

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Jalan dan Klasifikasi Jalan

2.1.1 Pengertian Jalan

Bahwa jalan sebagai bagian sistem transportasi nasional mempunyai peranan penting terutama dalam mendukung bidang ekonomi, sosial dan budaya serta lingkungan dan dikembangkan melalui pendekatan pengembangan wilayah agar tercapai keseimbangan dan pemerataan pembangunan antar daerah, membentuk dan memperkuat kesatuan nasional untuk memantapkan pertahanan dan keamanan nasional, serta membentuk struktur ruang dalam rangka mewujudkan sasaran pembangunan nasional.

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel.

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yang memberikan kenyamanan yang optimal pada arus lalu lintas sesuai dengan kecepatan yang direncanakan.

2.1.2 Klasifikasi Jalan

Menurut Pedoman Desain Geometrik Jalan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat tahun 2020.

A. Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi Jalan

- 1) Jalan arteri yaitu jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.

Tabel 2.1 Klasifikasi Jalan menurut kelas, fungsi, dimensi kendaraan dan muatan sumbu terberat

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Dimensi Kendaraan, m			Muatan Sumbu Terberat ton
		Lebar	Panjang	Tinggi	
Kelas I	Arteri, Kolektor	$\leq 2,55$	$\leq 18,0$	$\leq 4,2$	10
Kelas II	Arteri, Kolektor, Lokal dan Lingkungan	$\leq 2,55$	$\leq 12,0$	$\leq 4,2$	8
Kelas III		$\leq 2,2$	$\leq 9,0$	$\leq 3,5$	8 ^{*)}
Kelas Khusus	Arteri	$> 2,55$	$> 18,0$	$\leq 4,2$	> 10

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan Kementerian PUPR, 2020)

- 2) Jalan kolektor yaitu jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- 3) Jalan lokal dan lingkungan yaitu jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri- ciri perjalan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

B. Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi jalan menurut kelasnya, terbagi menjadi dua, yaitu klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam MST dan klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam perhitungan LHR antara lain :

1) Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam MST

Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam MST (Muatan Sumbu Terberat), merupakan penentuan kelas jalan bersarkan kemampuan suatu jalan dalam menerima beban lalu lintas yang ada pada jalan tersebut. MST ini dinyatakan dalam satuan ton.

Tabel 2.2 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan dalam MST

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat MST (Ton)
Arteri	Khusus	>10
	I	10
	II	8
Kolektor	I	8
	II	8
	III	8
Lokal & Lingkungan	II	8
	III	8

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan Kementerian PUPR, 2020)

2) Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam LHR

Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam LHR merupakan penentuan kelas jalan berdasarkan kapasitas lalu lintas harian yang dilayani dalam satuan smp.

Tabel 2.3 Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam LHR

	Fungsi	SMP/jam								
		300	600 - 2400	2.640 - 3.190	4.900	5.490	5.880	6.200	6.460	9.700
1	Datar	300	600 - 2400	2.640 - 3.190	4.900	5.490	5.880	6.200	6.460	9.700
2	Bukit	240	480 - 2320	2.500 - 3.090	4.800	5.350	5.720	6.040	6.290	9.400
3	Gunung	360	360 - 2240	2.400 - 2.980	4.600	5.200	5.570	5.880	5.760	9.200
Tipe Jalan		2/2-TT			4/2-TT	4/2-T				6/2-T
Lebar Lajur (m)		3.5	4 - 6	7-10	2x5,5	2x5,5	2x6,0	2x6,5	2x7,0	2x10,5
Bahu Jalan (m)		1.5	2							

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan Kementerian PUPR, 2020)

C. Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

Klasifikasi jalan menurut medan jalan merupakan pengelompokan jalan berdasarkan kondisi jalan sebagai besar kemiringan medan jalan yang diukur tegak lurus garis kontur. Klasifikasi jalan menurut medan jalan ini dapat dilihat pada tabel 2.3 sebagai berikut :

Tabel 2.4 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

No	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan* %
1	Datar	D	< 10
2	Bukit	B	10 -25
3	Gunung	G	> 25

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan Kementerian PUPR, 2020)

D. Klasifikasi Menurut Wewenang Pembinaan Jalan

Klasifikasi jalan menurut wewenang pembinaannya sesuai PP.No 26/1985 adalah :

1) Jalan Nasional

Jalan arteri dan kolektor yang menghubungkan ibukota Provinsi dan Jalan yang bersifat strategis Nasional.

2) Jalan Provinsi

Jalan kolektor yang menghubungkan ibu kota Propinsi dengan ibu kota kabupaten/kota, antar ibu kota kabupaten/kota, Jalan yang bersifat strategis Regional.

3) Jalan Kabupaten

Ibukota Jalan Lokal yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antar ibukota, kecamatan, kabupaten dengan Pusat Kegiatan Lokal, antar pusat kegiatan lokal, serta jalan strategis lokal.

4) Jalan Kotamadya

Jalan Sekunder yang menghubungkan antar pusat pelayanan dalam kota, pusat pelayanan dengan persil, antar persil, menghubungkan antar pusat permukiman dan berada di dalam kota.

5) Jalan Desa

Jalan Umum yang menghubungkan kawasan di dalam desa dan antar permukiman serta jalan lingkungan.

6) Jalan Khusus

Jalan untuk lalu lintas bukan umum yang peruntukannya bagi kepentingan instansi, badan usaha maupun perorangan atau kelompok masyarakat.

2.2 Penampang Melintang Jalan

Penampang melintang jalan merupakan potongan melintang tegak lurus sumbu jalan. (Silvia Silvia Sukirman, 1994 : 21). Pada penampang melintang jalan dapat dilihat bagian-bagian yang terdiri dari:

2.2.1 Jalur Lalu Lintas

Jalur lalu lintas (*travelled way = carriage way*) adalah keseluruhan bagian perkerasan jalan yang diperuntukan untuk lalu lintas kendaraan. Jalur lalu lintas terdiri dari beberapa lajur (*lane*) kendaraan sehingga lebar jalur lalu lintas sangat ditentukan oleh jumlah dan lebar lajur peruntukannya. Lajur kendaraan yaitu bagian dari jalur lalu lintas yang khusus diperuntukan untuk dilewati oleh satu rangkaian kendaraan beroda empat atau lebih dalam satu arah (Silvia Silvia Sukirman, 1994 : 22). Lebar lajur pada badan jalan mempengaruhi kenyamanan dan keselamatan pengemudi. Untuk desain, lebar lajur lalu lintas paling kecil yang dapat dilihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Lebar lajur jalan

V_D (Km/Jam)	Lebar lajur lalu lintas paling kecil (m)
Kecepatan tinggi: $V_D \geq 80$	3,60
Kecepatan sedang: $40 \leq V_D < 80$	3,50
Kecepatan rendah: $V_D < 40$	2,75

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan Kementerian PUPR, 2020)

2.2.2 Bahu Jalan

Bahu jalan adalah jalur yang terletak berdampingan dengan jalur lalu lintas yang berfungsi sebagai :

- 1) Ruangannya untuk tempat berhenti sementara kendaraan yang mogok atau sekedar berhenti karena pengemudi ingin berorientasi mengenai jurusan yang akan ditempuh atau untuk beristirahat.

- 2) Ruangannya untuk menghindarkan diri dari saat-saat darurat, sehingga dapat mencegah terjadinya kecelakaan.
- 3) Memberikan kelelahan pada pengemudi dengan demikian dapat meningkatkan kapasitas jalan yang bersangkutan.
- 4) Memberikan sokongan pada waktu mengadakan pekerjaan perbaikan atau pemeliharaan jalan (untuk tempat penempatan alat-alat).
- 5) Ruangannya pembantu pada waktu mengadakan pekerjaan perbaikan atau pemeliharaan jalan (untuk tempat penempatan alat-alat dan penimbunan bahan material).
- 6) Ruangannya untuk lintasan kendaraan - kendaraan patroli, ambulans, yang sangat dibutuhkan pada keadaan darurat seperti terjadinya kecelakaan.

2.2.3 Trotoar/Jalur Pejalan Kaki (*Sidewalk*)

Trotoar/Jalur pejalan kaki adalah jalur yang terletak berdampingan dengan jalur lalu lintas yang khusus dipergunakan untuk pejalan kaki (*pedestrian*). Jalur pejalan kaki merupakan fasilitas yang berfungsi memisahkan pejalan kaki dari lajur lalu lintas kendaraan guna menjamin keselamatan pejalan kaki dan kelancaran lalu lintas, lebar trotoar umumnya berkisar antara 1,5–3,0 m tergantung dengan volume pejalan kaki dan volume lalu lintas pada jalan tersebut (Silvia Silvia Sukirman, 1994).

2.2.4 Median

Median adalah jalur yang terletak ditengah jalan yang secara fisik memisahkan dua jalur lalu lintas yang berlawanan arah. Secara fisiknya median dapat dibedakan atas median yang diturunkan (*depressed*), median yang ditinggikan (*raised*) dan median datar (*flush*). Lebar median bervariasi antara 1,0–2,0 m.

Tabel 2.6 Lebar Lajur dan Bahu Jalan

	Fungsi	SMP/jam								
1	Datar	300	600 - 2400	2.640 - 3.190	4.900	5.490	5.880	6.200	6.460	9.700
2	Bukit	240	480 - 2320	2.500 - 3.090	4.800	5.350	5.720	6.040	6.290	9.400
3	Gunung	360	360 - 2240	2.400 - 2.980	4.600	5.200	5.570	5.880	5.760	9.200
Tipe Jalan		2/2-TT			4/2-TT	4/2-T			6/2-T	
Lebar Lajur (m)		3.5	4 - 6	7-10	2x5,5	2x5,5	2x6,0	2x6,5	2x7,0	2x10,5
Bahu Jalan (m)		1.5	2							

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan Kementerian PUPR, 2020)

Fungsi dari median menurut Pedoman Desain Geometrik Jalan Kementerian PUPR, 2020 :

- 1) Memisahkan/mengurangi konflik antara arus lalu lintas yang berlawanan.
- 2) Mencegah pergerakan menyeberang dan membelok yang tidak diperbolehkan
- 3) Melindungi kendaraan yang berbelok ke kanan dan menyeberang
- 4) Tempat untuk meletakkan perlengkapan jalan dan peralatan pengatur lalu lintas, seperti rambu- rambu, lampu pengatur lalu lintas, dan penerangan jalan
- 5) Memberikan tempat perlindungan bagi pejalan kaki sehingga bisa menyeberangi dua jalur sekaligus
- 6) Mengurangi efek silau sorotan lampu dan turbulensi udara dari arus lalu lintas berlawanan
- 7) Menyediakan ruang untuk landsekap
- 8) Mengakomodasi perbedaan ketinggian di antara dua jalur lalu lintas
- 9) Menjadi dinding pengaman (*safety barrier*)
- 10) Untuk menjadi daerah henti darurat pada jalan yang memiliki tiga atau lebih lajur lalu lintas di setiap jalurnya
- 11) Memberikan area mengendalikan kembali terhadap kendaraan yang tak terkendali

2.2.5 Saluran Samping

Saluran Samping dibuat untuk mengendalikan air pada permukaan jalan akibat air hujan dan bertujuan untuk memelihara agar jalan tidak tergenang air. Umumnya bentuk saluran samping berupada trapezium atau empat persegi panjang yang besarnya disesuaikan dengan debit air yang diperkirakan mengalir saluran tersebut.

2.2.6 Kereb

Kereb adalah penonjol atau peninggian tepi perkerasan atau bahu jalan, yang terutama dimaksudkan untuk keperluan drainase, mencegah keluarnya kendaraan dari tepi perkerasan dan memberikan ketegasan tepi perkerasan (Silvia Silvia Sukirman, 1999 : 31). Penggunaan kereb umumnya pada daerah perkotaan.

2.2.7 Lapisan Perkerasan Jalan

Lapisan perkerasan jalan adalah lapisan konstruksi yang dibangun diatas lapisan tanah dasar (*subgrade*) yang berfungsi menanggung beban lalu lintas , dapat dibedakan atas lapisan permukaan, lapisan pondasi atas, lapisan pondasi bawah dan lapisan tanah dasar.

2.2.8 Ruang Manfaat Jalan (Rumaja)

Ruang manfaat jalan (RUMAJA) adalah daerah yang meliputi seluruh badan jalan, saluran tepi jalan, dan ambang pengaman. Rumaja diperuntukkan bagi median perkerasan jalan, separator, bahu jalan, saluran tepi jalan, trotoar, lereng, ambang pengaman dan tidak boleh dimanfaatkan untuk prasarana perkotaan lainnya.

Daerah manfaat jalan (Rumaja) dibatasi oleh :

- 1) Lebar antara batas ambang pengaman konstruksi jalan dikedua sisi jalan.
- 2) Tinggi 5 meter diatas permukaan perkerasan pada sumbu jalan.
- 3) Kedalaman ruang bebas 1,5 meter dibawah muka jalan.

2.2.9 Ruang Milik Jalan (RUMIJA)

Ruang milik jalan (RUMIJA) adalah yang dibatasi oleh lebar yang sama dengan rumaja ditambah ambang pengaman konstruksi jalan dengan tinggi 5 m dan kedalaman 1,5 m.

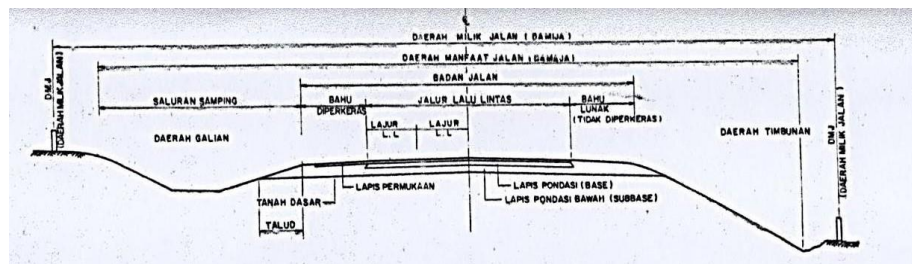
2.2.10 Ruang Pengawasan Jalan (RUWAJA)

Ruwasja, merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar dan tinggi tertentu, meliputi ruang tertentu di luar Rumija. Ruwasja diperuntukkan bagi pandangan bebas pengemudi dan pengaman konstruksi jalan, serta pengamanan fungsi jalan. Ruwasja pada dasarnya adalah ruang lahan milik masyarakat umum yang mendapat pengawasan dari pembina jalan. Dalam hal Rumija tidak cukup luas, maka lebar Ruwasja ditentukan dari tepi badan jalan paling sedikit:

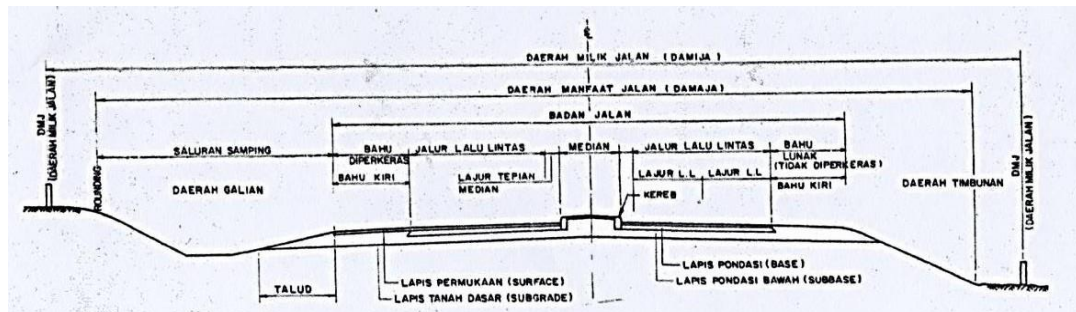
- a. jalan arteri primer 15m.
- b. jalan kolektor primer 10m.
- c. jalan lokal primer 7.
- d. jalan lingkungan primer 5m.
- e. jalan arteri sekunder 15m.
- f. jalan kolektor sekunder 5m.
- g. jalan lokal sekunder 3m.
- h. jalan lingkungan sekunder 2m, dan

Untuk keselamatan pengguna jalan Ruwasja didaerah tikungan ditentukan oleh jarak pandang bebas.

Gambar penampang melintang jalan dapat dilihat pada Gambar 2.1, 2.2



Gambar 2.1 Penampang melintang jalan tanpa median



Gambar 2.2 Penampang melintang jalan dengan median

2.3 Perencanaan Geometrik

2.3.1 Pengertian Perencanaan Geometrik

Desain perencanaan geometrik jalan adalah parameter-parameter geometrik yang nilainya ditetapkan pada awal desain dan menjadi dasar untuk menetapkan desain elemen-elemen geometrik lainnya. Kriteria desain dibedakan menjadi dua, yaitu kriteria desain utama, dan kriteria desain lainnya yang elemen- elemennya ditetapkan berdasarkan kriteria desain utama. (Pedoman Desain Geometrik Jalan Kementerian PUPR, 2020)

Dasar perencanaan geometrik adalah sifat gerakan, dan ukuran kendaraan, sifat pengemudi dalam mengendalikan gerak kendaraannya, dan karakteristik arus lalu lintas. Hal tersebut harus menjadi pertimbangan perencanaan sehingga dihasilkan bentuk dan ukuran jalan, serta ruang gerak kendaraan yang memenuhi tingkat kenyamanan dan keamanan.

Tujuan dari perencanaan geometrik ini adalah untuk mendapatkan keseragaman dalam merencanakan geometrik jalan antar tempat, guna menghasilkan geometrik jalan yang memberikan kelancaran, keamanan, dan kenyamanan bagi pemakai jalan. Dalam pelaksanaan perencanaan geometrik perencanaan konstruksi jalan raya membutuhkan data-data perencanaan yang meliputi data lalu lintas, data topografi, data penyelidikan tanah, data penyelidikan material, dan data penunjang lainnya. Dengan adanya data-data ini,

kita dapat menentukan geometrik dan tebal perkerasan yang diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya karena data ini memberikan gambaran yang sebenarnya dari lokasi suatu daerah dimana ruas jalan ini akan dibangun. Dengan adanya data ini, kita dapat menentukan geometrik dan tebal perkerasan yang diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya.

2.3.2 Data Perencanaan

Dalam pelaksanaan perencanaan geometrik perencanaan konstruksi jalan raya membutuhkan data-data perencanaan yang meliputi data lalu lintas, data topografi, data penyelidikan tanah, data penyelidikan material, dan data penunjang lainnya. Dengan adanya data-data ini, kita dapat menentukan geometrik dan tebal perkerasan yang diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya karena data ini memberikan gambaran yang sebenarnya dari lokasi suatu daerah dimana ruas jalan ini akan dibangun.

