} - 2,727 \frac{V.e}{C} \quad (2.13)$$

Dimana :

e = superelevasi

C = perubahan kecepatan, diambil 1-3 $\frac{det}{det}^3$

R = jari-jari busur lingkaran

c. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_s = \frac{(e_m - e_n)VR}{3,6.re} \quad (2.14)$$

Dimana :

e_m = Superelevasi maksimum

e_n = Superelevasi normal

re = Tingkat pencapaian perubahan kemiringan melintang jalan

2.4.5 Landai Relatif

Landai relatif (1/m) adalah besarnya kelandaian akibat perbedaan elevasi berdasarkan tinjauan perubahan bentuk penampang melintang jalan, belum merupakan gabungan dari perbedaan elevasi akibat kelandaian vertikal jalan.

Menurut Bina Marga :

$$\text{Landai relatif } \frac{1}{2} = \frac{h}{L_s}$$

$$\frac{1}{m} = \frac{(e+en)}{L_s}$$

Dimana :

1/m = Landai relatif

L_s = panjang lengkungan peralihan

B = Lebar jalur

en = Kemiringan melintang normal, m/m

Besar landai relatif maksimum dipengaruhi oleh kecepatan dan tingkah laku pengemudi.

Tabel 2.12 memberikan beberapa nilai kelandaian relatif maksimum.

Pada jalan berjalur banyak maka pencapaian kemiringan tidak dapat menggunakan data diatas.

Tabel 2.12**Kelandaian Realatif Maksimum**

Kecepatan rencana (Km/jam)	Kelandaian Relatif Maksimum Bina marga (luar kota)
20	1/50
30	1/75
40	1/100
50	1/115
60	1/125
80	1/150
100	

Sumber : Dasar-dasar perencanaan geometri jalan, silvia Sukirman 1994

Dari besarnya landai relatif maksimum seperti pada tabel 2.12 dapat ditentukan panjang lengkungan peralihan minimum sesuai Bina Marga yaitu :

$$\text{Lantai relatif : } \frac{1}{m} = \frac{h}{Ls}$$

$$M \geq mm$$

$$\frac{(e+en)B}{LS} \leq \frac{1}{m \max}$$

$$Ls \geq (e + en).B.m \text{ maks}$$

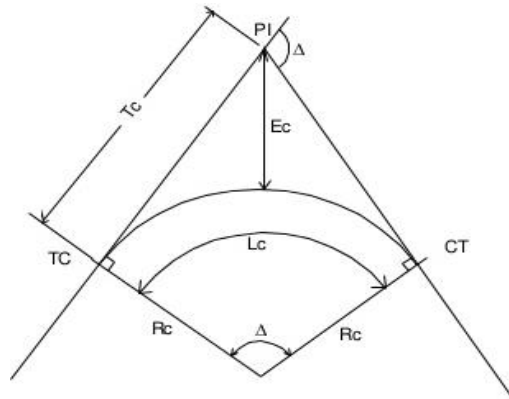
2.4.6 Bentuk Tikungan

Ada tiga bentuk tikungan (Lengkungan Horizontal) menurut *Silvia Sukirman* yaitu :

- Lengkungan busur lingkaran sederhana (*full circle*)
- Lengkungan busur lingkaran dengan lengkungan peralihan (*spiral circle spiral*)
- Lengkungan peralihan (*spiral spiral*)

A. Lengkungan busur lingkaran peralihan (*full circle*)

Hanya dapat dipilih radius lengkung yang besar dan sudut tangen yang kecil dimana superelevasi yang dibutuhkan kurang atau sama dengan 3%, *full circle* lihat Gambar 2.9



Sumber : *Dasara perencanaan Geometri jalan Silvia Sukirman 1997*

Gamar 2.9 bentuk *full circle*

Keterangan :

PI = nomer stasiun

R_c = Jari-jari busur lingkaran

L_c = Panjang lengkung lingkaran

E_c = Jarak dari PI kebusur lingkaran

Q = Titik pusat busur lingkaran

Δ = Sudut tikung

T_c = Panjang tangan (jarak antara T_c dan PI)

TC = Titik awal lingkaran

Rumus yang dipakai pada *CIRCLE* adalah :

$$T_c = R_c \cdot \operatorname{tg} \frac{1}{2} \Delta \quad (2.15)$$

$$E_c = Y_c \cdot \operatorname{tg} \frac{1}{2} \Delta \quad (2.16)$$

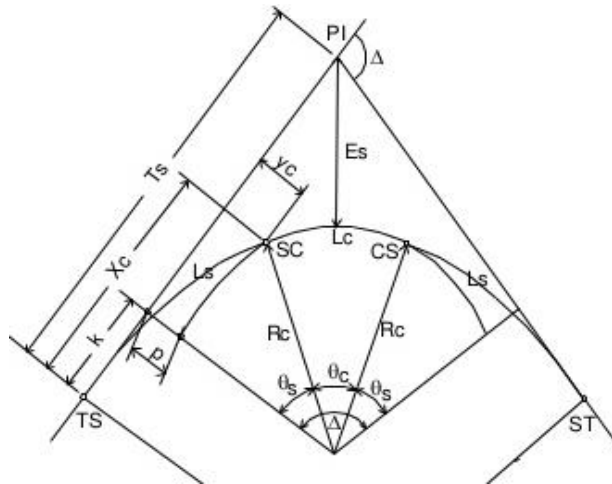
$$L_c = \frac{\theta_c}{180} \cdot \pi \cdot R_c \quad (2.17)$$

$$LC = 0.01745 \cdot \Delta \cdot R$$

B. Bentuk Tikungan *Spiral – Circle – Spiral* (Busur Lingkaran Dengan Busur Peralihan)

Digunakan bila jari-jari lebih kecil dari batas yang telah ditentukan pada tikungan yang berbentuk *circle*. Namun dalam pemilihan lengkung tersebut harus memperhatikan besarnya jari-jari yang dipergunakan agar sesuai dengan kecepatan rencana dan tidak mengakibatkan kemiringan maksimum yang melebihi batas yang telah ditentukan, dengan ketentuan :

- a. Kemiringan maksimum jalan laur kota = 0,10
- b. Kemiringan maksimum jalan dalam kota = 0,08



Sumber : Dasara perencanaan Geometri jalan Silvia Sukirman 1997

Gamabar 2.10 Lengkungan spiral-circele-spiral

Keterangan

PH = Nomor stasiun (*point of intersection*)

R_c = Jari-jari busur lingkaran

L_s = Panajang lengkung spiral

L_c = Panajang lengkung lingkaran

E_s = Jarak dari PH ke lengkung peralihan

T_s = Panjang tangen

k = Jarak dari awal keakhir lengkungan peralihan

p = Jarak dari titik H ke F

X_s = Jarak horizontal dari titik TS ke SC

Y_s = Jarak vertikal dari titik TS ke SC

Rumus :

$$e = (e + f) \cdot f(D) \quad (2.18)$$

$$(e+f) = (e_{max} + f_{max}) \cdot \frac{D}{D_{max}} \quad (2.19)$$

$$F_{max} = -0,00065 \cdot Vd + 0,02 \quad Vd > 60 \text{ Km/jam}$$

$$= -0,00065 \cdot Vd + 0,192 \quad Vd > 60 \text{ Km/jam}$$

$$R_{min} = \frac{VR^2}{127(e_{max} + f_{max})} \quad (2.20)$$

$$D = \frac{1432,39}{Rd} \quad (2.21)$$

$$D_{mak} = \frac{181913,53 \cdot e_{max}}{Vd^2}$$

$$D_p = \frac{181913,53 \cdot e_{max}}{Vj^2} \quad (2.22)$$

$$h = (e_{max} \frac{Vd^2}{Vj^2}) - e_{max} \quad (2.23)$$

$$\text{tg } \alpha_1 = \frac{h}{D_p} \quad (2.24)$$

$$\text{tg } \alpha_2 = \frac{f_{max} - h}{D_{max} - D_p} \quad (2.25)$$

$$M_o = \frac{D_p \cdot (D_{max} - D_p) \cdot (\text{tg } \alpha_2 - \text{tg } \alpha_1)}{2 \cdot D_{max}}$$