1) Data lalu lintas

Data lalu lintas adalah data utama yang diperlukan dalam perencanaan teknik jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan menggunakan pada suatu segmen jalan yang akan ditinjau. Besarnya volume atau arus lalu lintas diperlukan untuk menentukan jumlah dan lebar lajur, pada satu jalur dalam penentuan karakteristik geometrik, sedangkan jenis kendaraan akan menentukan kelas beban atau muatan sumbu terberat yang akan berpengaruh langsung pada perencanaan konstruksi perkerasan. (Saodang, 2004 : 34)

Data arus lalu lintas merupakan informasi dasar bagi perencanaan dan desain suatu jalan. Data ini dapat mencakup suatu jaringan jalan atau hanya suatu daerah tertentu dengan batasan yang telah ditentukan. Data lalu lintas didapatkan dengan melakukan pendataan kendaraan yang melintasi suatu ruas jalan, sehingga dari hasil pendataan ini kita dapat mengetahui volume lalu lintas yang melintasi jalan tersebut. Data volume lalu lintas diperoleh dalam satuan kendaraan per jam (kend/jam).

Shirley L. Hendarsin (2000 : 45-46) mengatakan bahwa untuk merencanakan teknik jalan baru, survey lalu lintas tidak dapat dilakukan karena belum ada jalan. Akan tetapi untuk menentukan dimensi jalan tersebut diperlukan data jumlah kendaraan. Untuk itu dapat dilakukan sebagai berikut:

- a. Survei perhitungan lalu lintas (*traffic counting*) dilakukan pada jalan yang sudah ada (sudah dipakai), yang diperkirakan mempunyai bentuk, kondisi dan keadaan komposisi lalu lintas akan serupa dengan jalan yang direncanakan.
- b. Survei asal dalam tujuan (*origin and destination survey*), yang dilakukan pada lokasi yang dianggap tepat (dapat mewakili), dengan cara melakukan wawancara kepada pengguna jalan untuk mendapatkan gambaran rencana jumlah dan komposisi kendaraan pada jalan yang direncanakan.

Volume lalu lintas dinyatakan dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP) yang didapat dengan mengalikan atau mengkonversikan angka faktor ekuivalensi (FE) setiap kendaraan yang melintasi jalan tersebut dengan jumlah kendaraan yang kita peroleh dari hasil pendataan (kend/jam). Volume lalu lintas dalam SMP ini menunjukkan besarnya jumlah Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) yang melintasi jalan tersebut. Dari Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) yang didapatkan kita dapat merencanakan tebal perkerasan.

Ekivalen mobil penumpang adalah angka satuan kendaraan dalam kapasitas jalan. Nilai emp untuk kendaraan rencana pada jalan antar kota seperti pada tabel 2.7.

Tabel 2.7 Nilai EMP Kendaraan Rencana Untuk Geometrik Jalan Antar Kota

No	Jenis Kendaraan	Dataran / Perbukitan	Pegunungan
1.	Sedan, Jeep, Station Wagon	1,0	1,0
2.	Pick Up, Bus Kecil	1,2 – 2,4	1,9 – 3,5
3.	Bus dan Truk Besar	1,2 – 5,0	2,2 – 6,0

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan Kementerian PUPR, 2020)

Indonesia Highway Capacity Manual (1997) – Manual Kapasitas Jalan Indonesia, untuk kajian pelayanan lalu lintas jalan memberi nilai emp secara lebih detail. Nilai emp ditentukan menurut pokok bahasannya, yang meliputi: simpang tak bersinyal, simpang bersinyal (disesuaikan dengan aspek pendekat), bagian jalinan, jalan perkotaan (jalan arteri-disesuaikan menurut tipe jalan dan volume arus lalu lintasnya), jalan antar kota (disesuaikan menurut tipe jalannya) dan jalan bebas hambatan.

2) Data topografi

Survei Topografi dalam perencanaan jalan dilakukan dengan tujuan memindahkan kondisi permukaan bumi dari lokasi yang diukur pada kertas yang berupa peta planimetri yang akan digunakan sebagai peta dasar dalam perencanaan geometrik jalan. (Shirley L. Hendarsin, 2000 : 30)

Data peta topografi digunakan untuk menentukan kecepatan rencana sesuai dengan kondisi daerahnya. Pengukuran peta topografi dilakukan pada sepanjang trase jalan rencana dan pengukuran detail pada lokasi-lokasi tertentu yang memerlukan situasi detail, misalnya pada lokasi yang bersilangan dengan sungai atau jalan lain, sehingga trase jalan yang direncanakan akurat dan efisien sesuai dengan standar.

Pekerjaan pengukuran ini terdiri dari beberapa kegiatan berikut :

- A. Pekerjaan perintisan untuk pengukuran, yaitu membuka sebagian lokasi yang akan diukur agar pengukuran tidak terhalangi oleh semak/perdu. Secara garis besar dilakukan untuk menentukan kemungkinan rute alternatif dari trase jalan.
- B. Kegiatan pengukuran meliputi :
 - a. Penentuan titik-titik kontrol vertikal dan horizontal.
 - b. Pengukuran situasi selebar kiri dan kanan dari jalan yang dimaksud dan disebutkan serta tata guna tanah disekitar trase jalan.
 - c. Pengukuran penampang melintang (*cross section*) dan penampang memanjang.
 - d. Perhitungan perencanaan desain jalan dan penggambaran peta topografi berdasarkan titik-titik koordinat kontrol diatas.

Berdasarkan besarnya lereng melintang dengan arah kurang lebih tegak lurus sumbu jalan raya jenis medan dibagi menjadi tiga golongan umum yaitu datar, perbukitan dan gunung.

Tabel 2.8 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Golongan Medan	Lereng Melintang
Datar (D)	0% - 9,9%
Perbukitan (B)	10% - 24,9%
Gunung (G)	$\geq 25\%$

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan Kementerian PUPR, 2020)

3) Data penyelidikan tanah

Tanah dasar dapat terdiri dari tanah dasar asli, tanah dasar tanah galian, atau tanah dasar tanah urug yang disiapkan dengan cara dipadatkan (Silvia Sukirman, 2010 : 55). Data penyelidikan tanah dasar didapat dengan cara melakukan penyelidikan tanah dilapangan, meliputi pekerjaan :

A. Penelitian terhadap semua kondisi tanah yang ada pada proyek jalan tersebut, dilakukan berdasarkan survei langsung dilapangan maupun dengan pemeriksaan dilaboratorium. Pengambilan data CBR (*California Bearing Ratio*) dilapangan dilakukan sepanjang ruas rencana, dilakukan setiap jarak 250 m. Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan 2 metode yaitu analitis dan grafis.

a. Metode Analitis

Dengan menggunakan Metode *Japan Road Ass*

Rumus CBR segmen :

$$CBR = \frac{CBR \text{ rata-rata} - (CBR \text{ maks} - CBR \text{ min})}{R} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan :

CBR segmen = CBR yang mewakili nilai CBR satu segmen

CBR rata-rata = CBR yang mewakili nilai CBR satu segmen

CBR maks = CBR maksimal dalam satu segmen

CBR min = CBR minimum dalam satu segmen

R = Konstanta seperti pada Tabel 2.9

b. Metode Grafis

Silvia Sukirman (2010 : 65-66) mengatakan bahwa nilai CBR segmen dengan menggunakan metode grafis merupakan nilai persentil ke 90 dari data CBR yang ada dalam satu segmen. Langkah-langkah menentukan CBRsegmen menggunakan metode grafis adalah sebagai berikut :

- i. Tentukan nilai CBR terkecil.
- ii. Susunlah nilai CBR dari yang terkecil ke yang terbesar, dan tentukan jumlah data dengan nilai CBR yang sama atau lebih besar dari setiap nilai CBR. Pekerjaan ini dilakukan secara tabelaris.
- iii. Angka terbanyak diberi nilai 100%, angka yang lain merupakan persentase dari 100%.
- iv. Gambarkan hubungan antara nilai CBR dan persentase dari butir 3.
- v. Nilai CBRsegmen adalah nilai pada angka 90% sama atau lebih besar dari nilai CBR yang tertera.

B. Analisa

Membakukan analisa pada contoh tanah yang terganggu dan tidak terganggu, ASTM (*American Standard Testing and Material*) dan AASHTO (*The American Association of State Highway and Taransportation Officials*) maupun standar yang berlaku di Indonesia.

Tabel 2.9 Nilai R untuk Perhitungan CBR Segmen

Jumlah Titik Pengamatan	Nilai R
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	2,57
7	2,83
8	2,96
9	3,08
>10	3,18

(Sumber : Silvia Sukirman, 2010)

C. Pengujian Laboratorium

Melakukan pengujian bahan konstruksi untuk mengetahui :

- i. Sifat-sifat indeks (Indeks Properties) yaitu meliputi G_s (*Specific Gravity*), w_N (*Natural Content*), (Berat Isi), e (*Void ratio/angka pori*), n (porositas), S_r (derajat kejenuhan).
- ii. Klasifikasi USCS dan AASHTO.

4) Data penyelidikan material

Untuk menentukan bahan konstruksi jalan atau highway materials, dilakukan survey pada lokasi-lokasi sumber material (*quairry*) yang berada pada daerah sepanjang trase jalan dengan pertimbangan ekonomis, tetapi apabila tidak ditemui maka dilakukan survey pada daerah disekitarnya. Data penyelidikan material dilakukan dengan melakukan penyelidikan material meliputi pekerjaan sebagai berikut :

- A. Mengadakan penelitian terhadap semua data material yang ada selanjutnya melakukan penyelidikan sepanjang proyek tersebut yang akan dilakukan berdasarkan survei di lapangan maupun dengan pemeriksaan laboratorium.
- B. Penyelidikan lokasi sumber material yang ada beserta perkiraan jumlahnya untuk pekerjaan-pekerjaan penimbunan pada jalan dan jembatan serta bangunan pelengkap jalan.

Pengidentifikasian material secara visual yang dilakukan oleh teknisi tanah dilapangan berdasarkan gradasi butiran dan karakteristik keplastisannya yang dibedakan menjadi tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus.

2.3.3 Parameter Perencanaan

Kriteria desain geometrik jalan adalah parameter-parameter geometrik yang nilainya ditetapkan pada awal desain dan menjadi dasar untuk menetapkan desain elemen-elemen geometrik lainnya. Kriteria desain dibedakan menjadi dua, yaitu kriteria desain utama, dan kriteria desain lainnya yang elemen-elemennya ditetapkan berdasarkan kriteria desain utama. (Pedoman Desain Geometrik Jalan Kementrian PUPR, 2020)

1) Kendaraan Rencana

Kendaraan Rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Untuk perencanaan, setiap kelompok diwakili oleh satu ukuran standar. Dan ukuran standar kendaraan rencana untuk masing-masing kelompok adalah ukuran terbesar yang mewakili kelompoknya.

Berdasarkan dari bentuk, ukuran, dan daya dari kendaraan-kendaraan yang mempergunakan jalan kendaraan-kendaraan tersebut dikelompokkan menjadi dalam 3 kategori :

- i. Kendaraan Kecil, diwakili oleh mobil penumpang.
- ii. Kendaraan Sedang, diwakili truk 3 as tandem atau oleh bus besar 2 as.
- iii. Kendaraan Besar, diwakili oleh truk-semi-trailer.

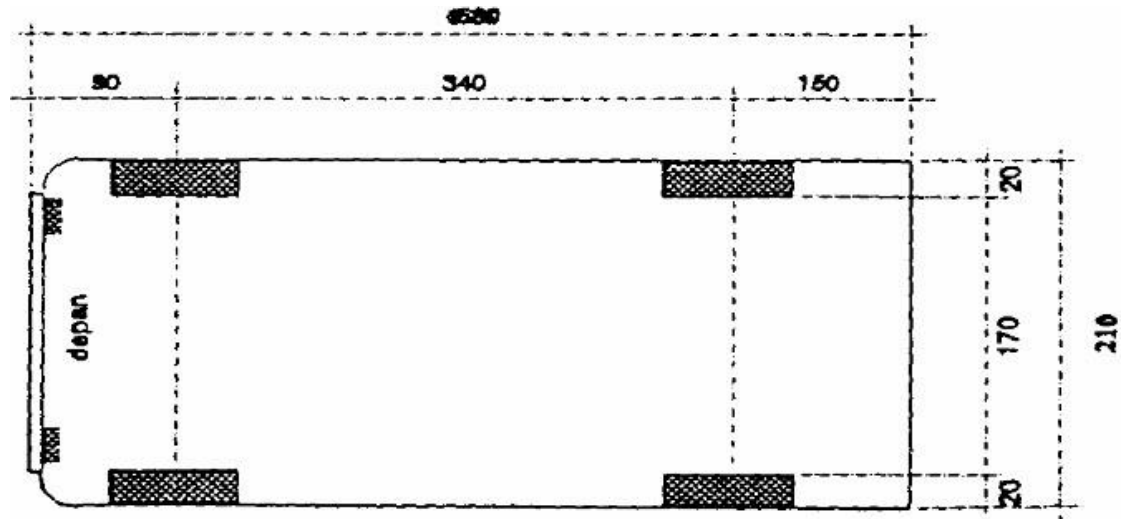
Dimensi dasar untuk masing-masing kategori Kendaraan Rencana ditunjukkan dalam Tabel 2.10.

Tabel 2.10 Dimensi Kendaraan Rencana

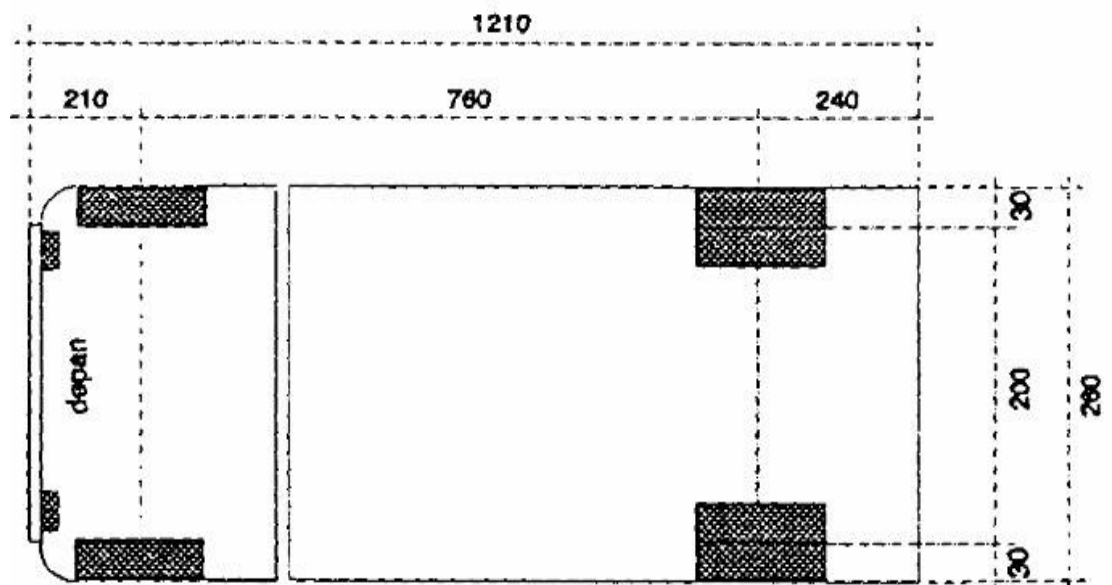
No	Jenis-jenis Kendaraan	Dimensi kendaraan			Jarak Antar Sumbu
		Panjang	Lebar	Tinggi	m
		m	m	m	
Jenis-jenis kendaraan, berdasarkan dimensi, yang dapat beroperasi pada jalan kelas 1, 2, dan 3					
1	Toyota Avanza	4,19	1,66	1,69	2,65
2	Toyota Hiace	5,38	1,88	2,29	3,11
3	Isuzu ELF NLR 55 BLX	6,17	1,84	2,17	3,36
4	Truk Pemadam Kebakaran 2*	7,73	2,40	-	4,28
5	Bus Angkutan Masal Sedang*	7,30	2,15	3,15	3,74
6	Bus Mitsubishi Kecil	7,05	2,10	3,30	3,78
7	Bus Sedang Mitsubishi FE84GBC(4x2)*	7,68	2,10	3,05	3,85
8	Truk Hino 500 Cargo FG 260 JM (T1.2)	8,85	2,49	2,75	5,08
9	Truk Isuzu Giga FVR 34 S 245 PS (T1.2)	7,60	2,49	2,97	4,30
Jenis-jenis kendaraan, berdasarkan dimensi, yang dapat beroperasi pada jalan kelas 1 dan 2					
10	Truk Pemadam Kebakaran 1*	9,93	2,49	-	4,60
11	Bus angkutan massal ukuran besar*	11,95	2,50	3,50	6,00
12	Truk Hino 500 Cargo FL 245 JW (T1.22)	11,95	2,49	2,78	5,83+1,35
13	Truk Isuzu Giga FVR 34 U (T1.2)	11,95	2,49	2,93	6,60
Jenis-jenis kendaraan, berdasarkan dimensi, yang dapat beroperasi pada jalan kelas 1					
14	Bus Besar	12,10	2,50	3,40	5,80
15	Truk Gandengan Hino 5 sumbu (T1.22+2.2)	16,80	2,50	2,50	3,20-7,50-1,40-1,40
16	Truk Gandengan Hino 4 sumbu (T1.2+2.2)	16,20	2,51	3,10	4,30-5,20-1,30
17	Truk Tempelan Hino 6 sumbu (T1.22+2.22)	16,40	2,50	3,20	3,40-1,20-6,70-1,30-1,30

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan Kementerian PUPR, 2020)

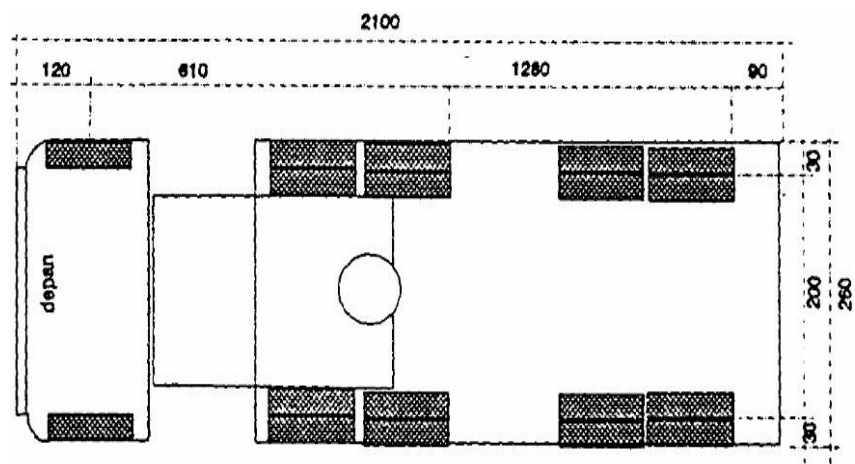
Gambar 2.3 s.d. Gambar 2.5 berikut menampilkan sketsa dimensi kendaraan rencana berdasarkan Tabel 2.10



Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Kecil

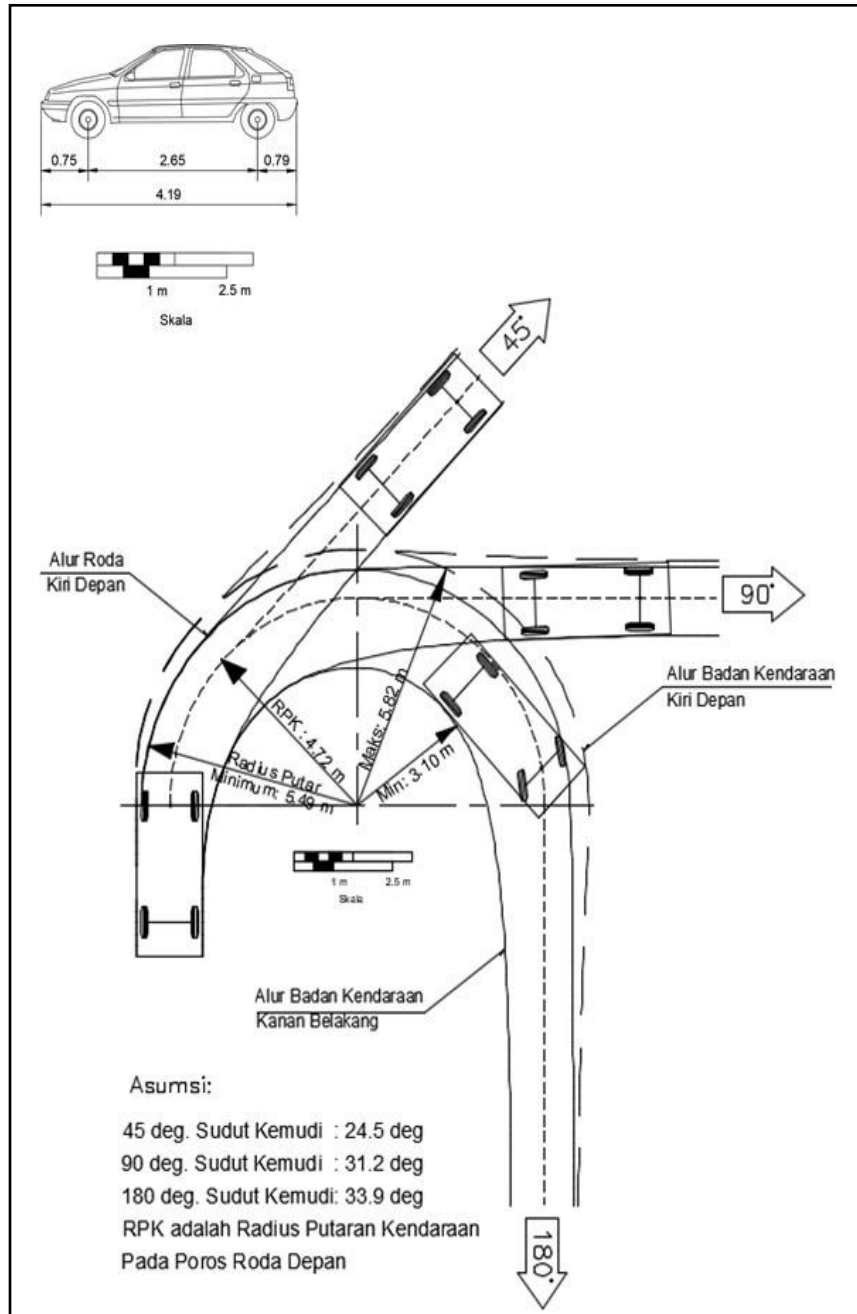


Gambar 2.4 Dimensi Kendaraan Sedang

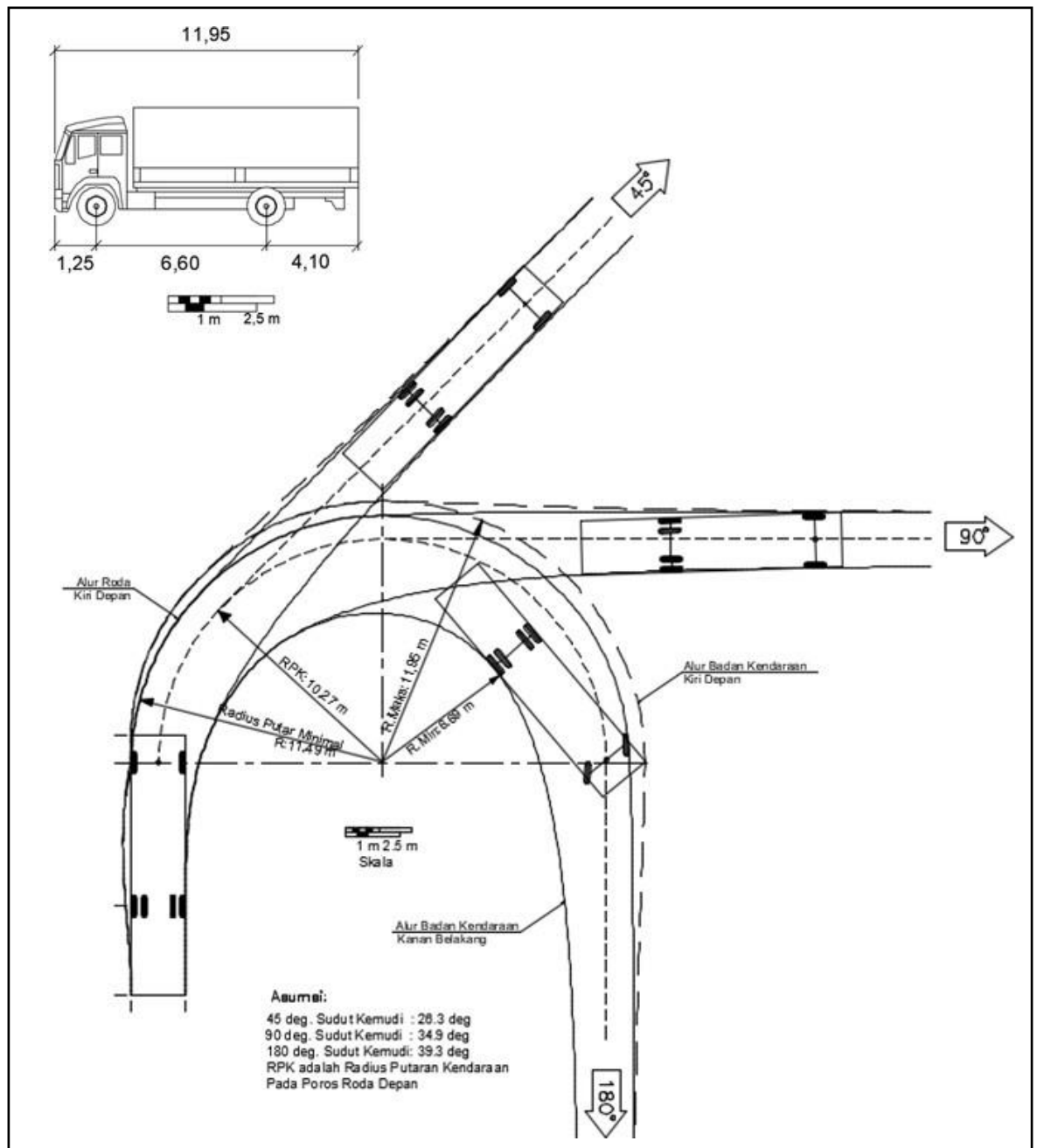


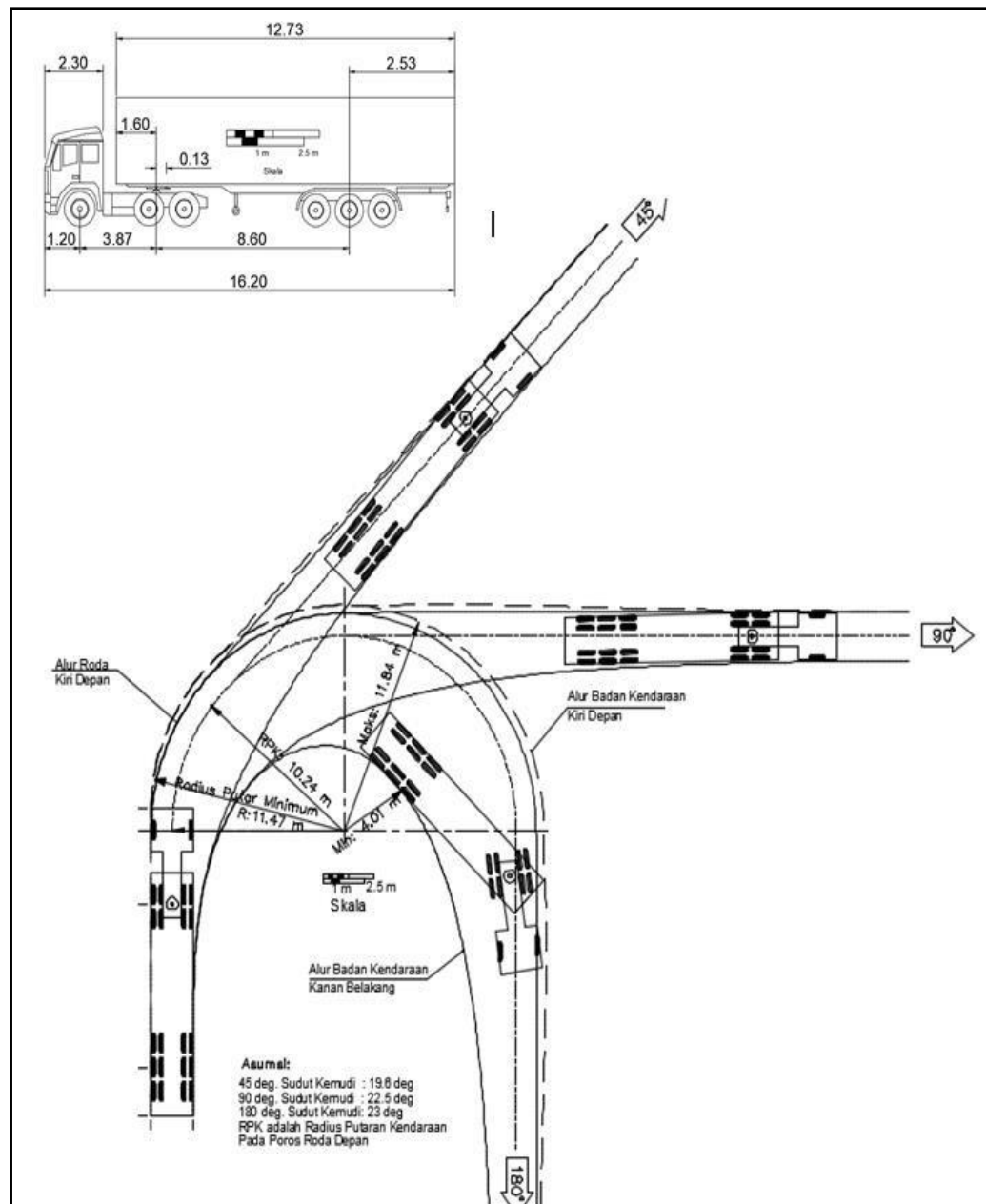
Gambar 2.5 Dimensi Kendaraan Besar

Gambar 2.6 s.d. 2.8 menunjukkan radius putar dengan batas maksimal dan minimum jarak putar dari berbagai sudut untuk setiap ukuran kendaraan.



Gambar 2.6 Jari-jari *Manuver* Kendaraan Kecil

Gambar 2.7 Jari-jari *Manuver* Kendaraan Sedang



Gambar 2.8 Jari-jari *Manuver* Kendaraan Besar

2) Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan pada suatu ruas jalan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan 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 dari bentuk jalan dimana kecepatan rencana (VR) untuk suatu ruas jalan dengan kelas dan fungsi yang sama, dianggap sama sepanjang ruas jalan tersebut.

Kecepatan rencana (VR) pada suatu ruas jalan merupakan kecepatan yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lengang, dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti. Untuk kondisi medan yang sulit, kecepatan rencana suatu segmen jalan dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20 km/jam. Kecepatan rencana untuk masing-masing fungsi jalan dapat ditetapkan dari Tabel 2.11.

Tabel 2.11 Kecepatan rencana (VR) sesuai klasifikasi jalan

NO	Pengelompokan fungsi Jalan	Status dan Penyelenggara jalan	Kelas jalan			Tipe jalan (paling kecil)	Rentang V_R , Km/Jam		
			I	II	III		Datar	Bukit	Gunung
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SJJ Primer (Jalan Antarkota)	Jalan Arteri Primer	Jalan Nasional (Pemerintah Pusat)	x	-	-	4/2-T	80 - 120	70 - 110	60 - 100
			x	x	x	4/2-T	60 - 100	50 - 90	40 - 80
			x	x	x	4/2-T			
	Jalan Kolektor Primer	Jalan Nasional (Jalan Perintis dan Ex jalan daerah)	-	-	x	2/2-TT	15 - 80	15 - 50	15 - 40
			x	x	x	4/2-T	40 - 80	30 - 70	20 - 60
	Jalan Lokal Primer	Jalan Provinsi (Pemerintah Provinsi)	-	-	x	2/2-TT	15 - 40	15 - 40	15 - 40
			x	x	x	2/2-TT	40 - 80	30 - 70	20 - 60
			x	x	x	2/2-TT			
		Jalan Kabupaten (Pemerintah Kabupaten)	-	x	x	2/2-TT	20 - 60	20 - 50	20 - 40
			-	x	x	2/2-TT			
			-	-	x	2/2-TT			
			-	-	x	2/2-TT			
	Jalan Lingkungan Primer	-	-	x	2-Jan	15 - 30	15 - 30	15 - 30	

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan Kementerian PUPR, 2020)

3) Volume dan Kapasitas Jalan

Sebagai pengukur jumlah dari arus lalu lintas digunakan "volume". Volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit). Volume lalu lintas yang tinggi membutuhkan lebar perkerasan jalan yang lebih lebar, sehingga tercipta kenyamanan dan keamanan (Silvia Sukirman, 1999 : 42-43).

Menurut Silvia Sukirman (1999 : 43) Satuan volume lalu lintas yang digunakan sehubungan dengan jumlah dan lebar lajur adalah :

- Lalu lintas Harian Rata-rata
- Volume Jam Rencana
- Kapasitas

A. Lalu lintas Harian Rata – rata

Lalu lintas harian rata-rata adalah volume lalu lintas rata-rata dalam satu hari. Dari cara memperoleh data tersebut dikenal 2 jenis lalu lintas harian rata-rata, yaitu Lalu lintas Harian Rata-rata Tahunan (LHRT) dan Lalu lintas Harian Rencana (LHR).

i. Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)

Merupakan hasil bagi dari jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya pengamatan.

$$LHRT = \frac{\text{Jumlah lalu lintas selama pengamatan}}{\text{Lamanya pengamatan}} \dots\dots\dots(2.3)$$

ii. Lalu Lintas Harian Rata-rata Tahunan (LHRT)

Lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHRT) adalah jumlah lalu lintas kendaraan rata-rata yang melewati satu jalur jalan selama 24 jam dan diperoleh dari data selama satu tahun penuh.

$$LHRT = \frac{\text{Jumlah lalu lintas dalam satu tahun}}{365 \text{ hari}} \dots\dots\dots(2.4)$$

B. Volume Jam Rencana (VJR)

Berdasarkan Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, No.038 Tahun 1997, Volume arus lalu lintas harian rencana (VLHR) adalah prakiraan volume arus lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas, dinyatakan

dalam SMP/hari. Sedangkan volume arus lalu lintas jam rencana (VJR) adalah prakiraan volume arus lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas, dinyatakan dalam satuan SMP/jam, dan dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$VJR = VLHR \times \frac{K}{F} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana:

K = faktor volume arus lalu lintas jam sibuk

F = faktor variasi tingkat lalu lintas perseperempat jam dalam satu jam.

Volume satu jam yang dapat dipergunakan sebagai VJR harus sedemikian rupa, sehingga:

- a. Volume tidak boleh terlalu sering terdapat pada distribusi arus lalu lintas setiap jam untuk periode satu tahun.
- b. Apabila terdapat volume arus lalu lintas per jam yang melebihi volume jam perencanaan, maka kelebihan tidak boleh terlalu besar.
- c. Volume tidak boleh mempunyai nilai yang sangat besar, sehingga akan mengakibatkan biaya yang mahal.

Tabel 2.12 Penentuan Faktor – K dan faktor – F Berdasarkan Volume Lalu Lintas Harian Rata-rata (VLHR)

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
1000 – 5.000	10 – 12	0.60 – 0,80
< 1.000	12 – 16	< 0.60

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan Kementerian PUPR, 2020)

C. Kapasitas Jalan

a. Kapasitas

Kapasitas adalah jumlah kendaraan maksimum yang dapat melewati suatu penampang jalan pada jalur jalan selama 1 jam dengan kondisi serta arus lalu lintas tertentu (Silvia Sukirman , 1999 : 46). Kapasitas jalan akan menunjukkan jumlah arus lalu lintas yang maksimum dapat melewati penampang tersebut dalam waktu 1 jam sesuai kondisi jalan.

Rumus umumnya :

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{SP} \times FC_{SF} \times FC_{CS} \text{ (smp/jam)} \quad (2.6)$$

Dimana :

- C = kapasitas (smp/jam).
- C_o = kapasitas dasar (smp/jam).
- FC_w = faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas.
- FC_{SP} = faktor penyesuaian pemisah arah.
- FC_{SF} = faktor penyesuaian hambatan samping.
- FC_{CS} = faktor penyesuaian ukuran kota.