$$F(D) = D \geq D_p, \text{ maka } f(D) = M_o \cdot \left(\frac{D}{D_p}\right)^2 + D \cdot \text{tg } \alpha_1 \quad (2.26)$$

$$D \geq D_p, \text{ maka } f(D) = M_o \cdot \left(\frac{D_{max} - D}{D_{max} - D_p}\right)^2 + h + (D - D_p) \text{tg } \alpha^2$$

$$X_P = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40 \cdot Rd^2}\right) \quad (2.27)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 \cdot Rd} \quad (2.28)$$

$$\varnothing_s = \frac{90.L_s}{\pi.Rd} \quad (2.29)$$

$$P = \frac{90.L_s}{\pi.Rd} - Rc.(1 - \cos \varnothing_s) \quad (2.30)$$

$$K = L_s - \frac{L_s^2}{40.Rd^2} - Rd \sin \varnothing_s \quad (2.31)$$

$$\varnothing_c = \Delta - 2 \cdot \varnothing_s \quad (2.32)$$

$$TS = (Rd + P) \cdot \operatorname{tg} \frac{1}{2} \Delta + K \quad (2.33)$$

$$Es = (Rd + P) \cdot \sec \frac{1}{2} \Delta + Rd \quad (2.34)$$

$$L_c = \frac{\varnothing_c}{180} \pi \cdot Rd \quad (2.35)$$

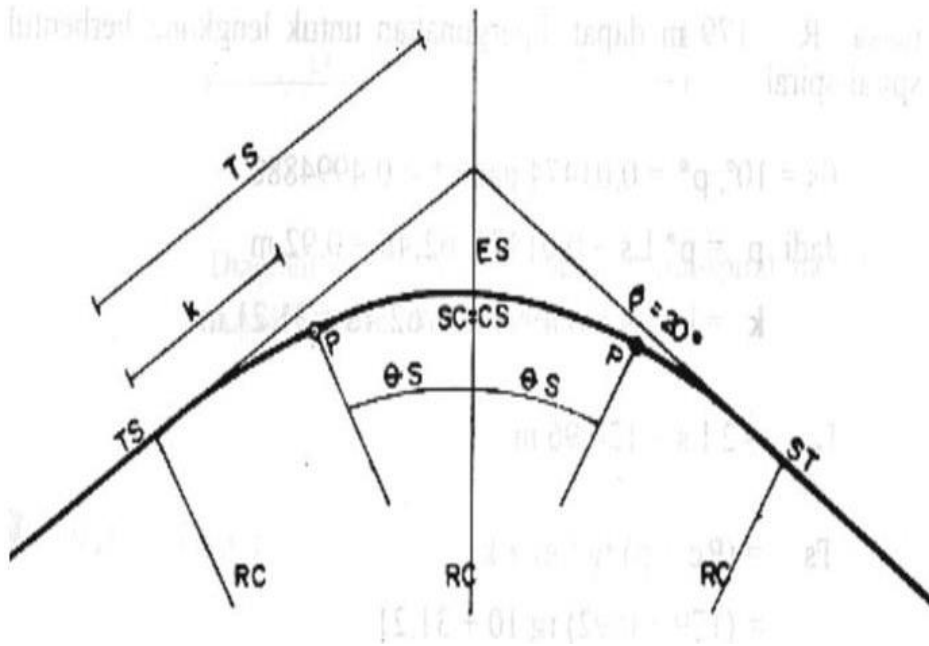
$$L_s = (e + e_n) B \cdot M \quad (Bina Marga) \quad (2.36)$$

$$L = L_c + 2 \cdot L_s \quad (2.37)$$

Persyaratan untuk lengkungan *Spiral-Circle-Spiral*

- Kontrol I : $L_c > 20 \text{ m}$
- Kontrol II : $L < 20 \text{ Ts}$

c. Bentuk tikungan spiral-spiral (lengkungan peralihan



Sumber : Dasar-dasar perencanaan geometrik jalan Silvia Sukirman 1997

Gambar 2.11 Lengkungan spiral-spiral

Keterangan :

- PI = Nomor stasiun (*point of intersection*)
- Rc = Jari-jari busur lingkaran
- Es = Jarak PI ke lengkungan Peralihan
- Ts = Panjang tangen (Jarak antara TS dan PI)
- Ls = Panjang lengkungan peralihan

Pada lengkungan berbentuk *spiral-spiral* prinsipnya adalah sama dengan lengkungan *spiral circle spiral*, hanya disini panjang busur lingkaran $L_c = 0$, sehingga $\Delta_c = 0$.

Jadi :

$\beta = 2\phi_s + \phi_c = 2 \phi_s$, maka di dapat bahwa :

$$\phi = \frac{1}{2} \beta$$

Besaran-besaran yang digunakan dalam bentuk *spiral-spiral* adalah :

$$\begin{aligned} - X_s &= L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40.R_c^2} \right) \\ (2.38) \end{aligned}$$

$$- Y_s = \frac{L_s^2}{6.R_s} \quad (2.39)$$

$$- \phi_s = \frac{L_s}{2.R_c} \text{ radial} \quad (2.40)$$

$$- \phi_s = \frac{90.L_s}{\pi.R_c} \text{ derajat} \quad (2.41)$$

$$\begin{aligned} - \phi_s &= \frac{1}{2} \beta \\ (2.42) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - P &= \frac{L_s^2}{6.R_c} - R_c. (1 - \cos \phi_s) \\ (2.43) \end{aligned}$$

$$- k = L_s \frac{L_s^3}{40.R_c^2} - R_c. \sin \phi_s \quad (2.44)$$

$$- E_s = (R_c + p) \sec \frac{1}{2} \beta - R_c \quad (2.45)$$

$$\begin{aligned} - T_s &= (R_c + p) \sec \frac{1}{2} \beta + k \\ (2.46) \end{aligned}$$

$$- L_s = X_s - \frac{Y_s}{\sin \phi_s} \quad (2.47)$$

$$- L_s = (e + e_n). B. m \quad (2.48)$$

$$- L = 2 . L_s \quad (2.49)$$

Panjang lengkungan peralihan “Ls” merupakan syarat dari perencanaan kelandaian

Relatif maksimum yang diperkenankan pada Tabel 2.13 seperti dibawah.

Tabel 2.13 :

Panjang “Ls” untuk variasi kecepatan

D Derajat	R (Meter)	V = 50 Km/j		V = 60 Km/j		V = 70 Km/j		V = 80 Km/j		V = 90 Km/j		V = 100 Km/j		V = 110 Km/j	
		•	LS	•	LS	•	LS	•	LS	•	LS	•	LS	•	LS
0.15°	5730	LN	0	LN	0	LN	0	LN	0	LN	0	LP	60	LP	60
0.30°	2864	LN	0	LN	0	LP	40	LP	50	LP	5	LP	60	LP	60
0.45°	1910	LN	0	LP	40	LP	40	0,018	50	0,020	50	0,023	60	0,025	60
1.00°	1432	LN	0	LP	40	0,02	40	0,022	50	0,026	50	0,030	60	0,033	60
1.15°	1150	LP	30	LP	40	0,022	40	0,028	50	0,033	50	0,038	60	0,042	60
1.30°	956	LP	30	0,021	40	0,028	40	0,034	50	0,039	50	0,045	60	0,05	70
1.45°	840	LP	30	0,025	40	0,032	40	0,039	50	0,045	50	0,052	60	0,058	70
2.00°	717	0,020	30	0,028	40	0,038	40	0,045	50	0,051	60	0,060	70	0,066	80
2.30°	574	0,023	30	0,034	40	0,045	40	0,055	60	0,065	70	0,074	80	0,083	90
3.00°	478	0,029	30	0,040	40	0,054	50	0,062	60	0,076	80	0,087	90	0,096	100
3.30°	410	0,034	30	0,047	40	0,062	50	0,074	70	0,087	90	0,096	100	0,100	110
4.00°	358	0,037	30	0,052	40	0,068	60	0,080	70	0,092	90	0,099	100	D.max = 3.34	
4.30°	319	0,042	30	0,057	50	0,074	60	0,087	70	0,097	90	0,100	100		
5.00°	287	0,045	30	0,062	50	0,079	70	0,091	80	0,100	90	D.max = 4.15			
6.00°	239	0,053	40	0,071	50	0,088	70	0,098	80	D.max = 5.26					
7.00°	205	0,060	40	0,079	60	0,094	70	0,100	80						
8.00°	180	0,067	40	0,086	60	0,097	80	D.max = 6.83							
9.00°	160	0,072	50	0,091	60	0,099	80								
10.00°	143	0,077	50	0,095	70	0,100	80								
11.00°	130	0,082	50	0,097	70	D.max = 9.13									
12.00°	120	0,086	60	0,099	70										
13.00°	110	0,090	60	0,100	70										
14.00°	103	0,093	60	D.max = 12.79											
15.00°	96	0,095	60												
16.00°	90	0,097	60												
17.00°	84	0,099	60												

Keterangan :
LN = Lintang jalan Normal
LP =

Sumber : Bina marga 1999

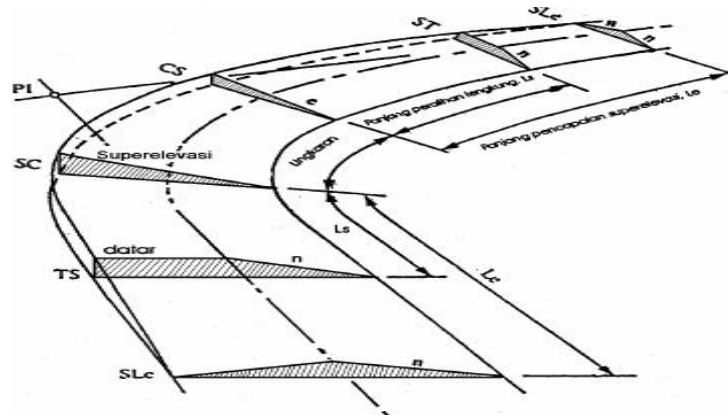
Tabel 2.14 :
besaran P dan K

$0s$	p^*	k^*	$0s$	p^*	k^*
0,5	0,0007315	0,4999987	20,5	0,0309385	0,4977965
1,0	0,0014631	0,4999949	21,0	0,0317409	0,4976842
1,5	0,0021948	0,4999886	21,5	0,0325466	0,4975688
2,0	0,0029268	0,4999797	22,0	0,0333559	0,4974504
2,5	0,0036591	0,4999682	22,5	0,0341687	0,4973288
3,0	0,0043919	0,4999542	23,0	0,0349852	0,4972042
3,5	0,0051251	0,4999377	23,5	0,0358055	0,4970764
4,0	0,0058589	0,4999186	24,0	0,0366296	0,4969454
4,5	0,0065934	0,4998970	24,5	0,0374576	0,4968112
5,0	0,0073286	0,4998727	25,0	0,0382895	0,4966738

(Sumber : Dasar-dasar perencanaan geometrik jalan Silvia Sukirman 1999)

2.4.7 Pencapaian Superelevasi

Diagram superelevasi menggambarkan pencapaian dari lereng normal ke superelevasi penuh, sehingga dengan menggunakan diagram superelevasi dapat ditentukan bentuk penampang melintang pada setiap titik di suatu lengkung horizontal yang direncanakan



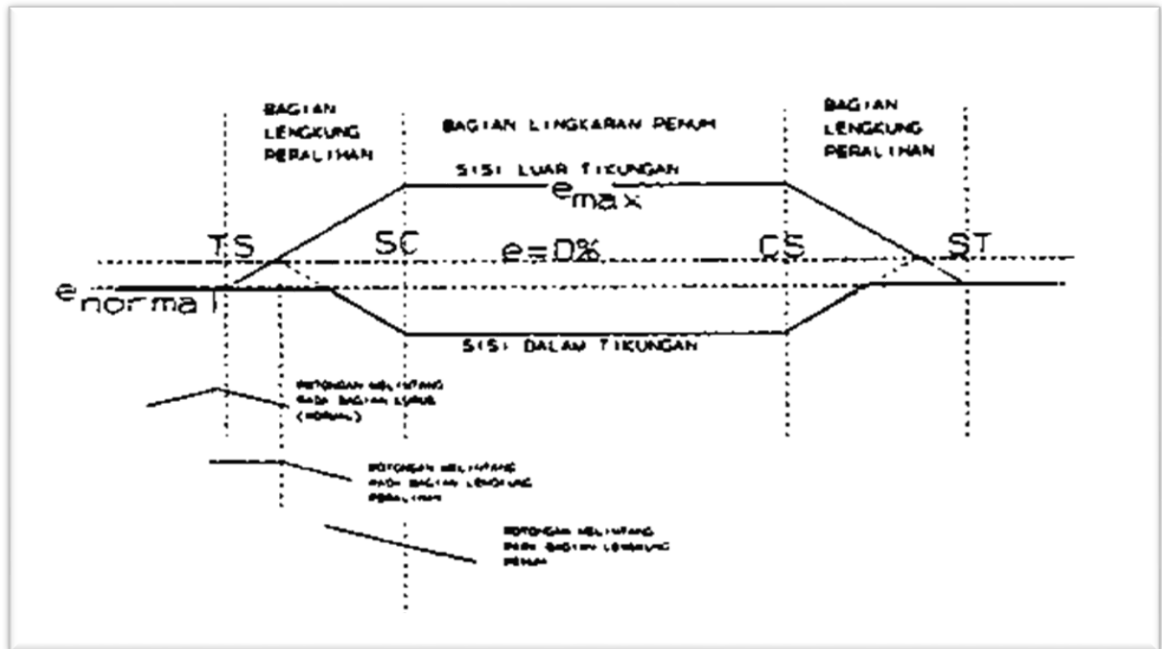
Sumber : Dasar-dasar perencanaan geometrik jalan Silvia Sukirman 1999

Gamabar 2.12 Perubahan Kemiringan Melintang Pada Tikungan

Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus samapai kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.

Pada tikungan SCS superlevasi dilakukan secara linear

TIKUNGAN S-C-S



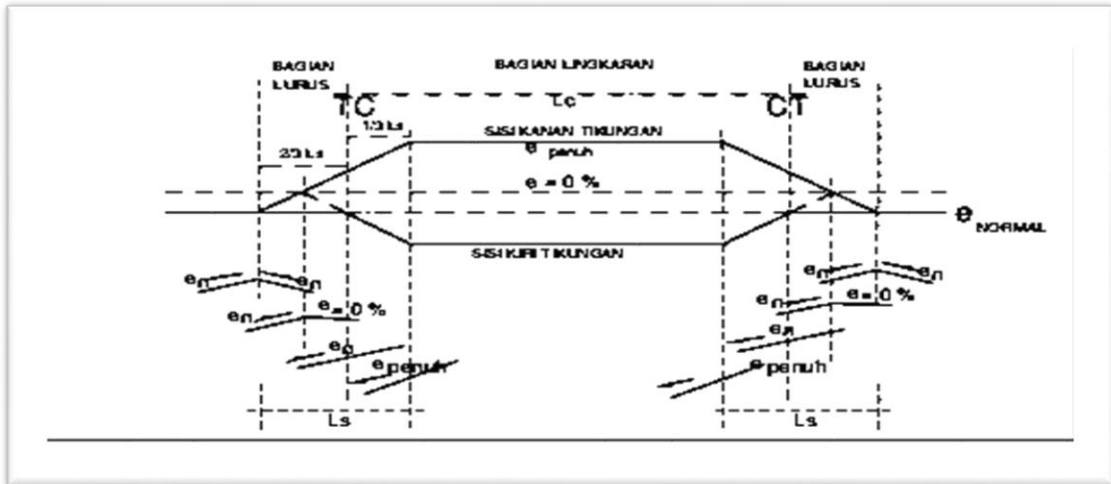
Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota NO.038/TBM/1007