Tabel 2.13 Kapasitas Dasar (C_o)

	Kapasitas dasar total dua arah (SMP/Jam/Lajur)
Empat lajur terbagi	
• Datar	3100
• Bukit	3000
• Gunung	2900

(Sumber :*Desain Perkerasan Jalan Dirjen Bina Marga, 2017*)

Tabel 2.14 Faktor Koreksi Kapasitas Akibat Pembagian Arah (FCSP)

Pemisah arah (%-%)		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FC _{SP}	Dua-lajur (2/2) tanpa pembatas median	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
	Empat-lajur (4/2) tanpa pembatas median	1,00	0,985	0,97	0,955	0,94

(Sumber : Desain Perkerasan Jalan Dirjen Bina Marga, 2017)

Faktor penyesuaian lebar jalan ditentukan berdasarkan lebar jalan efektif yang dapat dilihat pada Tabel 2.15

Tabel 2.15 Faktor Koreksi Kapasitas Akibat Lebar Jalan (FC_w)

Tipe	Lebar Jalan Efektif (W _c) (m)	FC _w
4-lajur berpembatas median atau jalan satu arah	Per lajur	
	3,00	0,92
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,04
	4,00	1,08
4-lajur tanpa pembatas median	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,95
	3,50	1,00
	3,75	1,05
	4,00	1,09
2-lajur tanpa pembatas median	Total kedua arah	
	5	0,56
	6	0,87
	7	1,00
	8	1,14
	9	1,25
	10	1,29
11	1,34	

(Sumber : Desain Perkerasan Jalan Dirjen Bina Marga, 2017)

Tabel 2.16 Faktor Koreksi Kapasitas Akibat Ukuran Kota (FC_{CS})

Ukuran kota (juta penduduk)	Faktor penyesuaian untuk ukuran kota
< 0,1	0,86
0,1 - 0,5	0,90
0,5 - 1,0	0,94
1,0 - 3,0	1,00
>3,0	1,04

(Sumber : Desain Perkerasan Jalan Dirjen Bina Marga, 2017)

Tabel 2.17 Faktor Koreksi Kapasitas Akibat Hambatan Samping (FC_{SF})

Tipe jalan	Kelas hambatan samping	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan lebar bahu (FC_{SF})			
		Lebar bahu jalan efektif (W_s) (m)			
		$\leq 0,5$	1,0	1,5	$\geq 2,0$
4-lajur 2 arah ber-pembatas median (4/2 D)	Sangat rendah	0,96	0,98	1,01	1,03
	Rendah	0,94	0,97	1,00	1,02
	Sedang	0,92	0,95	0,98	1,00
	Tinggi	0,88	0,92	0,95	0,98
	Sangat tinggi	0,84	0,88	0,92	0,96
4-lajur 2 arah tanpa pembatas median (4/2 UD)	Sangat rendah	0,96	0,99	1,01	1,03
	Rendah	0,94	0,97	1,00	1,02
	Sedang	0,92	0,95	0,98	1,00
	Tinggi	0,87	0,91	0,94	0,98
	Sangat tinggi	0,80	0,86	0,90	0,95
2-lajur 2 arah tanpa pembatas median (2/2 U) atau Jalan satu-arah D	Sangat rendah	0,94	0,96	0,99	1,01
	Rendah	0,92	0,94	0,97	1,00
	Sedang	0,89	0,92	0,95	0,98
	Tinggi	0,82	0,86	0,90	0,95
	Sangat tinggi	0,73	0,79	0,85	0,91

(Sumber : Desain Perkerasan Jalan Dirjen Bina Marga, 2017)

b. Derajat Kejenuhan (DS)

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

$$DS = \frac{Q}{C} \dots\dots\dots(2.7)$$

dengan :

DS = Derajat kejenuhan

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

C = Kapasitas (smp/jam)

Derajat kejenuhan dihitung dengan menggunakan arus dan kapasitas yang dinyatakan dalam smp/jam, untuk perilaku lalu lintas berupa kecepatan.

Tabel 2.18 Tingkat Pelayanan Jalan

Tingkat Pelayanan	Karakteristik	Batas Lingkup (Q/C)
A	Arus Bebas; Volume rendah dan kecepatan tinggi, pengemudi dapat memilih kecepatan yang dikehendaki	0,00 -0,20
B	Arus stabil; kecepatan sedikit terbatas oleh lalu lintas	0,20 -0,44
C	Arus stabil; kecepatan dikontrol oleh lalu lintas	0,45 -0,74
D	Arus mendekati tidak stabil; kecepatan menurun akibat hambatan yang timbul dan kebebasan bergerak relatif kecil	0,75 -0,84
E	Arus tidak stabil; kecepatan rendah dan berbeda-beda terkadang berhenti, volume mendekati kapasitas	0,85 -1,00

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan Kementerian PUPR, 2020)

4) Jarak Pandang

Berdasarkan Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, No.038 Tahun 1997, Jarak Pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan sesuatu untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman. Menurut Silvia Sukirman (1999 : 50-51) Jarak pandang berguna untuk:

- a. Menghindari terjadinya tabrakan yang dapat membahayakan kendaraan dan manusia akibat adanya benda yang berukuran cukup besar, kendaraan yang sedang berhenti, pejalan kaki, atau hewan- hewan pada lajur jalannya.
- b. Memberikan kemungkinan untuk mendahului kendaraan lain yang bergerak dengan kecepatan lebih rendah dengan mempergunakan lajur disebelahnya.
- c. Menambah efisiensi jalan sehingga volume pelayanan dapat dicapai semaksimal mungkin.
- d. Sebagai pedoman bagi pengatur lalulintas dengan menempatkan rambu-rambu lalu lintas yang diperlukan pada setiap segmen jalan.

Jarak pandang dibedakan dua Jarak Pandang, yaitu Jarak Pandang Henti (Jh) dan Jarak Pandang Mendahului (Jd).

a. Jarak pandang henti (Jh)

Jarak pandang henti adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan di depan. Jarak pandang henti diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dari permukaan jalan.

Jarak pandang henti terdiri atas 2 elemen jarak, yaitu:

- i. Jarak Tanggap (Jht) adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem; dan

- ii. Jarak Pengereman (Jh) adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

Berdasarkan Shirley L. Shirley L. Hendarsin (2000 : 90) jarak pandang henti dalam satuan meter, dapat dihitung dengan rumus:

$$Jh = Jht + Jhr \dots\dots\dots(2.8)$$

$$Jh = \frac{V_R}{3,6} T + \frac{(\frac{V_R}{3,6})^2}{2g \cdot fp} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dari persamaan 2.4 dapat disederhanakan menjadi :

- i. Untuk Jalan Datar

$$Jh = 0,278 \times Vr \times T + \frac{V_r^2}{254 \times fp} \dots\dots\dots(2.10)$$

- ii. Untuk jalan dengan kelandaian tertentu :

$$Jh = 0,278 \times Vr \times T + \frac{V_r^2}{254 \times fp \pm L} \dots\dots\dots(2.11)$$

Di mana :

Vr = kecepatan rencana (km/jam)

T = waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

g = percepatan gravitasi, ditetapkan 9,8 m/det²

fp = koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,35-0,55 (menurut Bina Marga)

L = landai jalan dalam (%) dibagi 100

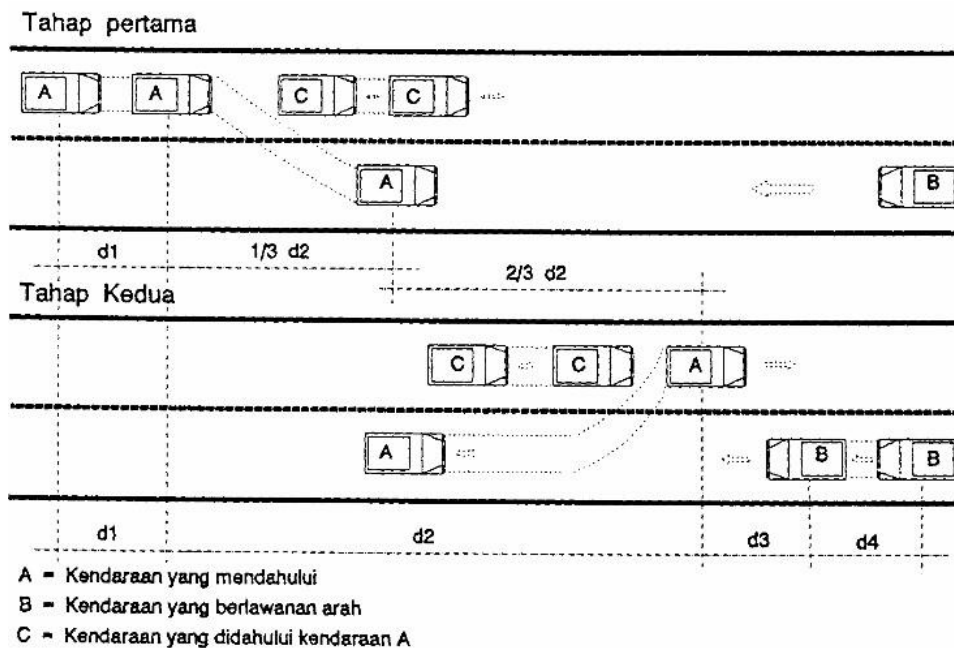
Tabel 2.19 Jarak Pandang Henti (Jh) minimum

Vr (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jh Minimum (m)	250	175	120	75	55	40	27	16

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan Kementerian PUPR, 2020)

b. Jarak Pandang Mendahului

Jarak pandang mendahului adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula (lihat Gambar 2.9). Jarak pandang diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 105 cm.



Gambar 2.9 Proses Gerakan Mendahului

Berdasarkan Shirley L. Shirley L. Hendarsin (2000 : 92) rumus yang digunakan.

$$Jd = d1 + d2 + d3 + d4 \dots \dots \dots (2.12)$$

dimana :

$d1$ = jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m),

$d2$ = jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula (m),

$d3$ = jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m),

$d4$ = jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan, yang besarnya diambil sama dengan $213d2$ (m).

Dengan rumusan estimasi d1, d2, d3, dan d4 adalah sebagai berikut :

$$d1 = 0,278 T1 \left(V_R - m + \frac{a.T_1}{2} \right) \dots\dots\dots (2.13)$$

$$d2 = 0,278 VR T2 \dots\dots\dots (2.14)$$

$$d3 = \text{antara } 30 - 100 \text{ m} \dots\dots\dots(2.15)$$

$$d4 = 2/3.d_2 \dots\dots\dots (2.16)$$

dimana:

T1 = waktu dalam (detik), = 2,12 + 0,026 VR

T2 = waktu kendaraan berada di jalur lawan, (detik), = 6,56 + 0,048 VR

A = percepatan rata-rata, (km/jam/detik), = 2,052 + 0,0036VR

m = perbedaan kecepatan dari kendaraan yang mendahului dan kendaraan yang didahului, (biasanya diambil 10 – 15 km/jam).

Daerah mendahului harus disebar di sepanjang jalan dengan jumlah panjang minimum 30% dari panjang total ruas jalan tersebut. Jarak pandang mendahului minimum dapat dilihat pada tabel 2.20

Tabel 2.20 Jarak Pandang Mendahului (Jd) berdasarkan Vr

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

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan Kementerian PUPR, 2020)

2.4 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal dikenal juga dengan nama “situasi jalan” atau “trase jalan”. Alinyemen horizontal terdiri dari garis-garis lurus yang dihubungkan dengan garis-garis lengkung. Garis lengkung tersebut dapat terdiri dari busur lingkaran ditambah dengan lengkung peralihan saja ataupun busur lingkaran saja (Silvia Sukirman, 1999 : 67).

Dalam perencanaan garis lurus atau bagian jalan yang lurus perlu dipertimbangkan keselamatan pemakai jalan akibat kelelahan pengemudi dimana panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu $\leq 2,5$

menit (sesuai V_r). Nilai panjang bagian lurus maksimum dapat dilihat pada tabel 2.21 :

Tabel 2.21 Panjang bagian lurus maksimum

Fungsi Jalan	Panjang Bagian Lurus Maksimum (m)		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	3000	2500	2000
kolektor	2000	1750	1500

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan Kementerian PUPR, 2020)

Pada saat kendaraan melalui daerah tikungan akan terjadi gesekan arah melintang jalan antara ban kendaraan dengan permukaan aspal yang menimbulkan gaya gesekan melintang dengan gaya normal disebut koefisien gesekan melintang. Untuk menghindari terjadinya kecelakaan, maka untuk kecepatan tertentu ditentukan jari-jari minimum untuk superelevasi maksimum dapat dilihat pada tabel 2.22.

Tabel 2.22 Panjang Jari-jari Minimum untuk emaks = 10%

VR (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Rmin (m)	600	370	210	110	80	50	30	15

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan Kementerian PUPR, 2020)

Pada perencanaan garis-garis lengkung peralihan atau tikungan perlu dilakukan perhitungan kemiringan melintang jalan atau superelevasi, karena pada tikungan akan bekerja gaya yang dapat mendorong kendaraan secara radial keluar jalur yang disebut gaya sentrifugal. Superelevasi bertujuan untuk memperoleh komponen berat kendaraan untuk mengimbangi gaya sentrifugal. Semakin besar superelevasi, semakin besar komponen berat kendaraan yang diperoleh.

Silvia Sukirman (1999 : 71-72) menyatakan superelevasi maksimum (e_p) yang dapat dipergunakan pada suatu jalan raya dibatasi oleh beberapa keadaan sebagai berikut :

- 1) Keadaan cuaca.
- 2) Jalan yang berada didaerah yang sering turun hujan.

- 3) Keadaan medan jalan. Daerah datar memiliki nilai superelevasi maksimum lebih tinggi daripada daerah perbukitan.
- 4) Keadaan lingkungan, perkotaan (urban) atau luar kota (rural). Superelevasi maksimum sebaiknya lebih kecil diperkotaan daripada luar kota.
- 5) Komposisi jenis kendaraan dari arus lalu lintas.

Dengan nilai-nilai e_{penuh} (e_p)

- 1) untuk daerah licin atau berkabut, $e_p = 8\%$.
- 2) Daerah perkotaan, $e_p = 4-6\%$
- 3) Dipersimpangan, e_p sebaiknya rendah, bahkan tanpa superelevasi
- 4) *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) menganjurkan, jalan luar kota untuk $V_{\text{rencana}} = 30 \text{ km/jam}$ $e_{\text{maks}} = 8\%$, $V_{\text{rencana}} > 30 \text{ km/jam}$ $e_{\text{maks}} = 10\%$
- 5) Bina Marga menganjurkan, e_{maks} untuk jalan perkotaan = 6%

Adapun panjang lengkung peralihan (L_s) minimum dan superelevasi yang dibutuhkan berdasarkan Metode Bina Marga dapat dilihat pada table 2.22 dan tabel 2.23.

Desain alinyemen horizontal sangat dipengaruhi oleh kecepatan rencana yang ditentukan berdasarkan tipe dan kelas jalan. Menurut Silvia Sukirman (1999 : 120) ada 3 bentuk lengkung horizontal atau tikungan, yaitu :

- Tikungan *Full Circle*
- Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*
- Tikungan *Spiral-Spiral*

2.4.1 Tikungan *Full Circle* (FC)

Tikungan *Full Circle* adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja. Tikungan *Full Circle* hanya digunakan untuk R (jari-jari tikungan) yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil maka

diperlukan superelevasi yang besar (Shirley L. Hendarsin, 2000 : 96). Jari- jari tikungan untuk tikungan jenis Full Circle ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.23 Jari-jari Tikungan yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

Vr (Km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
R min (m)	2500	1500	900	500	350	250	130	660

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan Kementerian PUPR, 2020)

Rumus yang digunakan pada perencanaan tikungan *Full Circle* :

$$T_c = R \cdot \tan \frac{1}{2} \Delta \dots \dots \dots (2.17)$$

$$E_c = T_c \cdot \tan \frac{1}{4} \Delta \dots \dots \dots (2.18)$$

$$L_c = \frac{\pi}{180} \cdot \Delta \cdot R \dots \dots \dots (2.19)$$

Dimana:

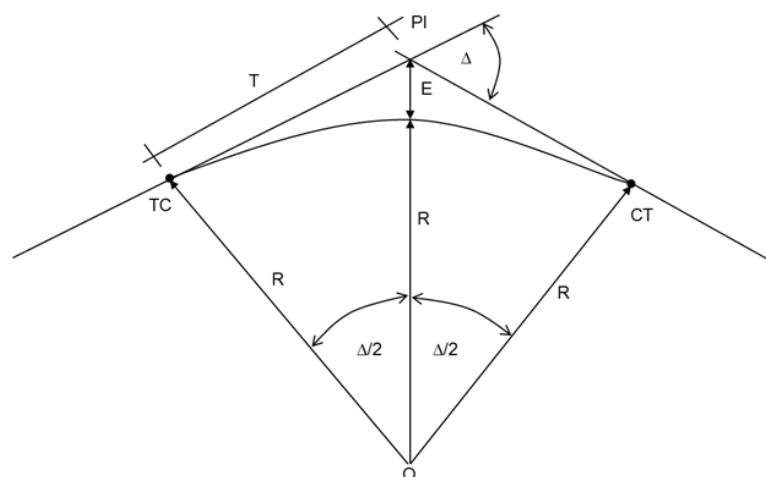
Δ = Sudut tangen ($^{\circ}$).

T = Panjang tangen jarak dari TC ke P1 ke CT (m).

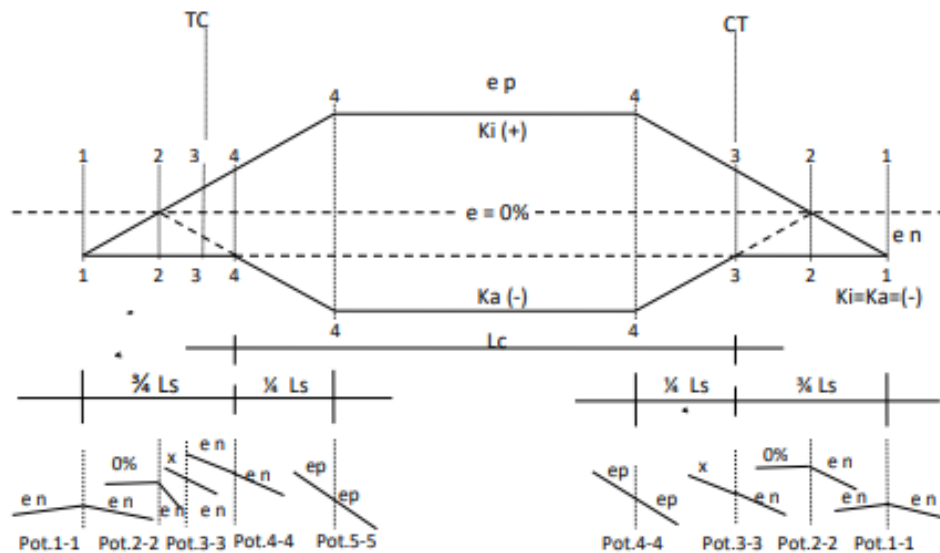
Rc = Jari-jari lingkaran (m).

Ec = Panjang luar P1 ke busur lingkaran (m).

Lc = Panjang busur lingkaran (m)



Gambar 2.10 Tikungan *Full Circle*



Gambar 2.11 Diagram Superelevasi *Full Circle*

2.4.2 Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS)

Tikungan ini terdiri dari bagian lingkaran (*circle*) dan dua lengkung peralihan (*Spiral*) yang diletakan sebelum dan sesudah busur lingkaran. Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen yang tiba-tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran (Shirley L. Hendarsin, 2000 : 96).