Gamabar 2.13 Metode Pencapaian Superelevasi pada Tikungan tipe SCS

Pada tikungan FC, pencapaian superlevasi dilakukan secara linear

Ada 3 cara mendapatkan superelevasi

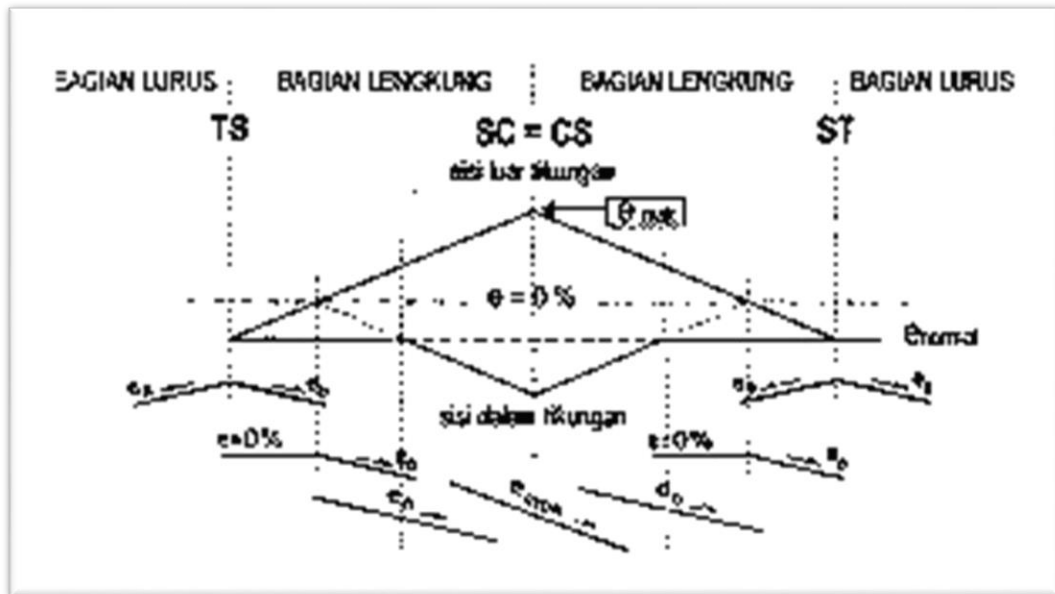
- Memutar perkerasan jalan terhadap profil sumbu
- Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan dan sebelah jalan
- Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah luar



Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota NO.038/TBM/1007

Gamabar 2.14 Metode Pencapaian Superelevasi Pada Tikungan Tipe FC

(Tikungan ke kiri)



Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota NO.038/TBM/1007

Gamabar 2.15 Metode Pencapaian Superelevasi Pada tikungan tipe SS

(Tikungan ke Kanan)

Superlevasi tidak diperlukan jika radius (R) cukup besar, untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LP), atau bahkan tetap lereng normal (LN)

2.4.8 Perlebaran Perkerasan di Tikungan

Pada saat kendaraan melewati tikungan seringkali tidak dapat mempertahankan posisi kendaraan karena tingkat kelembaman pada kendaraan itu sendiri, maka perlu dipertimbangkan sehingga harus dilakukan pelebaran pada tikungan agar dapat mengatasi masalah kelembaman tersebut, hal-hal yang harus dipertimbangkan adalah :

a. Kerusakan dalam mengemudi di tikungan (Z)

untuk menempatkan kendaraan tetap pada posisi dan jalurnya, terutama pada kecepatan tinggi dan tikungan tajam .

b. *Off tracking* (U)

pada saat kendaraan melakukan gerakan membelok roda belakang kendaraan tidak mengikuti lintasan dari roda depan atau lintasan roda depan ikut bergeser ke arah dalam tikungan dari lintasan roda belakang,

menurut (Ir.Hartom,MSc Tahun 2005) pelebaran perkerasan pada tikungan, menggunakan rumus :

$$Z = 0.1 (v \sqrt{R}) \quad (2.50)$$

$$Fa = \sqrt{R^2 + A(2L + A) - R} \quad (2.51)$$

$$U = u + R - \sqrt{R^2 + L^2} \quad (2.52)$$

$$Wc = N (u + C) + (N -1) Fa + Z \quad (2.53)$$

$$W = Wc - Wn \quad (2.54)$$

Dimana :

Z = Lebar untuk mengantisipasi kesulitan dalam mengemudi

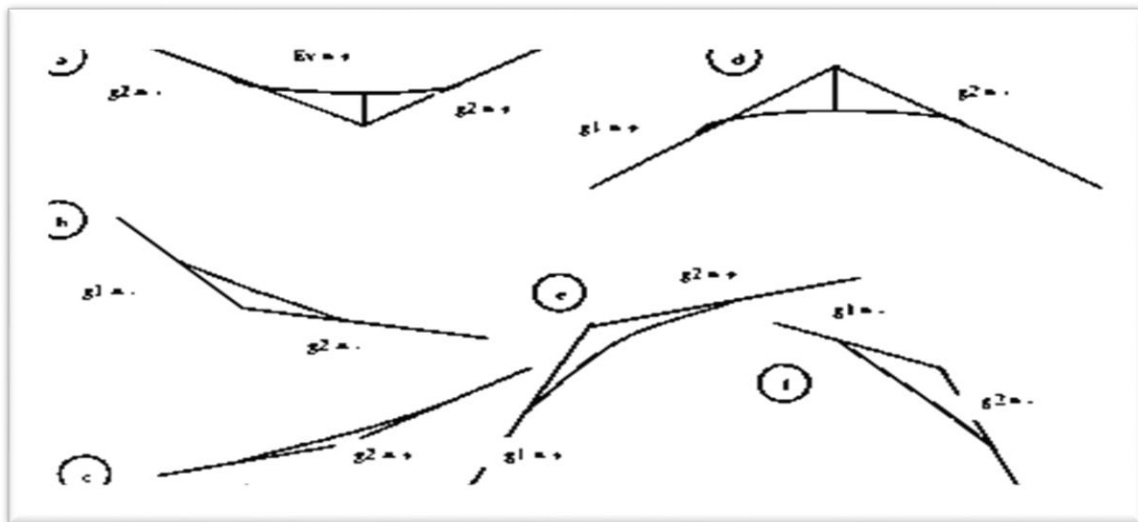
Fa = Tonjolan depan (m)

U	= Lebar lintasan kendaraan pada tikungan
u	= Lebar kendaraan
C	= Kebebasan samping kendaraan
R	= Jari-jari tikungan (m)
A	= Tonjolan depan
N	= Jumlah laju lalu lintas
Wn	= Kebebasan antara masing-masing jalaur

2.5 Alinyemen vertikal

Adalah potongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan 2 lajur 2 arah atau melalui tepi dalam masing-masing perkerasan untuk jalan mediam. Fungsi lengkung vertikal pada sebuah ruas jalan adalah untuk menghubungkan bagian alinyemen yang datar dengan yang menaik atau menurun. Guna mendapatkan suatu datar dengan alinyemen yang menaik atau menurun. Guna untuk mendapat suatu perubahan gaya gerak vertikal kendaraan yang aman, lembut dan aman menurut (Ir Hartonom, Msc 2005). Alinyemen vertikal terdistribusi bagian landai vertikal dan bagian lengkung vertikal.

Ditinjau dari titik awal perencanaan, bagian landai vertikal dapat berupa landai positif (tanjakan) atau landai positif (turunan) atau landai nol (datar) dapat dilihat pada gambar 2.16



Sumber : Bina Marga 1997

Gambar 2.16 Tipe lengkungan

Lengkunagn vertikal tipe a,b,c dinamakan lengkung vertikal cekung.

Lengkungan vertikal tipe d,e,f dinamakan lengkung vertikal cembung.