Panjang lengkung peralihan (L_s), menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997, diambil nilai terbesar dari tiga persamaan dibawah ini :

- a. Berdasarkan waktu tempuh maksimum (3 detik), untuk melintasi lengkung peralihan ,maka panjang lengkung:

$$L_s = \frac{V_R}{3.6} \times T \dots\dots\dots(2.20)$$

- b. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$L_s = 0.022 \frac{V_R^3}{R_c \cdot C} - 2.727 \frac{V_R - e}{C} \dots\dots\dots(2.21)$$

- c. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_s = \frac{e_m - e_n}{3.6\Gamma_e} \times VR \dots\dots\dots(2.22)$$

- d. Berdasarkan Hubungan Jari-jari Radius dengan Kecepatan Rencana

Ls dapat ditetapkan berdasarkan tabel hubungan antara jari-jari radius dengan kecepatan rencana yang akan ditunjukkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.24 Hubungan Jari-jari Radius dengan Kecepatan Rencana (Lebar jalur 2 x 3.50m)

R (m)	Kecepatan Rencana, V_d (km/jam)							
	50	60	70	80	90	100	110	120
1500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1000	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
750	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3
500	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	
400	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5		
300	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5			
250	0.4	0.5	0.5	0.6				
200	0.6	0.7	0.8					
150	0.7	0.8						
140	0.7	0.8						
130	0.7	0.8						
120	0.7	0.8						
110	0.7							
100	0.8							
90	0.8							
80	1.0							
70	1.0							

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan Kementerian PUPR, 2020)

Tabel 2.25 Hubungan Radius dengan Kecepatan Rencana (Lebar jalur 2 x 3m)

R (m)	Kecepatan Rencana, V_r (Km/Jam)						
	50	60	70	80	90	100	110
1500	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6
1000	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6
750	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8
500	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	0.1
400	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	
300	0.9	1.0	1.0	1.1			
250	1.0	1.1	1.1	1.2			
200	1.2	1.3	1.3	1.4			
150	1.3	1.4					
140	1.3	1.4					
130	1.3	1.4					
120	1.3	1.4					
110	1.3						
100	1.4						
90	1.4						
80	1.6						
70	1.7						

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan Kementerian PUPR, 2020)

Dimana:

T = waktu tempuh = 3 detik.

VR = kecepatan rencana (km/jam)

e = superelevasi

C = perubahan percepatan, 0,3 – 1,0 disarankan 0,4 m/det²

Rc = jari- jari busur lingkaran (m)

e m = superelevasi maksimum

e n = superelevasi normal

Γe = tingkat pencapaian perubahan kemiringan melintang jalan

Untuk $VR \leq 70$ km/jam nilai Γe mak = 0,035 m/m/det

Untuk $VR \leq 80$ km/jam nilai Γe mak = 0,025 m/m/det

Adapun ketentuan dan rumus yang digunakan untuk jenis tikungan *spiral-circle-spiral* adalah sebagai berikut:

$$X_s = L_s \left[1 - \frac{L_s^2}{40 R^2} \right] \dots\dots\dots(2.23)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6R} \dots\dots\dots(2.24)$$

$$E_s = (R + p) \sec \frac{\Delta}{2} - R \dots\dots\dots(2.25)$$

$$\theta_s = \frac{90}{\pi} \frac{L_s}{R} \dots\dots\dots(2.26)$$

$$\Delta_c = \Delta - 2\theta_s \dots\dots\dots(2.27)$$

$$p = \frac{L_s^2}{6R} - R(1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots(2.28)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^2}{40 R^2} - R(\sin \theta_s) \dots\dots\dots(2.29)$$

$$L_c = \frac{\Delta_c}{180} \cdot \pi \cdot R \dots\dots\dots (2.30)$$

$$T_s = (R + p) \cdot \tan \frac{\Delta}{2} + k \dots\dots\dots(2.31)$$

$$E_s = (R + p) \cdot \sec \frac{\Delta}{2} - R \dots\dots\dots(2.32)$$

$$L = L_c + 2 \cdot L_s \dots\dots\dots(2.33)$$

Dimana:

X_s = absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS-SC (jarak lurus lengkung peralihan), (m)

Y_s = ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, (m)

L_s = panjang lengkung peralihan (jarak TS-SC atau CS-ST), (m)

L_c = panjang busur lingkaran (jarak SC-CS), (m)

T_s = jarak tangen dari PI ke TS atau ST, (m)

E_s = jarak dari PI ke puncak busur lingkaran, (m)

Δ = sudut tikungan, ($^{\circ}$)

Δ_c = sudut lengkung circle, ($^{\circ}$)

θ_s = sudut lengkung spiral, ($^{\circ}$)

R = jari-jari tikungan, (m)

p = pergeseran tangen terhadap spiral, (m)

k = absis p pada garis tangen spiral, (m)

L = panjang tikungan SCS, (m)

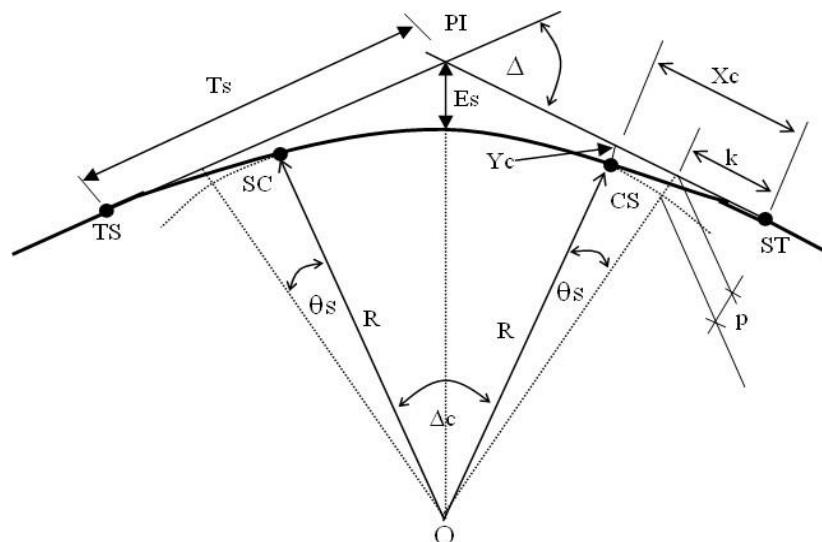
Dengan kontrol jika :

$L_c < 25$ m, maka sebaiknya digunakan tikungan jenis S-S

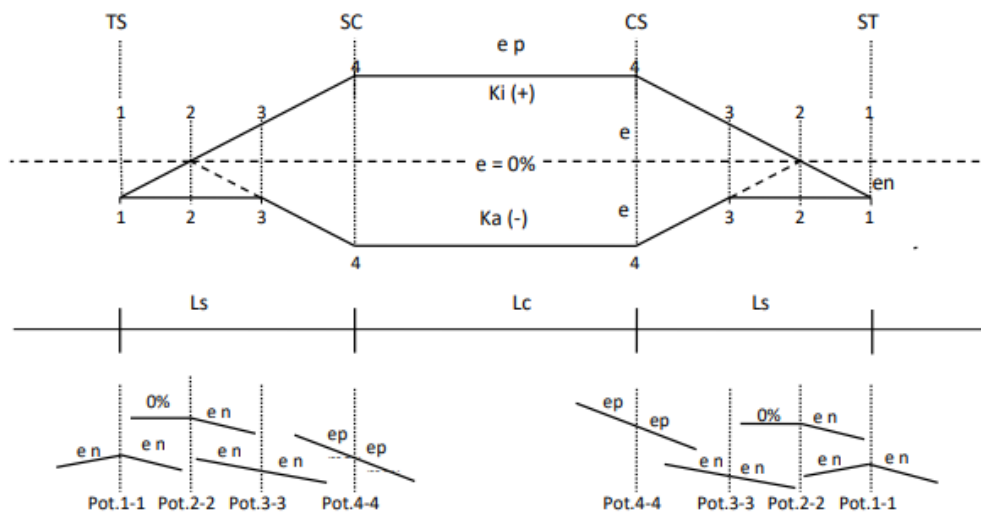
$P = \frac{L_s^2}{24 \cdot Rc} < 0,25$ m, maka digunakan tikungan jenis F-C

Untuk, $L_s = 1$ m; $p = p'$ dan $k = k'$

Untuk, $L_s = L_s$; $p = p' \times L_s$ dan $k = k' \times L_s$; nilai p' dan k' dapat diambil dari tabel 2.5



Gambar 2.12 Sketsa Tikungan *Spiral – Circle – Spiral* (SCS)



Gambar 2.13 Diagram Superelevasi *Spiral – Circle – Spiral*

2.4.3 Tikungan Spiral-Spiral (SS)

Tikungan ini merupakan tikungan yang terdiri dari lengkung horizontal berbentuk spiral-spiral tanpa busur lingkaran, sehingga titik SC berimpit dengan titik CS. (Silvia Sukirman, 1999 : 134). Adapun ketentuan dan rumus yang digunakan untuk jenis tikungan *spiral-spiral* adalah sebagai berikut :

$$L_c = 0 \dots\dots\dots(2.34)$$

$$\theta_s = \Delta/2 \dots\dots\dots (2.35)$$

$$L_s = \frac{\theta s R}{28,648} \text{ atau } L_s = \frac{\theta s \pi R}{90} \dots\dots\dots(2.36)$$

$$T_s = (R + p) \cdot \tan \frac{\Delta}{2} + k \dots\dots\dots (2.37)$$

$$E_s = (R + p) \cdot \sec \frac{\Delta}{2} - R \dots\dots\dots (2.38)$$

$$L_{tot} = 2 L_s \dots\dots\dots (2.39)$$

$p = p' \times L_s$; $k = k' \times L_s$ dengan nilai p' dan k' diambil dari tabel 2.5

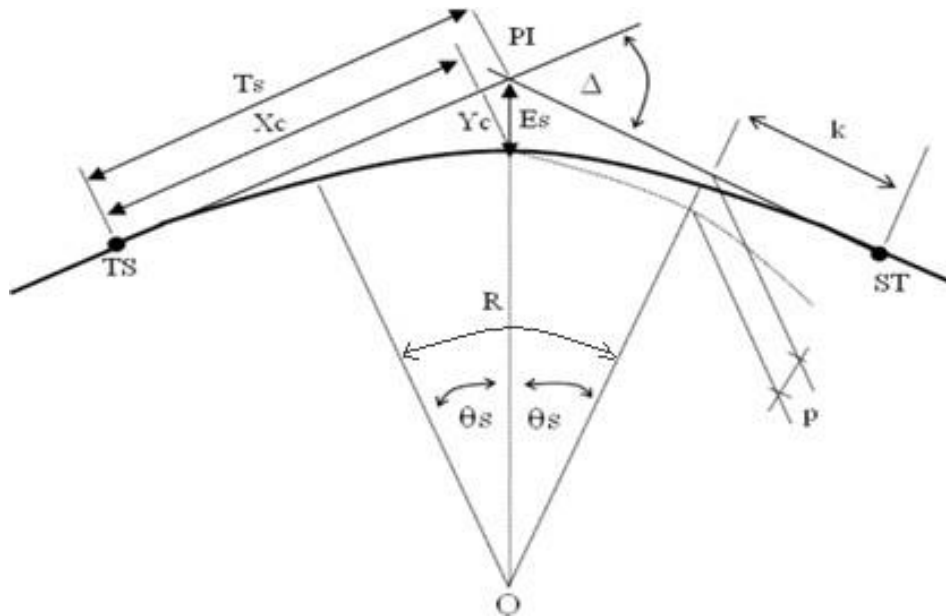
Dimana:

L_s = panjang lengkung peralihan (jarak TS-SC atau CS-ST), (m)

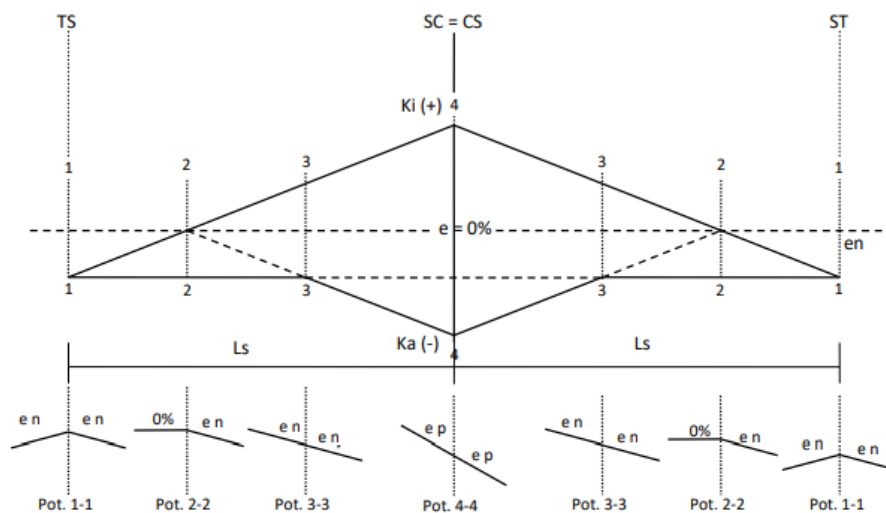
L_c = panjang busur lingkaran (jarak SC-CS), (m)

Δ = sudut tikungan, ($^{\circ}$)

- θ_s = sudut lengkung spiral, ($^\circ$) R = jari-jari tikungan, (m)
- p = pergeseran tangen terhadap spiral, (m)
- k = absis p pada garis tangen spiral, (m)
- L_{tot} = panjang tikungan SS, (m)



Gambar 2.14 Skesta Tikungan *Spiral – Spiral* (SS)



Gambar 2.15 Diagram Superelevasi *Spiral – Spiral*

Tabel 2.26 Nilai p^* dan k^* , untk $L_s = 1$

Qs (°)	p^*	k^*	Qs (°)	p^*	k^*	Qs(°)	p^*	k^*
0,5	0,00073	0,5	14	0,02067	0,49899	27,5	0,04228	0,49594
1	0,00145	0,49999	14,5	0,02143	0,49892	28	0,04314	0,49578
1,5	0,00218	0,49999	15	0,02219	0,49884	28,5	0,04399	0,49562
2	0,00291	0,49998	15,5	0,02296	0,49876	29	0,04486	0,49546
2,5	0,00364	0,49997	16	0,02372	0,49868	29,5	0,04572	0,49529
3	0,00437	0,49995	16,5	0,02449	0,49859	30	0,0466	0,49512
3,5	0,0051	0,49994	17	0,02527	0,4985	30,5	0,04747	0,49494
4	0,00582	0,49992	17,5	0,02604	0,49841	31	0,04836	0,49477
4,5	0,00656	0,4999	18	0,02682	0,49831	31,5	0,04924	0,49458
5	0,00729	0,49987	18,5	0,02761	0,49822	32	0,05013	0,4944
5,5	0,00802	0,49985	19	0,02839	0,49812	32,5	0,015103	0,49421
6	0,00948	0,49982	19,5	0,02918	0,49801	33	0,05193	0,49402
6,5	0,01022	0,49978	20	0,02997	0,49791	33,5	0,05284	0,49382
7	0,01022	0,49975	20,5	0,03077	0,4978	34	0,05375	0,49362
7,5	0,01096	0,49971	21	0,03156	0,49769	34,5	0,05467	0,49341
8	0,01169	0,49974	21,5	0,03237	0,49757	35	0,0556	0,49321
8,5	0,01243	0,49931	22	0,03317	0,49745	35,5	0,05625	0,49299
9	0,01317	0,49959	22,5	0,03398	0,49733	36	0,05746	0,49278
9,5	0,01391	0,49954	23	0,03479	0,49721	36,5	0,0584	0,49256
10	0,01466	0,49949	23,5	0,03561	0,49708	37	0,05935	0,49233
10,5	0,0154	0,49944	24	0,03643	0,49695	37,5	0,0603	0,4921
11	0,01615	0,49938	24,5	0,03725	0,49681	38	0,06126	0,49187
11,5	0,01689	0,49932	25	0,03808	0,49668	38,5	0,06222	0,49163
12	0,01764	0,49926	25,5	0,03891	0,49654	39	0,06319	0,49139
12,5	0,0184	0,4992	26	0,03975	0,49639	39,5	0,06417	0,49115
13	0,01915	0,49913	26,5	0,04059	0,49625	40	0,06515	0,4909
13,5	0,01991	0,49906	27	0,04143	0,49609	-	-	-

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan Kementerian PUPR, 2020)

2.4.4 Landai Relatif

Pada jalan yang lurus kendaraan bergerak tanpa membutuhkan kemiringan melintang jalan (e). Namun agar air hujan yang jatuh menimpa perkerasan jalan dapat mengalir ke samping dan masuk ke saluran tepi dengan cepat, maka dibuatkan kemiringan melintang jalan yang disebut dengan kemiringan normal (e_n). Besarnya kemiringan normal jalan sangat tergantung kepada jenis lapis permukaan jalan yang dipergunakan. Semakin kedap air pada permukaan jalan tersebut maka kemiringan melintang jalan akan dibuat semakin landai sebaliknya jenis lapis permukaan jalan yang mudah dirembesi oleh air harus mempunyai kemiringan melintang jalan yang cukup besar sehingga kerusakan konstruksi perkerasan jalan dapat dihindari. Besar kemiringan melintang normal berkisar antara 2 - 4%.

Pada bagian lengkung peralihan pencapaian kemiringan melintang sebesar superelevasi dari kemiringan melintang normal pada jalan lurus sampai kemiringan melintang sebesar superelevasi pada lengkung berbentuk busur lingkaran, menyebabkan peralihan tinggi perkerasan sebelah luar dari elevasi kemiringan normal pada jalan lurus ke elevasi sesuai kemiringan superelevasi pada busur lingkaran.

Proses Kemiringan melintang atau kelandaian pada penampang jalan diantara tepi perkerasan luar dan sumbu jalan sepanjang lengkung peralihan disebut landai relatif (Shirley L. Hendarsin, 2000 : 103).

Landai relatif (L/m) adalah besarnya kelandaian akibat perbedaan elevasi tepi perkerasan sebelah luar sepanjang lengkung peralihan. Perbedaan elevasi didasarkan pada tinjauan perubahan bentuk penampang melintang jalan, belum merupakan gabungan dari perbedaan elevasi akibat kelandaian vertikal jalan. Rumus yang digunakan untuk menghitung landai relatif berdasarkan metode Bina Marga :

$$\frac{1}{m} = \frac{(e_p + e_n) B}{L_s} \dots\dots\dots(2.40)$$

Dimana = $\frac{1}{m}$ = Landai Relatif

L_s = panjang lengkung peralihan

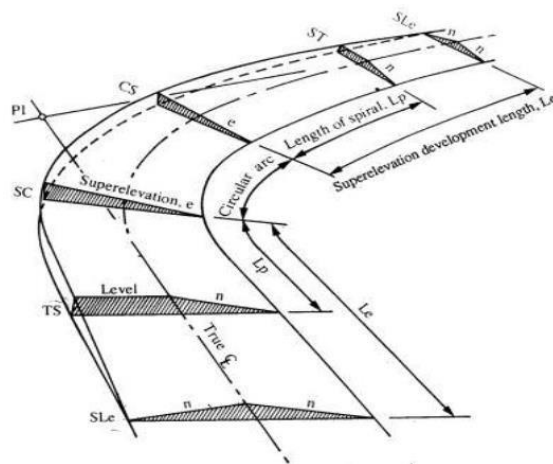
B = lebar jalur 1 arah (m) e_p = superelevasi (m/m')

e_n = kemiringan melintang normal (m/m')

Tabel 2.27 Landai Relatif Maksimum

V_D (Km/Jam)	Kelandaian Relatif Maksimum (%)	Kemiringan Relatif Ekivalen Maksimum
20	0,80	1:125
30	0,75	1:133
40	0,70	1:143
50	0,65	1:154
60	0,60	1:167
70	0,55	1:182
80	0,50	1:200
90	0,47	1:213
100	0,44	1:227
110	0,41	1:244
120	0,38	1:263
130	0,35	1:286

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan Kementerian PUPR, 2020)



Gambar 2.16 Perubahan kemiringan melintang jalan

2.4.5 Diagram Superelevasi

Diagram superelevasi menggambarkan pencapaian superelevasi dari lereng normal ke superelevasi penuh, sehingga dengan mempergunakan diagram superelevasi dapat ditentukan bentuk penampang melintang pada setiap titik disuatu lengkung horizontal yang direncanakan. (Silvia Sukirman, 1994 : 116)

Pencapaian superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai ke superelevasi penuh pada bagian lengkung. Adapun ketentuan-ketentuan dalam pencapaian superelevasi menurut Shirley L. Hendarsin (2000 : 101-103) :

- 1) Superelevasi dapat dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.
- 2) Pada tikungan *Spiral-Circle-Spiral*, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bentuk normal sampai lengkung peralihan (TS) yang berbentuk pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh pada akhir bagian lengkung peralihan (SC).
- 3) Pada bagian *Full Circle*, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bagian lurus sepanjang $2/3L_s$ sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang $1/3L_s$.
- 4) Pada tikungan *Spiral-Spiral*, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.
- 5) Superelevasi tidak diperlukan jika radius cukup besar, untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LN) atau bahkan tetap lereng normal (LN).