2.5.1 Kelandaian

Untuk menghitung dan merencanakan lengkungan vertikal, kelandaian yang harus diperhatikan yaitu :

- karakteristik kendraan pada kelandaian kendraan akan berjalan 7 – 8 % tanpa adanya perbedaan dibandingkan bagian datar menurun (Shirley 2000).
- Kelandaian maksimum adalah kentuntuan untuk berbagai kecepatan rencana agar kendraan dapat bergerak tanpa kehilangan kecepatan yang berarti lihat Tabel 2.15

Tabel 2.15

Kelandaian Maksimum

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

Sumber : tatacara perencanaan geometrik jalan antara kota NO.038/T/BM/ 1997 Dir jen Bina Marga)

- c. Kelandaian Minimum. Pada jalan yang menggunakan kreb pada tepi perkerasanya, perlu dibuatkan kelandaian 0,5% untuk kemiringan saluran samping, kerana kemringan melintang jalan dengan kreb hanya cukup untuk mengalirkan air kesamping lihat Tabel 2.17.
- d. Panjang kritis suatu kelandaian. Digunakan sebagai batas panjang kelandaian maksimum agar pengurangan kecepatan kendraan tidak lebih dari separuh V_R lama perjalanan pada panjang kritis tidak lebih dari satu menit lihat Tabel 2.16.

Tabel 2.16 Panjang Kritis

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

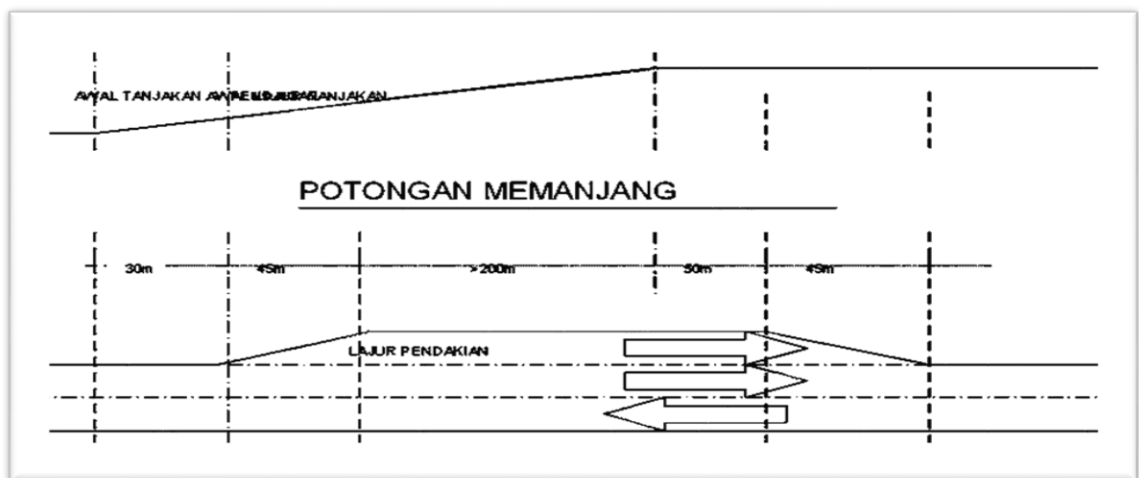
Sumber : tatacara perencanaan geometri antara kota No. 038 / BM / 1997 Dir jen Bina Marga

Tabel 2.17 Perpanjang Minimum Lengkung Vertikal

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

Sumber : tatacara perencanaan geometri antara kota No. 038 / BM / 1997 Dir jen Bina Marga

- e. Lajur pendakian pada jalaur jalan dengan rencana volume lalulintas ayang tinggi, terutama pada tipe 2/2 TB (Gamabar 2.17) maka kendraan berat akan berjalan pada jalaur pendakian dengan kecepatan dibawa VR, sedangkan kendraan lain, masih dapat bergerak dengan VR. Sebaliaiknya dipertimbangkan untuk dibuat lajur tambahan pada bagian kiri dengan ketentuan untuk jalan baru menurut MKJI didasarkan pada BSH (Biaya Siklus Hidup)



Sumber : Dasar-dasar perencanaan geometrik jalan Silvia Sukirman 1997

Gambar 2.17 Potongan Memanjang

Gambar yang menerangkan profil Memanjang.

Gambar yang menarangkan dari Denah dari profil memanjang

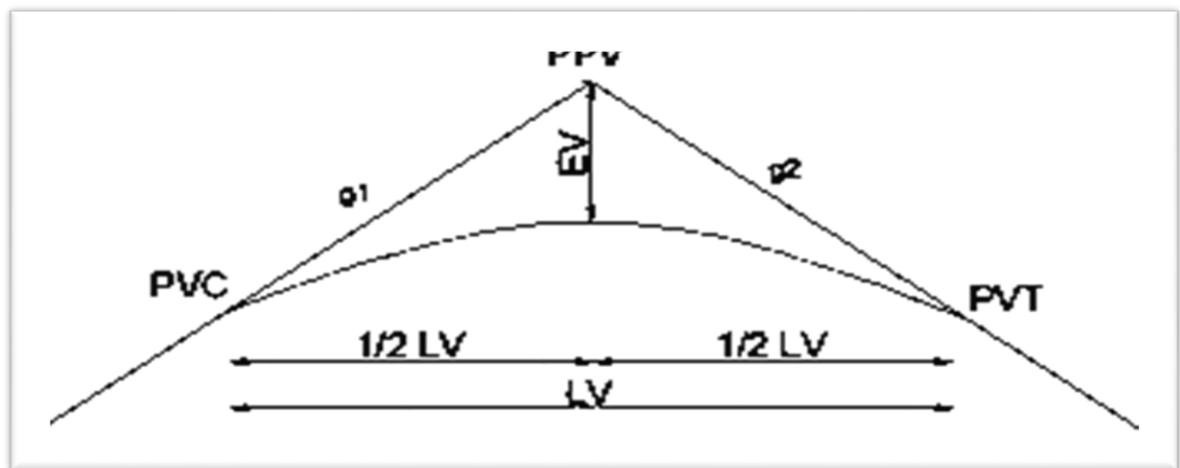
2.5.2 Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal direncanakan untuk merubah dari dua macam kelandaan arah memanjang jalan secara bertahap pada setiap lokasi yang diperlukan, agar mengurangi goncangan dan menyediakan jarak pandang henti yang cukup (*menurut Shirley 2000*) lengkung vertikal dibagi 2 jenis, yaitu :

- a. Lengkung vertikal cembung
- b. Lengkung vertikal cekung

2.5.3 Lengkung Vertikal Cembung

Lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada diatas permukaan jalan yang bersangkutan. Bentuk Alinyemen Vertikal cembung dapat dilihat pada gambar 2.17 sebagai berikut



Sumber : Dasar-dasar perencanaan geometrik jalan hal 164 Silvia Sukirman 1997

Gamabar 2.18 Bentuk Alinyemen Vertikal cembung

Perhitungan :

- Menentukan perbedaan aljabar landai, yaitu :

$$A = [g_1 - g_2] \quad (2.55)$$

- Menentukan panjang L_v , berdasarkan :

a. Jarak pandang :

$$S < L_v \rightarrow L_v = \frac{A.S^2}{100 \left(\sqrt{2.h_1} + \sqrt{2.h_2} \right)^2} \quad (2.56)$$

$$S > L_v \rightarrow L_v = 2.S - \frac{200.(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{A} \quad (2.57)$$

Dimana :

S = Jarak pandang

A = Perbedaan aljabar landai

h_1 = tinggi mata pengemudi

h_2 = tinggi halangan

b. Keluwesan Bentuk

$$L_v = 0,6 \text{ (m)} \quad (2.58)$$

Dengan :

V = Kecepatan rencana (Km / jam)

c. Waktu perjalanan 3 detik

$$L_v = 3 \times v \times 1000/3600 \text{ (m)} \quad (2.59)$$

Dengan :

V = Kecepatan rencana (Km / jam)

d. Penyerapan guncangan

$$L_v = V^2 \frac{A}{360} \quad (2.60)$$

Dimana :

V = Kecepatan rencana (Km / jam)

A = Perbedaan aljabar kelandaian

e. Syarat drainase

$$L_v = 50 \cdot A \text{ (m)} \quad (2.61)$$

Dimana :

A = Perbedaan aljabar Kelandaian

f. Syarat kenyamanan

$$L_v = \frac{A \cdot V^2}{380} \quad (2.62)$$

Dimana :

V : Kecepatan rencana (Km / jam)

A : Perbedaan aljabar Kelandaian

Dari hasil perhitungan harga panjang lengkung vertikal dipilih panjang lengkung vertikal terpanjang, kemudian ditentukan nilai elevasi tiap stasiun dengan permumusan :

$y = \frac{A \cdot x^2}{200 \cdot L_v}$, dengan y dihitung dari garis tegangnya

untuk $x = \frac{1}{2} \cdot L_v$ dan $y = E_v$ diperoleh :

$$E_v = \frac{A \cdot L_v}{800} \quad (2.63)$$

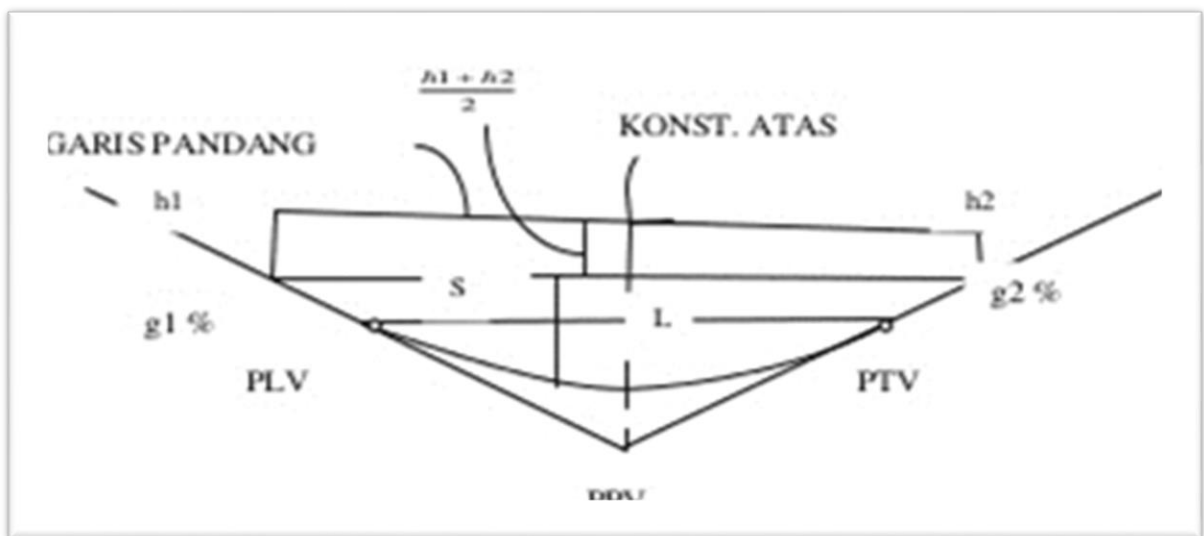
$$\text{Elevasi PLV} = \text{Elevasi PPV} - g_1 \% \cdot \frac{1}{2} \cdot L_v \quad (2.64)$$

$$\text{Elevasi PLV} = \text{Elevasi PPV} - g_2 \% \cdot \frac{1}{2} \cdot L_v \quad (2.65)$$

$$\text{Elevasi PLV} = \text{Elevasi PPV} - E_v \quad (2.66)$$

2.5.4 Lengkungan vertikal cekung

Suatu lengkungan dimana titik potongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan. Bentuk alinyemen vertikal cekung dapat dilihat pada gambar 2.19 sebagai berikut :



Sumber : Dasar-dasar perencanaan geometri jalan Silvia Sukirman 1997

Gambar 2.19 Bentuk Alinyemen Vertikal cekung

Perhitungan :

- Menghitung Aljabar landai :

$$A = [g_1 - g_2] \quad (2.67)$$

- Menentukan panjang L_v , (*menurut Shirley 2000*) berdasarkan :

a. Jarak pandang :

$$S < L_v \rightarrow L_v = \frac{AS^2}{120+3.5.S} \text{ (m)} \quad (2.68)$$

$$S < L_v \rightarrow 2.S = \frac{120+3.5.S}{A} \text{ (m)} \quad (2.69)$$

Dimana :

S = Jarak Pandang

A = Perbedaan aljabar depan

b. Jarak penyiaran lampu depan

$$L_v = \frac{A.S^2}{120+3.5.S} \quad (\text{jika } S < L_v) \quad (2.70)$$

$$L_v = 2.S - \frac{120+3.5.S}{A} \quad (\text{jika } S < L_v) \quad (2.71)$$

Dimana :

S = Jarak pandang

A = perbedaan aljabar lantai

c. Waktu perjalanan 3 detik

$$L_v = 3 \times V \times 1000 / 3600 \text{ (m)} \quad (2.77)$$

Dengan :

V = Kecepatan rencana (Km / jam)

d. Penyerapan guncangan

$$L_v = V^2 \frac{A}{360} \quad (2.78)$$

Dimana :

V = Kecepatan Rencana (Km / jam)

A = Perbedaan aljabar kelandaian

e. Keluwesan Bentuk

$$L_v = 0,6 v \text{ (m)} \quad (2.79)$$

Dimana :

V = Kecepatan rencana (Km / jam)

f. Syarat drainase

$$L_v = 50 \cdot A \quad \text{(m)} \quad (2.80)$$

Dimana :

A = Perbedaan aljabar kelandaian

g. Syarat Kenyamanan

$$L_v = \frac{A \cdot V^2}{380} \quad (2.81)$$

Dimana :

V = Kecepatan (Km / jam)

A = Perbedaan aljabar kelandaian

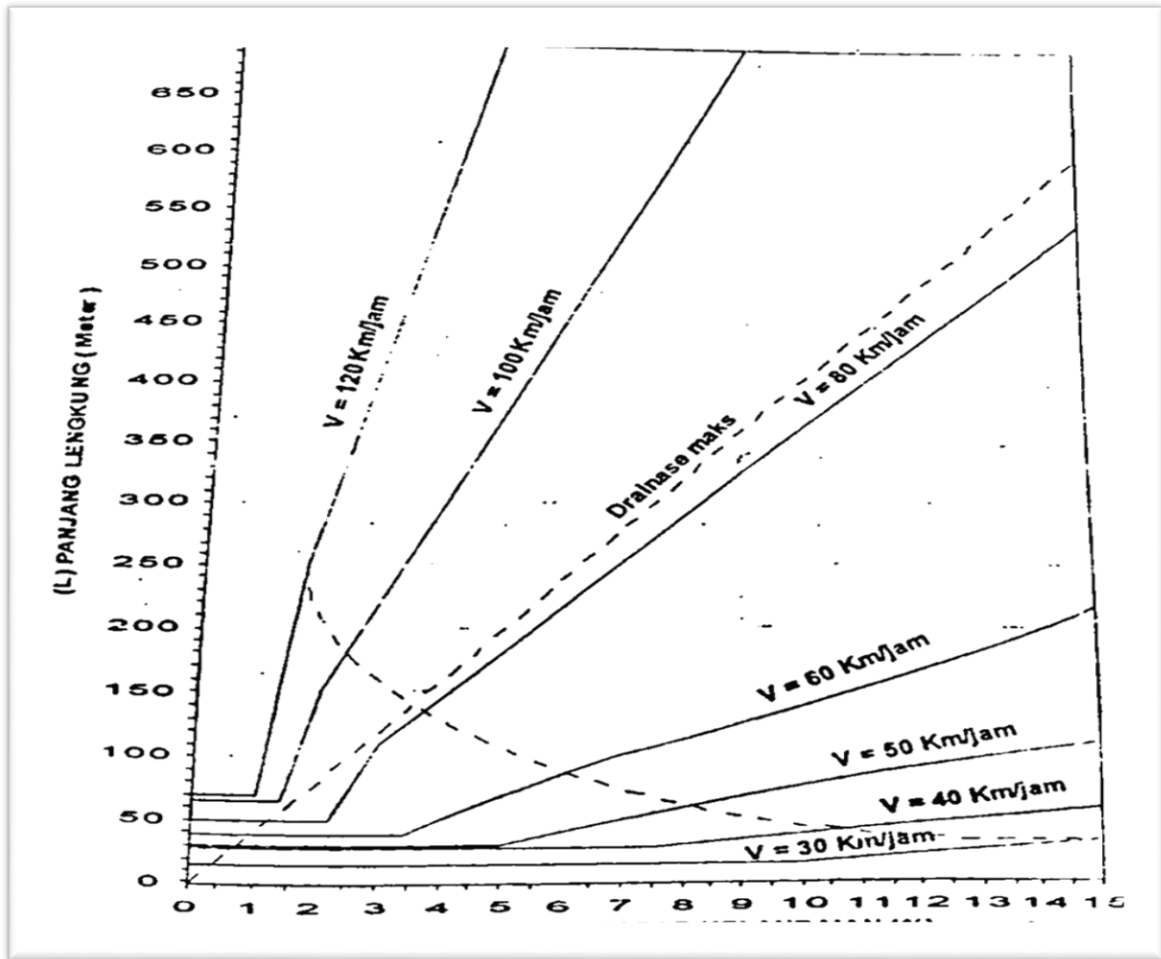
Dari hasil-hasil perhitungan harga panajang lengkung vertikal dipilih panjang lengkung vertikal terpanjang, kemudian ditentukan nilai elevasi setiap stasiun dengan perumusan : $y = \frac{A \cdot x^2}{200 \cdot L_v}$, dengan y dihitung dari gari tengennya.