Penggambaran superelevasi dilakukan untuk mengetahui kemiringan kemiringan jalan pada bagian tertentu, yang berfungsi untuk mempermudah dalam pekerjaannya atau pelaksanaannya dilapangan. Diagram superelevasi digambarkan berdasarkan elevasi sumbu jalan sebagai garis nol. Ada tiga cara dalam menggambarkan diagram superelevasi yaitu :

- 1) Sumbu jalan dipergunakan sebagai sumbu putar.
- 2) Tepi perkerasan jalan sebelah dalam digunakan sebagai sumbu putar.

3) Tepi perkerasan jalan sebelah luar digunakan sebagai sumbu putar.

Untuk jalan raya yang mempunyai median (jalan raya terpisah), pencapaian kemiringan didasarkan pada lebar serta bentuk penampang melintang median yang bersangkutan dan dapat dilakukan dengan menggunakan ketiga cara tersebut diatas, yaitu:

- 1) Masing-masing perkerasan diputar sendiri-sendiri dengan menggunakan sumbu jalan masing-masing jalur jalan sebagai sumbu putar.
- 2) Kedua perkerasan diputar sendiri-sendiri dengan sisi median sebagai sumbu putar, sedangkan median dibuat dalam kondisi datar.
- 3) Seluruh jalur jalan termasuk median diputar dalam satu bidang sama dan sumbu putarnya adalah sumbu median.

2.4.6 Pelebaran Perkerasan Jalan Pada Tikungan

Pelebaran perkerasan atau jalur lalu lintas ditikungan, dilakukan untuk mempertahankan kendaraan tetap pada lintasannya (lajurnya) sebagaimana pada bagian lurus. Hal ini terjadi karena pada kecepatan tertentu kendaraan pada tikungan cenderung akan keluar jalur akibat posisi roda depan dan roda belakang yang tidak sama, yang tergantung pada ukuran kendaraan.

Adapun rumus-rumus yang digunakan untuk perhitungan pelebaran jalan pada tikungan menurut buku dasar-dasar perencanaan geometrik jalan (Sukirman,1999) berikut ini :

$$B = \sqrt{\{\sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25\} + 64 - \sqrt{(Rc^2 - 64) + 1,25}} \text{ (m) } \dots (2.41)$$

Dimana :

B = Lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan ditikungan pada lajur sebelah dalam (m)

Rc = Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan.

Untuk lintasan luar roda depan (Rc) dapat dicari dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$Rc = R - \frac{1}{4} Bn + \frac{1}{2} b \text{ (m) } \dots \dots \dots (2.42)$$

Dimana :

R = Jari-jari busur lingkaran pada tikungan (m)

B_n = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

b = Lebar Kendaraan Rencana (m)

$B_t = n (B + C) + Z$ (m)

Dimana :

n = Jumlah jalur lalu lintas

B = Lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan ditikungan pada lajur sebelah dalam (m)

C = Lebar kebebasan samping dikiri dan kanan kendaraan = 1,0 m

Z = Lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi ditikungan (m)

$\Delta b = B_t - B_n$

Δb = Tambahan lebar perkerasan ditikungan (m)

Dimana nilai lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi ditikungan (Z) dapat dicari dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$Z = 0,015 \frac{V}{\sqrt{R}} \text{ (m) } \dots\dots\dots (2.43)$$

Dimana :

V = Kecepatan Rencana (km / jam)

R = Jari-jari tikungan

2.4.7 Kebebasan Samping pada Tikungan

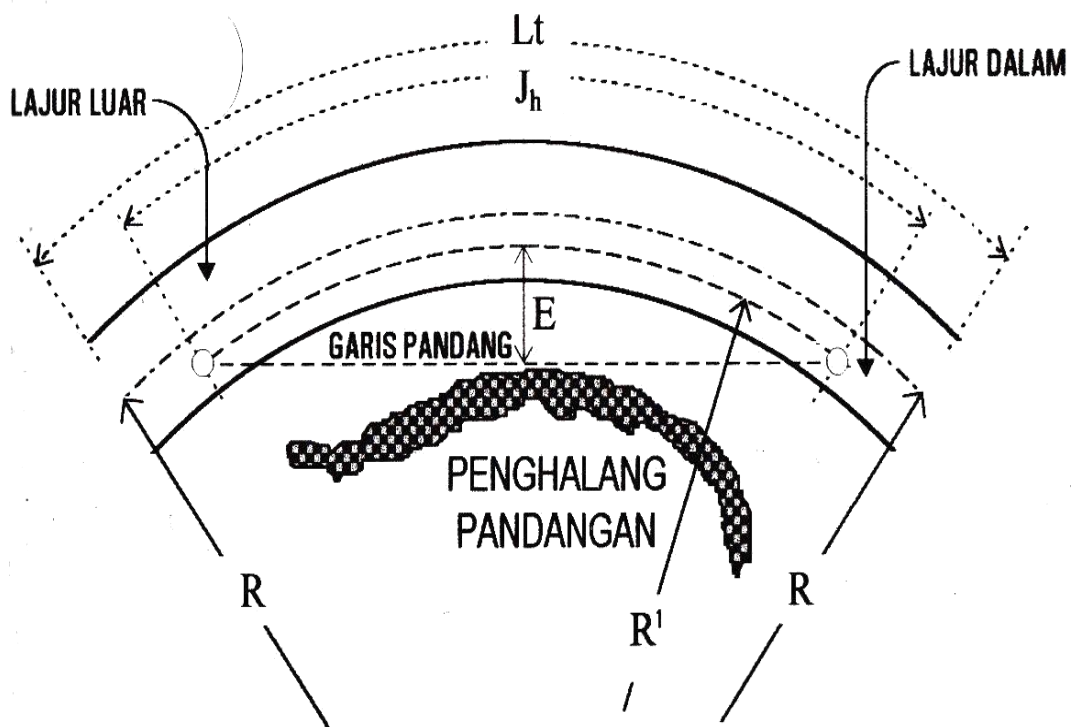
Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandangan pengemudi dari halangan benda-benda di sisi jalan berupa gedung-gedung, hutan-hutan kayu,tebing galian dan sebagainya. Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh E (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan J_h dipenuhi. Pada tikungan tidak selalu harus dilengkapi dengan kebebasan samping (jarak pembebasan). Hal ini tergantung pada :

- a. Jari-jari tikungan (R).
- b. Kecepatan rencana (V_r) yang langsung berhubungan dengan jarak pandang (S).
- c. Keadaan medan lapangan.

Seandainya pada perhitungan diperlukan adanya kebebasan samping akan tetapi keadaan tidak memungkinkan, maka diatasi dengan memberikan atau memasang rambu peringatan sehubungan dengan kecepatan yang di izinkan. Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut :

- 1) Jika $J_h < L_t$:

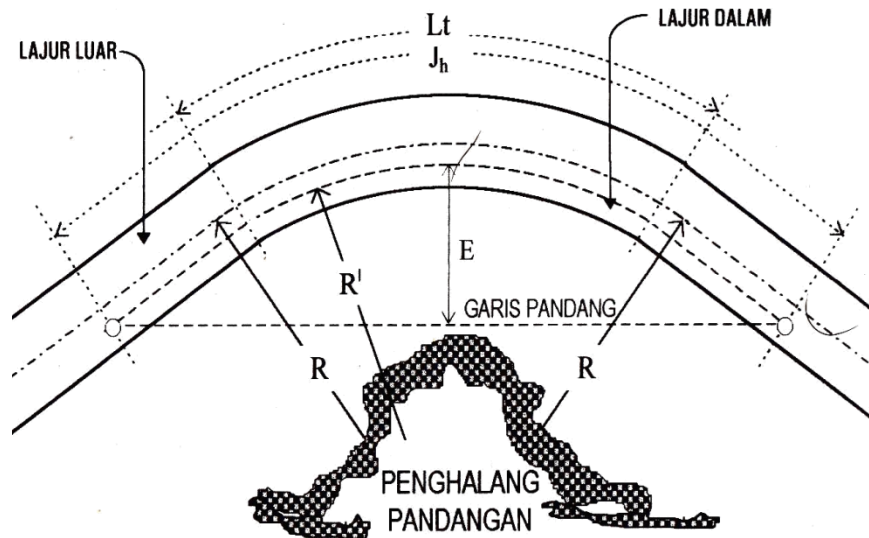
$$E = R' \left(1 - \cos \frac{28,65 J_h}{R'} \right) \dots \dots \dots (2.44)$$



Gambar 2.17 Daerah bebas samping di tikungan untuk $J_h < L_t$

2) Jika $J_h > L_t$:

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{28,65 J_h}{R'} \right) + \left(\frac{J_h - L_t}{2} \sin \frac{28,6 J_h}{R'} \right) \dots \dots \dots (2.45)$$



Gambar 2.18 Daerah bebas samping di tikungan untuk $J_h > L_t$

Dimana :

- R = jari-jari tikungan (m)
- R' = Jari-jari sumbu lajur dalam (m)
- J_h = Jarak Pandang Henti (m)
- L_t = Panjang Tikungan (m)

2.4.8 Penomoran Panjang Jalan (*Stationing*)

Penomoran (*stationing*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberikan nomor pada interval-interval tertentu dari awal pekerjaan. Nomor jalan (Sta jalan) dibutuhkan sebagai sarana komunikasi untuk dengan cepat mengenali lokasi yang sedang dibicarakan, selanjutnya menjadi panduan untuk lokasi suatu tempat. Nomor jalan ini sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan. Disamping itu dari penomoran jalan tersebut diperoleh informasi tentang panjang jalan secara keseluruhan. Setiap Sta jalan dilengkapi dengan gambar potongan melintangnya. (Silvia Sukirman, 1994 : 181)

Nomor jalan (Sta jalan) ini sama fungsinya dengan patok-patok km disepanjang jalan, namun juga terdapat perbedaannya antara lain :

- a. Patok km merupakan petunjuk jarak yang diukur dari patok km 0, yang umumnya terletak di ibukota provinsi atau kotamadya, sedangkan patok Sta merupakan petunjuk jarak yang diukur dari awal sampai akhir pekerjaan.
- b. Patok km berupa patok permanen yang dipasang dengan ukuran standar yang berlaku, sedangkan patok Sta merupakan patok sementara selama masa pelaksanaan proyek jalan tersebut.

Sta jalan dimulai dari 0+000 yang berarti 0 km dan 0 m dari awal pekerjaan. Adapun interval untuk masing-masing penomoran jika tidak adanya perubahan arah tangen pada alinyemen horizontal maupun alinyemen vertikal adalah sebagai berikut :

- 1) Setiap 100 m, untuk daerah datar
- 2) Setiap 50 m, untuk daerah bukit
- 3) Setiap 25 m, untuk daerah gunung

2.5 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perencanaan elevasi sumbu jalan pada setiap titik yang ditinjau, berupa profil memanjang jalan (Shirley L. Hendarsin, 2000 : 113).

Alinyemen vertikal disebut juga penampang memanjang jalan yang terdiri dari garis-garis lurus dan garis-garis lengkung, garis lurus dapat datar, mendaki atau menurun dengan kelandaian tertentu yang dinyatakan dalam persen. Pada perencanaan alinyemen vertikal akan ditemui kelandaian positif (tanjakan) dan kelandaian negatif (turunan), sehingga kombinasinya berupa lengkung cembung dan lengkung cekung, disamping kedua lengkung tersebut ditemui juga kelandaian = 0 (datar).

Menurut Silvia Sukirman (1994 : 154) perencanaan alinyemen vertikal sangat dipengaruhi oleh berbagai pertimbangan seperti :

- Kondisi tanah dasar
- Keadaan medan
- Fungsi jalan
- Muka air banjir
- Muka air tanah
- Kelandaian yang masih memungkinkan

Pada umumnya gambar rencana suatu profil memanjang jalan dibaca dari kiri ke kanan, sehingga landai jalan diberi tanda positif untuk pendakian dari kiri ke kanan, dan landai negatif untuk penurunan dari kiri ke kanan. Pendakian dan penurunan yang terjadi memberikan pengaruh terhadap gerak kendaraan.

2.5.1 Kelandaian

A. Kelandaian minimum

Hampir seluruh kendaraan penumpang dapat berjalan dengan baik dengan kelandaian 7-8% tanpa ada perbedaan dibandingkan pada bagian datar, sedangkan untuk truk akan lebih besar pengaruhnya. Kelandaian minimum ditinjau dari kepentingan drainase jalan. Dalam perencanaan landai minimum Silvia Sukirman (1994 :155) menyarankan :

- 1) Untuk tanah timbunan yang tidak menggunakan kerb, maka lereng melintang jalan dianggap sudah cukup untuk dapat mengalirkan air diatas badan jalan yang selanjutnya dibuang ke lereng jalan.
- 2) Untuk jalan-jalan diatas tanah timbunan dengan medan datar dan menggunakan kerb, kelandaian yang dianjurkan adalah sebesar 0,15%, yang dapat membantu mengalirkan air dari atas badan jalan dan membuangnya ke saluran tepi atau saluran pembuangan.
- 3) Untuk jalan-jalan di daerah galian atau jalan yang memakai kerb, kelandaian jalan minimum yang dianjurkan adalah 0,30 – 0,50 %. Lereng melintang jalan hanya cukup untuk mengalirkan air hujan yang jatuh diatas badan jalan, sedangkan landai jalan dibutuhkan untuk membuat kemiringan dasar saluran samping, untuk membuang air permukaan sepanjang jalan.

B. Landai maksimum

Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk menjaga agar kendaraan dapat bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh dan mampu bergerak, dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah.

Tabel 2.28 Kelandaian Maksimum yang di Izinkan

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

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan Kementerian PUPR, 2020)

C. Panjang kritis suatu kelandaian

Panjang kritis adalah panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatan sedemikian rupa, sehingga penurunan kecepatan yang terjadi tidak lebih dari separuh kecepatan rencana (V_r). Lama perjalanan tersebut ditetapkan tidak lebih dari satu menit.

Tabel 2.29 Panjang Kritis Kelandaian

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 : Pedoman Desain Geometrik Jalan Kementerian PUPR, 2020)

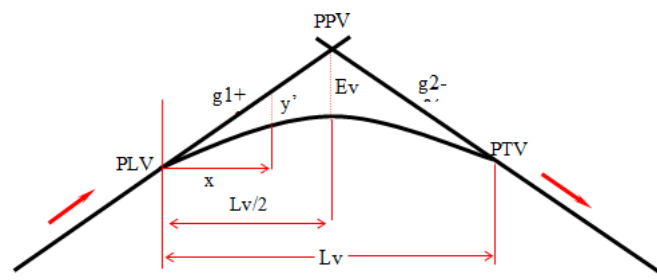
D. Lajur pendakian

Pada lajur jalan dengan rencana volume lalu lintas tinggi, maka kendaraan berat akan berjalan pada lajur pendakian dengan kecepatan dibawah kecepatan rencana (V_r), sedangkan kendaraan lainnya masih dapat bergerak dengan kecepatan rencana. Dalam hal ini sebaiknya dipertimbangkan untuk membuat lajur tambahan di sebelah kiri lajur jalan dengan ketentuan untuk jalan baru menurut MKJI atau TPGJAK.

2.5.2 Lengkung Vertikal

Pergantian dari satu kelandaian ke kelandaian berikutnya, dilakukan dengan mempergunakan lengkung vertikal. Lengkung vertikal direncanakan untuk merubah secara bertahap perubahan dari dua kelandaian arah memanjang jalan pada lokasi yang di perlukan agar tidak terjadi patahan yang bertujuan untuk memenuhi keamanan, kenyamanan bagi pengguna jalan serta penyediaan drainase yang baik.

Bentuk lengkung vertikal adalah parabola dengan asumsi sederhana sehingga elevasi sepanjang lengkung dapat diperkirakan panjangnya, panjang minimum lengkung vertikal dapat dilihat pada tabel 2.9. Kelandaian menaik diberi tanda (+) dan kelandaian menurun diberi tanda (-) ketentuan pendakian atau penurunan ditinjau dari kiri ke kanan.



Gambar 2.19 Bentuk Lengkung Vertikal Parabola Keterangan :

PPV = titik perpotongan kelandaian g_1 dan g_2

PLV = titik awal lengkung parabola.

PTV = titik akhir lengkung parabola.

g = kemiringan tangen ; (+) naik; (-) turun.

E_v = pergeseran vertikal titik tengah busur lingkaran ($PV_1 - m$) meter.