$$\text{Untuk } x = \frac{1}{2} \cdot L_v \text{ dan } y = E_v, \text{ diperoleh :} \quad E_v = \frac{A \cdot L_v}{800} \quad (2.82)$$

$$\text{Elevasi PLV} = \text{Elevasi PPV} - g_1 \% \cdot \frac{1}{2} \cdot L_v \quad (2.83)$$

$$\text{Elevasi PLV} = \text{Elevasi PPV} - g_2 \% \cdot \frac{1}{2} \cdot L_v \quad (2.84)$$

$$\text{Elevasi PLV} = \text{Elevasi PPV} - E_v \quad (2.85)$$

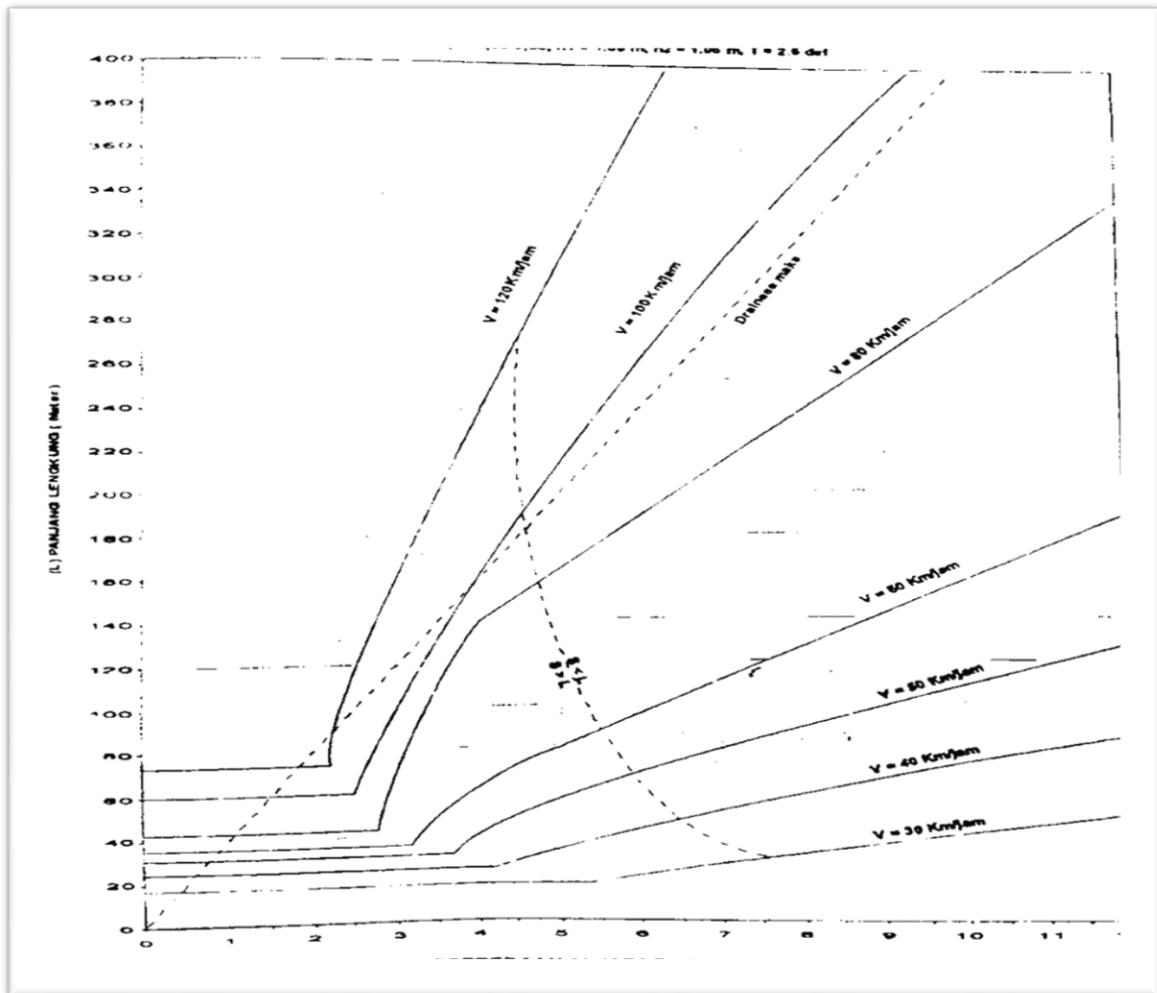


Untuk kontrol I pada a pada perencanaan $f_p = 0,35 - 0,55$, $h_1 = 1.05$ m, $T = 2.5$ det

Sumber : Dasar-dasar perencanaan geometri jalan Silvia Sukirman 1997

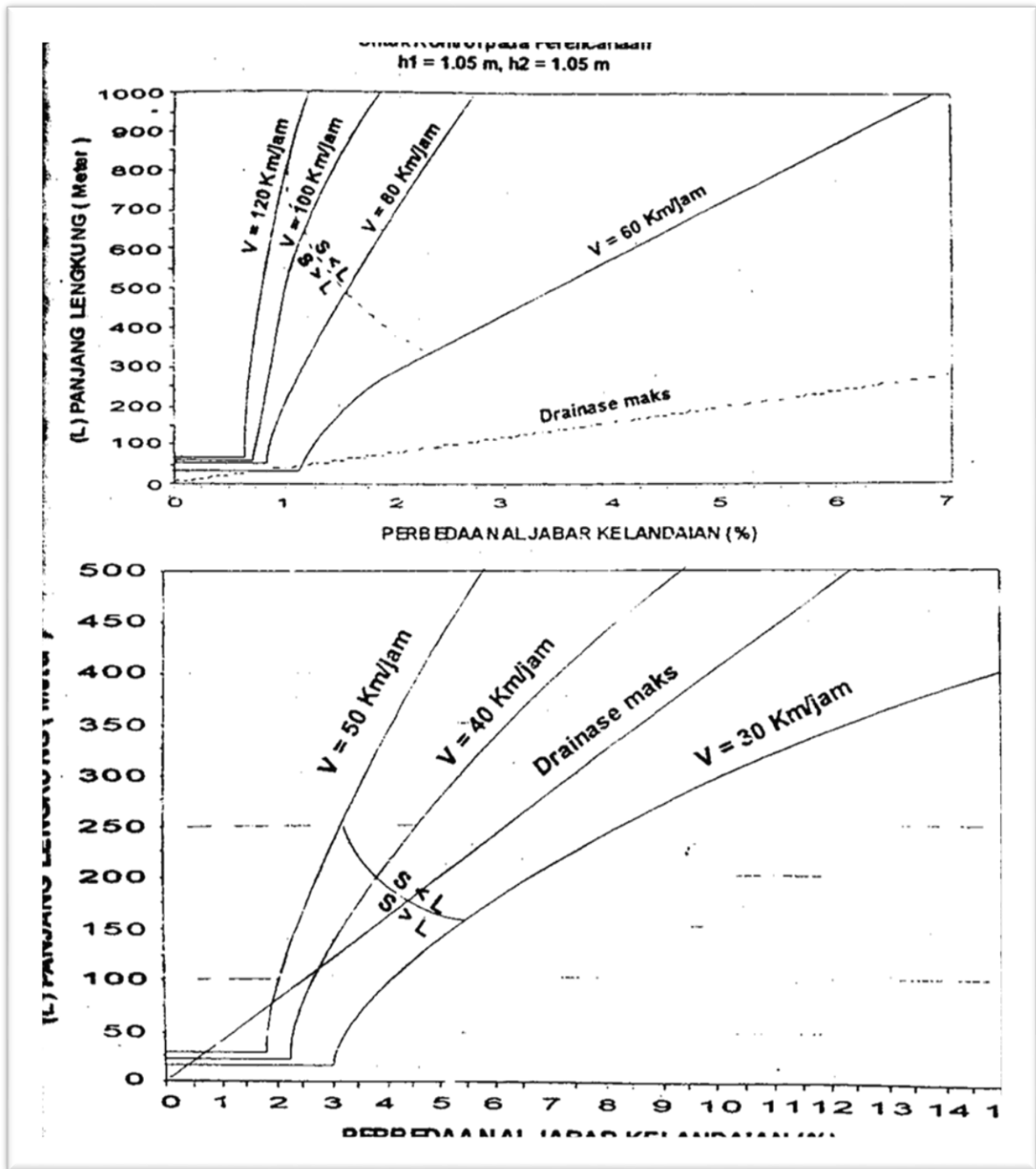
Gambar 2.20 Perubahan dari Dua Macam Kelandaian Arah Memanjang Jalan Pada Setiap Lokasi Yang Diperlukan

Gambar 2.20 grafik diatas meneunjukkan perubahan daridua macam kelandaian arah memanjang jalan pada setiap lokasi yang diperlukan. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi goncangan akibat perubahan kelandaian dan menyediakan jarak pandang mati (jh) yang cukup, untuk keamanan dan kenyamanan. Grafik 2.20 direncanakan untuk merubah secara bertahap perubahan dari dua macam kelandaian arah memanjang jalan pada setiap lokasi yang di perlukan dapat ditunjukkan seperti pada gambar 2.20 brikut.



Sumber : Dasar-dasar perencanaan geometri jalan Silvia Sukirman 1997

Gambar 2.21 Perbedaan Aaljabar Kelandaian



Sumber : Dasar-dasar perencanaan geometri jalan Silvia Sukirman 1997

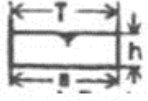
Gambar 2.21 : Grafuk Panjang Lengkuq Vertikal Cembung berdasarkan jarak pandang mendahului (J_d)

2.6 Desain Saluran Drainase

Desain saluran drainase dilakukan dengan melihat saluran kapasitas tampung maksimum saluran drainase ketika melihat debit puncak, jika terdapat debit air yang twrtampung baik dalam jumlah yang sedikit maupun besar, maka diperlukan perancangan perbaikan saluran drainase tersebut, perancangan dan perbaikan dapat dilakukan dengan menggunakan perhitungan penampang hidrolis terbaik berdasarkan saluran drainasenya,

Perhitungan saluran drainase dapat dilakukan dengan cara perhitungan unsur-unsur geometris saluran drainase, rumusnya dapat dilihat pada pada table berikut ;

Tabel 2.18 Unsur-Unsur Geometris penampang saluran

Penampang Melintang	Area (A)	Keliling Penampang Basah (P)	Radius (R)	Lebar Atas (T)	Kedalaman (D)
 Persegi Panjang	bh	$b+2h$	$\frac{bh}{b+2h}$	b	h
 Trapesium	$(b+zh)h$	$b+2h\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zh)h}{b+2h\sqrt{1+z^2}}$	$b+2y$	$\frac{(b+zh)h}{b+2z}$
 Segitiga	zh^2	$2h\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zh}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zh$	$\frac{1}{2h}$

Sumber Ven Te Chow 1959

2.6.1 Debit Saluran Drainase

dengan menggunakan Rumus sebgai berikut :

$$Q_s = V \cdot A_w \quad (2.86)$$

Dimana :

Q_s : Debit saluran ($m^3/detik$)

V : Kecepatan aliran saluran ($m / detik$)

A_w : Luas penampang basah

Untuk mendapatkan kecepatan aliran dalam saluran drainase dapat digunakan rumus

$$V = \frac{i}{n} (R)^{2/3} S^{1/2} \quad (2.87)$$

Dimana :

V : Kecepatan aliran (m/s)

n : Koefisien kekerasan dinding (nilai dimensional $TL^{-1/3}$)

I : Kemiringan saluran samping (%)

S : Kemiringan melintang normal perkerasan jalan (%)

$$R : \frac{Aw}{p} \quad (2.88)$$

Dimana :

AW : Luas penampang sluran basah (m^2)

P : Keliling penampang basah (m)

2.6.2 Debit rencana

Untuk mengetahui kapasitas tampung saluran drainase, diperlukan pembandingan antara debit saluran drainase dengan debit rencana saluran drainase tersebut dalam berbagai periode ulang. Prosedur perhitungan drainase adalah sebagai berikut :

1. Mendesain luas daerah pengaliran (A) serta menentukan koefisien aliran daerah tersebut (c)
2. mendesain waktu konsentrasi (tc), dengan rumus sebagai berikut

$$tc = to + td \quad (2.89)$$

Dimana :

tc : Waktu konsentrasi (jam)

to : Intlet time, waktu yang diperlukan air hujan mengalir dipermukaan tanah dari titik terjauh kesaluran terdekat (jam).

Dimana :

$$T_o = 0,0195 \left(\frac{L_o}{\sqrt{S_o}} \right)^{0,77} \quad (2.70)$$

Dimana :

T_o : inlet time ke saluran drainase terdekat (menit)

L_o : Jarak aliran terjauh di atas tanah hingga saluran terdekat (menit)

S_o : Kemiringan permukaan tanah yang dilalui aliran diatasnya

0,0195 : Bilangan konstanta yang mempunyai nilai TL

Dimana :

t_d : Conduit time sampai ke tempat pengukuran (jam)

L_1 : Jarak yang di tempat aliran di dalam saluran ketempat Pengukuran (m)

V : Kecepatan aliran di dalam saluran (m/det)

Dalam desain saluran darai nase jalan raya, diperlukan data durasi curah hujan maksimum, sebagai pembanding dengan waktu konsentrasi yang terjadi pada saluran drainase. Selaian itu data curah hujan maksimum di perlukan juga untuk data untuk mengetahui genangan yang terjadi di suatu wilayah, durasi data maksimum dapat diketahui dengan persamaan berikut :

$$t_o = \frac{R^{1,92}}{1,1R} \quad (2.71)$$

Dimana :

T_o : Durasi curah Hujan

R : Tinggi curah hujan harian maksimum

2.6.3 Intensitas Curah Hujan

mendesain intensitas curah hujan selama waktu konsentrasi dengan menggunakan kurva IDF yang telah didapatkan pada tahap sebelumnya.

2.6.4 Debit Banjir Rencana

mendesain debit banjir rencana dengan menggunakan metode rasional, dengan nilai-nilai luas daerah aliran (A), koefisien daerah aliran (C), waktu konsentrasi (t_c), serta intensitas curah hujan dalam suatu periode ulang (I) yang diperoleh dari perhitungan sebelumnya.