L_v = panjang lengkung vertikal

x = jarak dari titik PLV ke titik yang ditinjau

y' = besarnya penyimpangan/defleksi (jarak vertikal) antara garis kemiringan dengan lengkungan

Tabel 2.30 Panjang Minimum Lengkung Vertikal

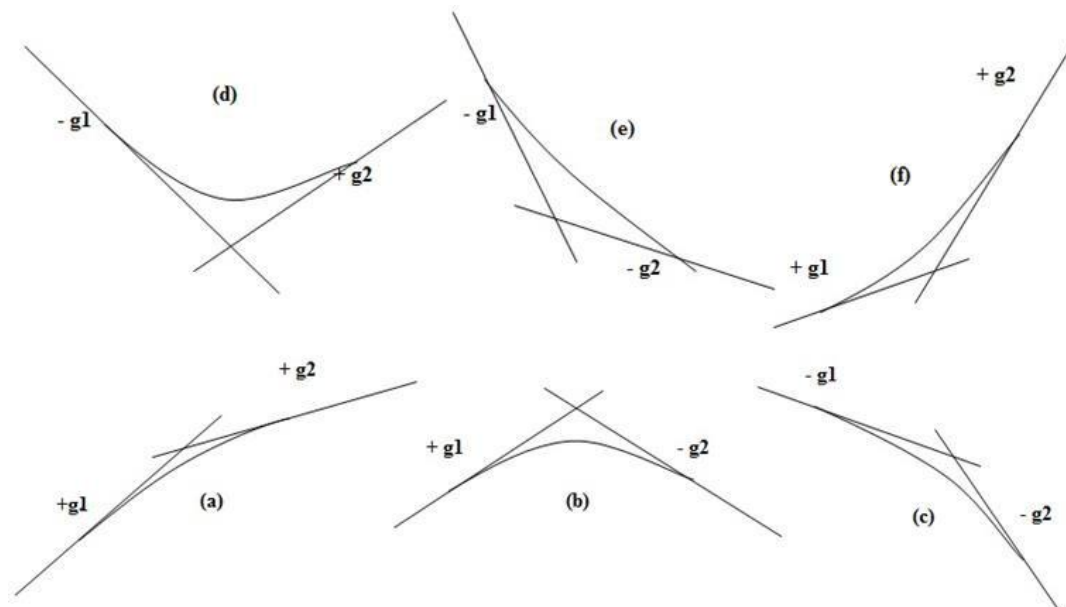
Kecepatan Rencana (km/jam)	Perbedaan Kelandaian Memanjang (%)	Panjang Lengkung (m)
<40	1	20-30
40-60	0,6	40-80
>60	0,4	80-150

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan Kementerian PUPR, 2020)

Jenis lengkung vertikal dilihat dari titik perpotongan kedua bagian yang lurus (tangen), adalah :

- Lengkung vertikal cekung adalah suatu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada dibawah permukaan jalan.
- Lengkung vertikal cembung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan yang bersangkutan.

Pada gambar 2.2 Lengkung vertikal type a, b, dan c dinamakan lengkung vertikal cembung, sedangkan lengkung vertikal d, e, dan f dinamakan lengkung vertikal cekung



Gambar 2.20 Jenis Lengkung Vertikal dilihat dari titik perpotongan kedua tangen

Adapun rumus yang digunakan untuk lengkung vertikal adalah sebagai berikut :

$$A = g_1 \pm g_2 \dots\dots\dots(2.46)$$

$$Y' = \left[\frac{g_2 - g_1}{200 Lv} \right] \cdot X^2 \dots\dots\dots(2.47)$$

Untuk $x = \frac{1}{2} Lv$, maka $y' = Ev$ dirumuskan sebagai

$$Ev = \frac{(g_2 - g_1) Lv}{800} \dots\dots\dots(2.48)$$

Dimana :

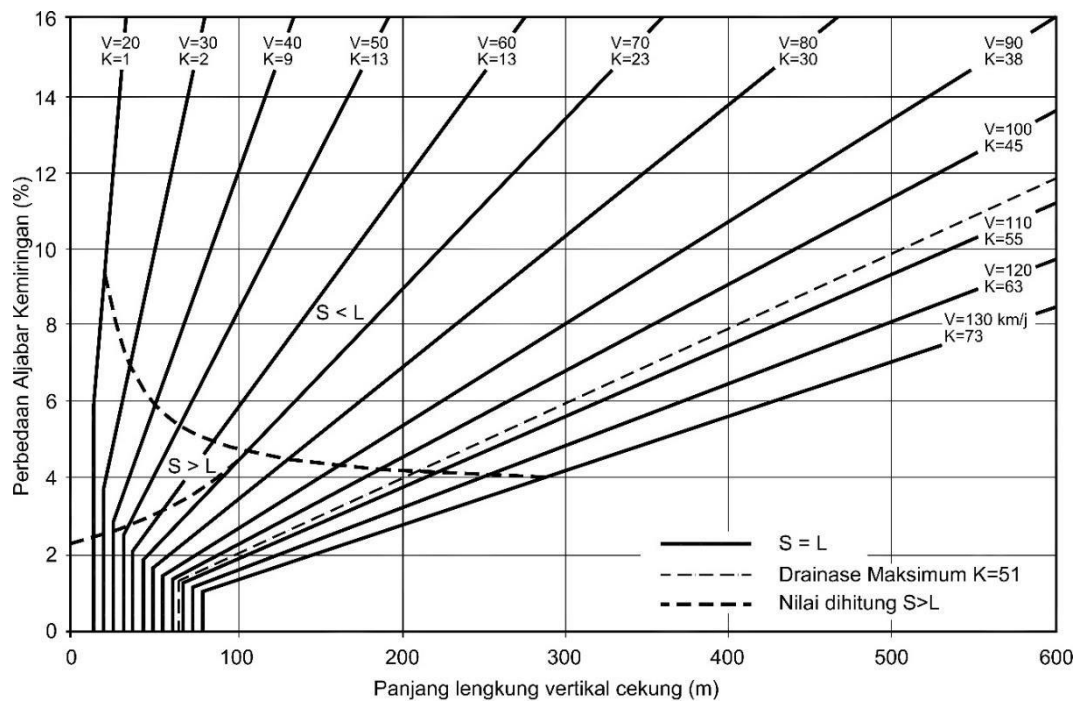
x = jarak horizontal dari titik PLV ke titik yang ditinjau (m)

y' = besarnya penyimpangan (jarak vertikal) antar garis kemiringan dengan lengkungan (m).

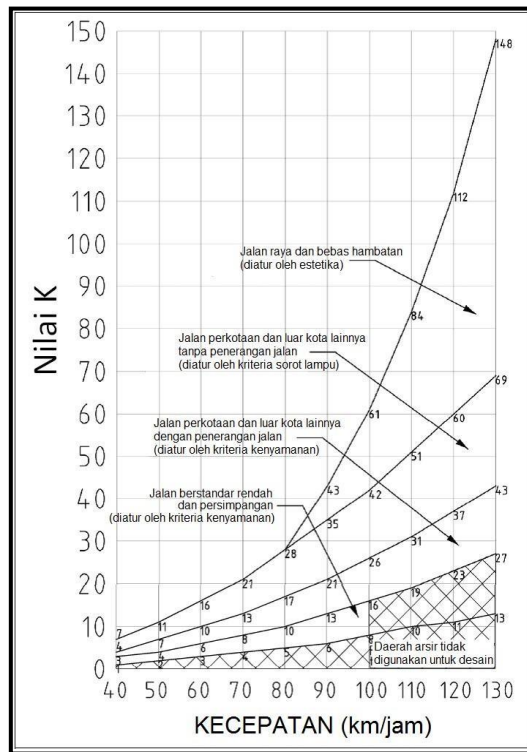
g_1, g_2 = besar kelandaian (kenaikan/penurunan) (%)

Lv = panjang lengkung vertikal (m)

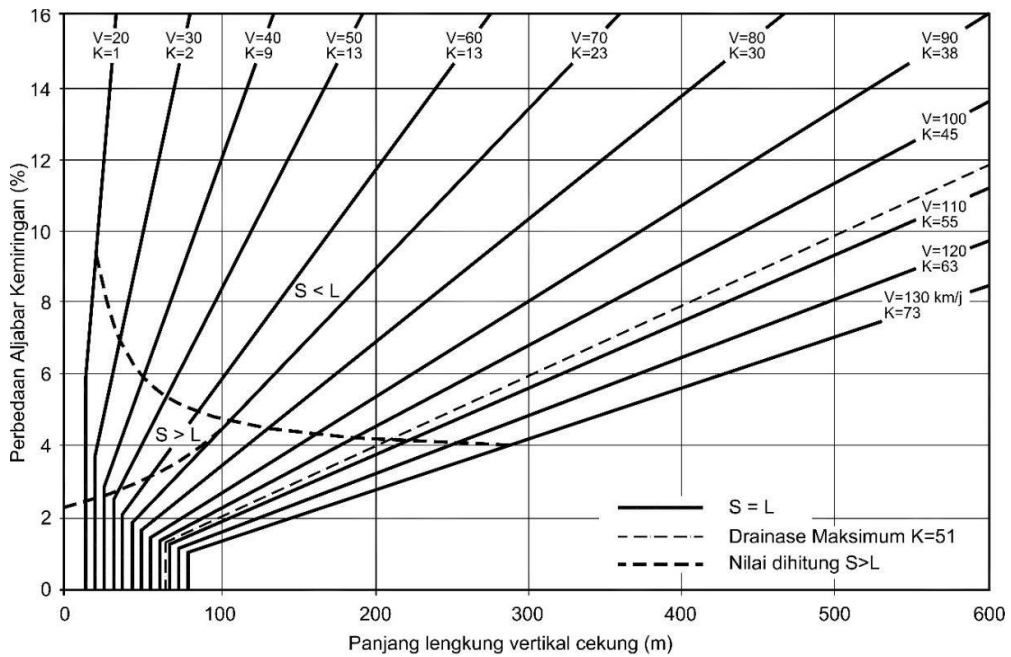
Menentukan panjang lengkung vertikal juga dapat ditentukan berdasarkan grafik, yang dapat dilihat pada gambar 2.21 – 2.23 berikut



Gambar 2.21 Grafik Panjang Panjang Lengkung Vertikal Cembung (m)



Gambar 2.22 Rentang nilai K untuk lengkung cekung



Gambar 2.23 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung

2.6 Koordinasi Alinyemen

Menurut Shirley L. Hendarsin (2000: 124-125) koordinasi alinyemen pada perencanaan teknik jalan, diperlukan untuk menjamin suatu perencanaan teknik jalan raya yang baik dan menghasilkan keamanan serta rasa nyaman bagi pengemudi kendaraan (selaku pengguna jalan) yang melalui jalan tersebut. Maksud koordinasi dalam hal ini yaitu penggabungan beberapa elemen dalam perencanaan geometrik jalan yang terdiri dari perencanaan alinyemen horizontal, alinyemen vertikal dan potongan memanjang dalam suatu paduan sehingga menghasilkan produk perencanaan teknik sedemikian yang memenuhi unsur aman, nyaman, dan ekonomis. Beberapa ketentuan atau syarat sebagai panduan yang dapat digunakan untuk proses koordinasi alinyemen, sebagai berikut:

- a. Alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal terletak pada satu fase, dimana alinyemen horizontal sedikit lebih panjang dari alinyemen vertikal.
- b. Tikungan tajam yang terletak di atas lengkung vertikal cembung atau di bawah lengkung vertikal cekung harus dihindarkan, karena hal ini akan menghalangi pandangan mata pengemudi pada saat memasuki tikungan pertama dan juga jalan terkesan putus.
- c. Pada kelandaian jalan yang lurus dan panjang, sebaiknya tidak dibuat lengkung vertikal cekung, karena pandangan pengemudi akan terhalang oleh puncak alinyemen vertikal, sehingga sulit untuk memperkirakan alinyemen dibalik puncak tersebut.
- d. Lengkung vertikal dua atau lebih pada satu lengkung horizontal, sebaiknya dihindarkan.
- e. Tikungan tajam yang terletak diantara bagian jalan yang lurus dan panjang harus dihindarkan.

2.7 Bangunan Pelengkap Jalan

Bangunan pelengkap jalan merupakan bagian dari jalan yang dibangun untuk memenuhi persyaratan kelancaran lalu lintas dan menghindari kerusakan yang mungkin terjadi pada permukaan jalan dan berdampak pada kenyamanan

pemakai jalan. Menurut Shirley L. Hendarsin (2000: 309) bangunan pelengkap jalan dapat dikelompokkan sebagai berikut :

- a. Bangunan Drainase Jalan
- b. Bangunan Penguat Tebing
- c. Bangunan Pengaman Lalu Lintas, Rambu dan Marka Jalan

2.7.1 Drainase Jalan

Pada pembangunan dan pemeliharaan jalan, drainase sangat penting diperhatikan karena kondisi drainase yang buruk juga merupakan penyebab utama kerusakan perkerasan. Drainase jalan yang baik harus mampu menghindari masalah-masalah atau kerusakan jalan yang disebabkan oleh pengaruh cuaca dan beban lalu lintas.

Air masuk ke struktur perkerasan jalan melalui banyak cara antara lain retak pada permukaan jalan, air tanah tinggi pada musim hujan atau infiltrasi dan kapilerisasi air pada daerah sekitar perkerasan.

Drainase digunakan sebagai bangunan pelengkapan jalan untuk mengalirkan air pada permukaan jalan secepat mungkin agar jalan tidak tergenang air dalam waktu yang cukup lama yang akan mengakibatkan kerusakan konstruksi jalan. Ada dua jenis drainase yaitu :

- Drainase permukaan
- Drainase bawah permukaan

Drainase permukaan berfungsi untuk membuang air dari permukaan perkerasan ke saluran pembuang. Saluran drainase permukaan terdiri dari tiga jenis, yaitu :

- Saluran (Saluran Penangkap; Saluran Samping)
- Gorong-gorong (*Culvert*)
- Saluran Alam (Sungai) yang memotong jalan

Agar saluran air hujan dapat ditampung dan dialirkan ketempat pembuangan (sungai dll) maka kapasitas sarana drainase jalan (kecuali saluran alam) ukuran/dimensinya harus direncanakan terlebih dahulu berdasarkan besarnya

kapasitas yang diperlukan (Q_s) yaitu dapat menampung besarnya debit aliran rencana (Q_r).

Untuk menghitung besarnya hujan rencana, dapat digunakan berbagai cara tergantung data hujan (dari hasil pengamatan) yang tersedia, karena tidak semua post pencatat hujan model otomatis dan pengamatan yang dilakukan juga tidak selalu kontinu (berbagai pertimbangan dari segi SDM, keamanan, kondisi lokasi, teknisi dan suku cadang).

Metode untuk menentukan Q_r akibat hujan yang banyak digunakan dan disarankan oleh JICA, AASTHO maupun SNI yaitu metode rasional yang merupakan rumus empiris dari hubungan antara curah hujan dan besarnya limpasan (debit).

$$Q = \frac{C.It.A}{3,6} \dots\dots\dots(2.49)$$

Dimana :

- Q = Debit limpasan (m³/det)
- C = Koefisien Limpasann atau pengaliran
- It = Intensitas Hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)
- A = Luas daerah tangkapan hujan (km²)

2.7.2 Saluran Samping

Tahapan untuk menentukan kapasitas saluran samping jika menggunakan metode rasional

- a. Menentukan Frekuensi Hujan Rencana Pada Masa Ulang (T) Tahun

Di bawah ini diberikan contoh perhitungan sekaligus dengan uraian dan rumus dengan Analisa Distribusi Frekuensi Cara Gumbel Rumus persamaan yang digunakan sebagai berikut :

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \dots\dots\dots(2.50)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(X^2) - \frac{(\sum X)^2}{n}}{n-1}} \dots\dots\dots(2.51)$$

$$R_T = X + K S_x \dots\dots\dots(2.52)$$

Dimana :

X = Curah Hujan Harian maksimum pertahun (mm)

N = Jumlah data curah hujan

\bar{X} = Curah hujan harian rata-rata (mm)

Sx = Standar Deviasi

RT = Frekuensi Hujan pada Periode ulang T

K = Faktor Frekuensi

Tabel 2.31 Nilai K Sesuai Lama Pengamatan

T	Y _T	Lama Pengamatan (Tahun)				
		10	15	20	25	30
2	0,3665	-0,1355	-0,1434	-0,1478	-0,1506	-0,1526
5	1,4999	1,0580	0,9672	0,9186	0,8878	0,8663
10	2,2502	1,8482	1,7023	1,6246	1,5752	1,5408
20	2,9702	2,6064	2,4078	2,3020	2,2348	2,1881
25	3,1985	2,8468	2,6315	2,5168	2,4440	2,3933
50	3,9019	3,5875	3,3207	3,1787	3,0884	3,0256
100	4,6001	4,3228	4,0048	3,8356	3,7281	3,6533

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

b. Menentukan Intensitas Hujan Rencana

Untuk mengolah R (frekuensi hujan) menjadi I (Intensitas Hujan) dapat digunakan cara Mononobe sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \dots\dots\dots(2.53)$$

Dimana:

I = Intensitas hujan (mm/jam)

t = lamanya curah hujan (menit)

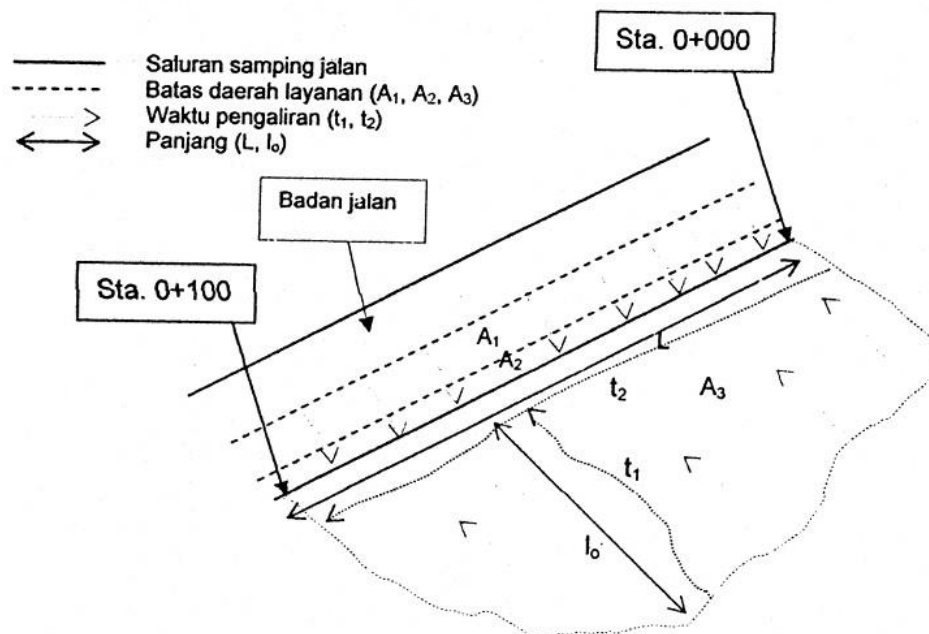
R₂₄ = curah hujan maksimum harian (selama 24 jam)(mm)

Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan baik secara statistik maupun secara empiris. Biasanya intensitas hujan

dihubungkan dengan durasi hujan jangka pendek misalnya 5 menit, 30 menit, 60 menit dan jam.

c. Luas Daerah Pengaliran (A)

Luas daerah tangkapan hujan (catchment area) pada perencanaan saluran samping jalan adalah daerah pengaliran yang menerima curah hujan selama waktu tertentu (intensitas hujan) sehingga menimbulkan debit limpasan yang harus dialirkan perhitungan luas daerah pengaliran didasarkan pada panjang segmen jalan yang ditinjau.



Gambar 2.24 Daerah pengaliran saluran samping jalan

d. Koefisien Pengaliran dan Faktor Limpasan

Koefisien pengaliran (C) dan koefisien limpasan (fk) adalah angka reduksi dari intensitas hujan, yang besarnya disesuaikan dengan kondisi permukaan, kemiringan atau kelandaian, jenis tanah dan durasi hujan, koefisien ini tidak berdimensi. Berdasarkan Pd. T-02-2006-8 tentang perencanaan Drainase Jalan nilai C dengan berbagai kondisi permukaan, dapat dihitung atau ditentukan dengan cara sebagai berikut :

$$C_w = \frac{C_1.A_1 + C_2.A_2 + C_3.A_3.f_k}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots} \dots\dots\dots(2.54)$$

Dimana :

$C_1, C_2 \dots$ = Koefisien pengaliran sesuai dengan jenis permukaan

$A_1, A_2 \dots$ = Luas daerah pengaliran (km^2)

C_w = C rata-rata pada daerah pengaliran yang dihitung.

F_k = Faktor limpasan sesuai guna jalan

Harga Koefisien pengaliran (C) atau koefisien limpasan (f_k) dapat dilihat pada tabel 2.32

e. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi (T_c) adalah waktu terpanjang yang dibutuhkan untuk seluruh daerah layanan dalam menyalurkan aliran air secara simultan (*runoff*) setelah melewati titik-titik tertentu.

Terdiri dari (t_1) waktu untuk mencapai saluran dari titik terjauh dan (t_2) waktu pengaliran. Waktu konsentrasi untuk saluran terbuka dihitung dengan rumus

$$T_c = t_1 + t_2 \dots\dots\dots(2.55)$$

$$t_1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times I_o \times \frac{nd}{\sqrt{k}} \right)^{0,167} \dots\dots\dots(2.56)$$

$$t_2 = \frac{L}{60 \times V} \dots\dots\dots(2.57)$$

Dimana :

T_c = waktu konsentrasi (menit)

t_1 = waktu untuk mencapai awal saluran dari titik terjauh (rmenit)

t_2 = waktu aliran dalam saluran sepanjang L dari ujung saluran (rmenit)

I_o = Jarak dari titik terjauh sampai sarana drainase (m) L = panjang saluran (m)

K = kelandaian permukaan

n_d = Koefisien hambatan (lihat Tabel 2.33)

Is = kemiringan saluran memanjang

V = kecepatan air rata-rata pada saluran drainase

f. Debit Banjir

Untuk menghitung debit aliran (Q) dapat dihitung dengan rumus

$$Q = \frac{1}{3,6} \times Cw \times I \times A \dots\dots\dots(2.58)$$

Dimana :

Q = Debit Aliran (m³/detik)

Cw = Koefisien Pengaliran rata-rata

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

A = Luas daerah layanan (km²)

Tabel 2.32 Harga Koefisien Pengaliran (C) dan Harga Faktor Limpasan (fk)

No.	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)	Faktor Limpasan (fk)
	BAHAN		
1	Jalan beton & jalan aspal	0,70 – 0,90	-
2	Jalan kerikil & jalan tanah	0,40 – 0,70	-
3	Bahu Jalan :		
	Tanah berbutir halus	0,40 – 0,65	-
	Tanah berbutir kasar	0,10 – 0,20	-
	Batuan masif keras	0,70 – 0,85	-
	Batu masif lunak	0,60 – 0,75	-
	TATA GUNA LAHAN		
1	Daerah perkotaan	0,70 – 0,95	2,0
2	Daerah pinggiran kota	0,60 – 0,70	1,5
3	Daerah industri	0,60 – 0,90	1,2
4	Pemukiman padat	0,40 – 0,60	2,0
5	Pemukiman tidak padat	0,40 – 0,60	1,5
6	Taman dan kebun	0,20 – 0,40	0,2
7	Persawahan	0,45 – 0,60	0,5
8	Perbukitan	0,70 – 0,80	0,4
9	Pegunungan	0,75 – 0,90	0,3

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

Table 2.33 Koefisien Hambatan berdasarkan kondisi permukaan

Kondisi permukaan yang dilalui aliran	n_d
1 Lapisan semen dan aspal beton	0,013
2 Permukaan halus dan kedap air	0,02
3 Permukaan halus dan padat	0,10
4 Lapangan dengan rumput jarang, lading, dan tanah lapang kosong dengan permukaan cukup kasar	0,20
5 Lading dan lapangan rumput	0,40
6 Hutan	0,60
7 Hutan dan rimba	0,80

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

2.7.3 Gorong-gorong (*Culvert*)

Pada drainase jalan, gorong-gorong berfungsi sebagai penerus aliran dari saluran samping ke tempat pembuangan, gorong-gorong ditempatkan melintang jalan di beberapa lokasi sesuai kebutuhan.

Pada perencanaan diperlukan pemeriksaan terhadap gorong-gorong persegi ditinjau dari segi pembebanan yaitu gaya-gaya samping dan gaya arah memanjang. Tetapi bila panjang dari gorong-gorong kurang dari 15 m, pemeriksaan terhadap gaya-gaya arah memanjang boleh diabaikan.

Tipe dan bahan gorong-gorong yang permanen dapat dilihat pada table 2.13 dengan desain umur rencana untuk periode ulang untuk perencanaan gorong-gorong disesuaikan dengan fungsi jalan tempat gorong-gorong berlokasi :

- Jalan Tol : 25 Tahun
- Jalan Arteri : 10 Tahun
- Jalan Kolektor : 7 Tahun
- Jalan Lokal : 5 Tahun

Perhitungan gorong-gorong mengambil asumsi sebagai saluran terbuka dan dimensi gorong-gorong harus memperkirakan debit yang masuk gorong-gorong tersebut. Dimensi gorong-gorong minimum dengan diameter 80 cm dengan kedalaman minimum 1 m -1,5 m tergantung tipe.

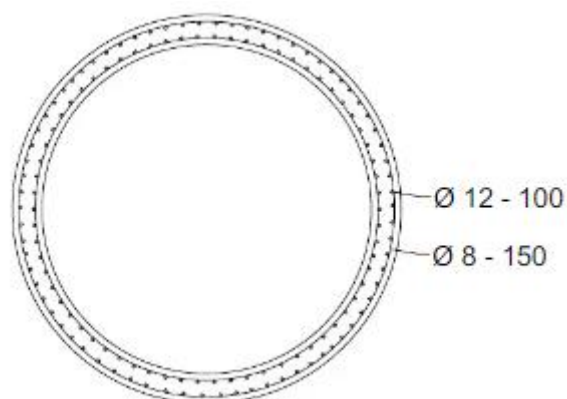
Tabel 2.34 Tipe penampang Gorong-gorong

No	Tipe gorong- gorong	Bahan yang dipakai
1	Pipa tunggal atau lebih	Metal gelombang, beton bertulang atau beton tumbuk, besi cor dan lain-lain
2	Pipa Lengkung tunggal atau lebih	Metal gelombang
3	Gorong-gorong persegi (<i>Boxculvert</i>)	Beton bertulang

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

Berdasarkan standar gorong-gorong persegi single beton bertulang dari Bina Marga panjang gorong-gorong persegi merupakan lebar jalan ditambah duakali lebar bahu jalan dan dua kali tebal dinding sayap. Konstruksi gorong-gorong persegi beton bertulang ini direncanakan dapat menampung berbagai variasi lebar perkerasan sehingga pada prinsipnya panjang gorong-gorong persegi adalah bebas, tetapi pada perhitungan volume dan berat besi tulangan diambil terbatas dengan lebar perkerasan yang umum, yaitu 3,5; 4,5; 6 dan 7 meter.

Dimensi gorong-gorong beton bertulang direncanakan seperti pada gambar 2.16 dan tabel 2.35



Gambar 2.25 Contoh gorong-gorong pipa

Tabel 2.35 Ukuran dimensi gorong-gorong

Tipe Single		
l	t	H
100	100	16
100	150	17
100	200	18
200	100	22
200	150	23
200	200	25
200	250	26
200	300	28
300	150	28
300	200	30
300	250	30
300	300	30

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

2.7.4 Kriteria perencanaan saluran samping dan gorong-gorong

Pada perencanaan saluran terbuka secara hidrolika, jenis aliran yang terjadi adalah aliran terbuka, yaitu pengaliran air dengan permukaan bebas. Perencanaan ini digunakan untuk perencanaan saluran samping jalan maupun gorong – gorong. Bahan bangunan saluran ditentukan oleh besarnya kecepatan rencana aliran air yang mengalir di saluran samping jalan tersebut. Sedangkan besarnya kemiringan saluran memanjang ditentukan berdasarkan bahan yang digunakan.

Tabel 2.36 Kemiringan saluran memanjang berdasarkan jenis material

N o.	Jenis Material	Kemiringan Saluran (%)
1	Tanah Asli	0 – 5
2	Kerikil	5 – 7,5
3	Pasangan	>7,5

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

Tabel 2.37 Kecepatan Aliran Air yang Diiijinkan Berdasarkan Jenis Material

No.	Jenis Bahan	Kecepatan Aliran Air yang Diiijinkan (m/detik)
1	Pasir halus	0,45
2	Lempung kepasiran	0,50
3	Lanau aluvial	0,60
4	Kerikil halus	0,75
5	Lempung kokoh	0,75
6	Lempung padat	1,10
7	Kerikil kasar	1,20
8	Batu – batu besar	1,50
9	Pasangan batu	1,50
10	Beton	1,50
11	Beton Bertulang	1,50

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

2.7.5 Desain dimensi saluran samping dan gorong-gorong

a. Dimensi Saluran Samping

Perhitungan dimensi saluran dilakuakn dengan menggunakan rumus Manning :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(2.59)$$

$$Q = V \times A \dots\dots\dots(2.60)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(2.61)$$

$$w = \sqrt{0,5h} \dots\dots\dots(2.62)$$

Rumus penampang ekonomis

$$B + 2mh = 2h\sqrt{m^2 + 1} \dots\dots\dots (2.63)$$

Dimana :

V = kecepatan aliran dalam saluram (m/detik) R = Radius Hidrolis (m)

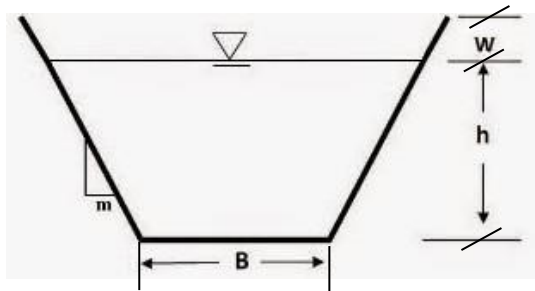
S = Kemiringan saluran

A = Luas penampang basah saluran (m²)

P = Keliling basah saluran (m)

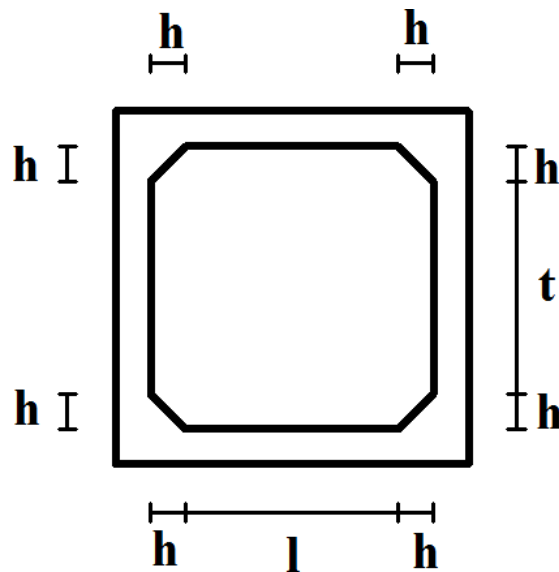
Q = Debit Aliran (m³/detik)

- n = Koefisien kekasaran Manning
 w = tinggi jagaan (m)
 B = Lebar saluran (m)
 m = perbandingan kemiringan talud
 h = tinggi muka air (m)



Gambar 2.26 Penampang saluran berbentuk trapezium

- b. Dimensi Gorong-gorong bentuk persegi (*boxculvert*)



Gambar 2.27 Dimensi gorong-gorong persegi

$$A = \frac{Q}{V} \dots \dots \dots (2.64)$$

$$b = 2h \dots \dots \dots (2.65)$$

$$A = l \times h \dots \dots \dots (2.66)$$

$$w = \sqrt{0,5h} \dots \dots \dots (2.67)$$

Dimana :

V = kecepatan aliran dalam saluram (m/detik)

Q = Debit Aliran (m³/detik)

A = Luas penampang melintang (m²)

w = tinggi jagaan (m)

b = tinggi penampang saluran (m)

l = lebar saluran (m)

h = tinggi muka air (m)

- c. Perhitungan Gorong-gorong (culvert) menggunakan persamaan manning
rumus kecepatan Manning seperti pada Persamaan berikut :

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (2.68)$$

dimana:

V = Kecepatan rata-rata (m/detik)

R = Jari-jari hidrolik (m)

S = Kemiringan garis energi (%), untuk aliran seragam =S_f=S_w=S₀

n = Faktor perlawanan/ kekasaran

S₀ = Kemiringan dasar saluran (%)

S_w = Kemiringan permukaan air (%)

Sehingga angka kekasaran dapat dinyatakan seperti Persamaan

$$n = \frac{1}{V} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (2.69)$$

dimana:

V = Kecepatan rata-rata (m/detik)

R = Jari-jari hidrolik = A/P (m)

S = Kemiringan energi (%)

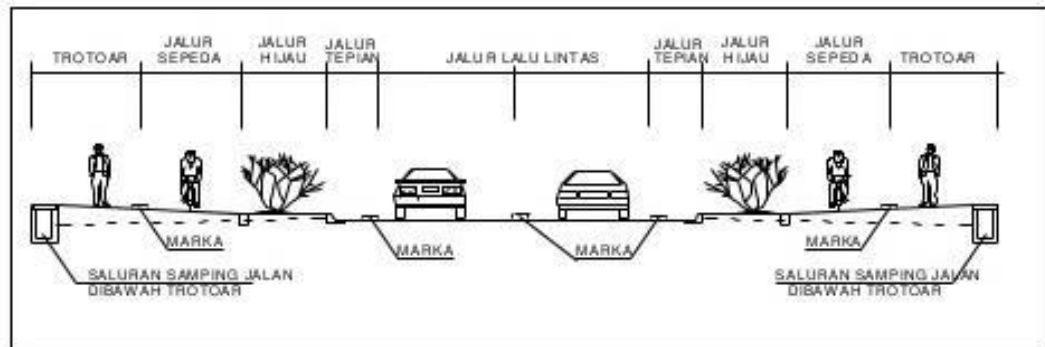
- n = Faktor perlawanan/ kekasaran
 A = Luas basah potongan melintang (m²)
 P = Penampang basah saluran (m)

2.8 Perencanaan Tebal Perkerasan

Menurut Shirley L. Hendarsin (2000 : 208) Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun di atas lapisan tanah dasar (*subgrade*), yang berfungsi untuk menopang beban lalu-lintas. Supaya perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai namun tetap ekonomis, maka perkerasan jalan dibuat berlapis-lapis.

Perkerasan akan mempunyai kinerja yang baik, bila perencanaan dilakukan dengan baik dan komponen utama dalam sistem perkerasan berfungsi dengan baik. Menurut *Federal Highway Administration* (dalam Hardiyatmo, 2015 : 2) komponen-komponen perkerasan meliputi :

- a. Lapis aus (*wearing course*) yang memberikan cukup kekesatan, tahanan gesek dan penutup kedap air atau drainase dipermukaan.
- b. Lapis perkerasan terikat atau tersementasi (aspal atau beton) yang memberikan daya dukung yang cukup, dan sekaligus sebagai penghalang air yang masuk ke dalam material tak terikat dibawahnya.
- c. Lapis pondasi (*base course*) dan lapisan pondasi bawah (*subbase course*) tak terikat yang memberikan tambahan kekuatan (khususnya untuk perkerasan lentur), dan ketahanan terhadap pengaruh air yang merusak struktur perkerasan, serta pengaruh degradasi yang lain (erosi dan instruksi butiran halus).
- d. Tanah dasar (*subgrade*) yang memberikan cukup kekakuan, kekuatan yang seragam dan merupakan landasan yang stabil bagi lapisan material perkerasan diatasnya.
- e. Sistem drainase yang dapat membuang air dengan cepat dari sistem perkerasan, sebelum air menurunkan kualitas lapisan material granuler tak terikat dan tanah dasar.



Gambar 2.28 Tipikal potongan melintang jalan 2-lajur-2-arah tak terbagi yang dilengkapi jalur hijau, jalur sepeda, trotoar dan saluran samping

2.8.1 Tipe-tipe perkerasan

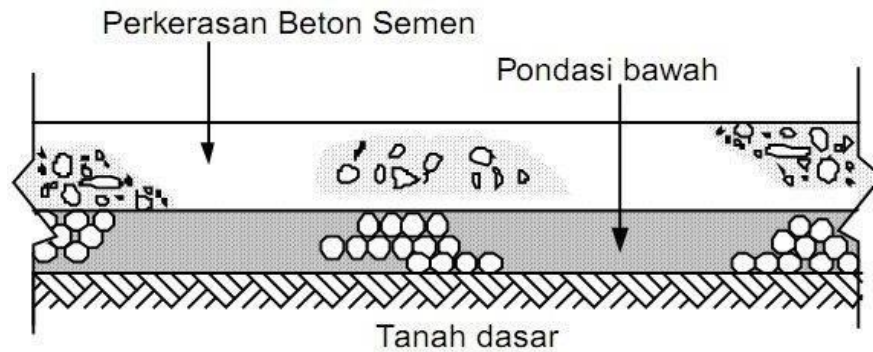
Pertimbangan tipe perkerasan dipilih berdasarkan dengan dana pembangunan yang tersedia, biaya pemeliharaan, volume lalu lintas yang dilayani serta kecepatan pembangunan agar lalu lintas tidak terlalu lama terganggu oleh pelaksanaan proyek. Menurut Hardiyatmo (2015 : 12) tipe- tipe perkerasan yang banyak digunakan adalah :

- Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)
- Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)
- Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)
- Jalan tidak diperkeras (*Unpaved Road*)

2.8.2 Perkerasan Kaku

Perkerasan jalan beton semen atau secara umum disebut perkerasan kaku, terdiri atas lapisan permukaan (*surface*) berupa plat (slab) beton semen, lapisan pondasi bawah (*sub base course*) berupa sirtu (batu pecah) atau semen tipis dan lapisan tanah dasar (*subgrade*) yang sudah dipadatkan.

Berdasarkan Pd T-14-2003 mengenai Perencanaan Perkerasan Beton Semen, “Perkerasan beton semen adalah struktur yang terdiri atas pelat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan, atau menerus dengan tulangan, terletak di atas lapis pondasi bawah atau tanah dasar, tanpa atau dengan lapis permukaan beraspal”.



Gambar 2.29 Tipikal struktur perkerasan beton semen

Dalam konstruksi perkerasan kaku, plat beton sering disebut sebagai lapis pondasi karena dimungkinkan masih adanya lapisan aspal beton di atasnya yang berfungsi sebagai lapis permukaan, karena kekuatan perkerasan lebih banyak ditentukan oleh kekuatannya sendiri, maka peran lapis pondasi bawah dalam mendukung beban lalu lintas menjadi tidak begitu signifikan. Hal ini berbeda dengan perkerasan lentur dimana kekuatan perkerasan diperoleh dari tebal lapis pondasi bawah, lapis pondasi dan lapis permukaan.

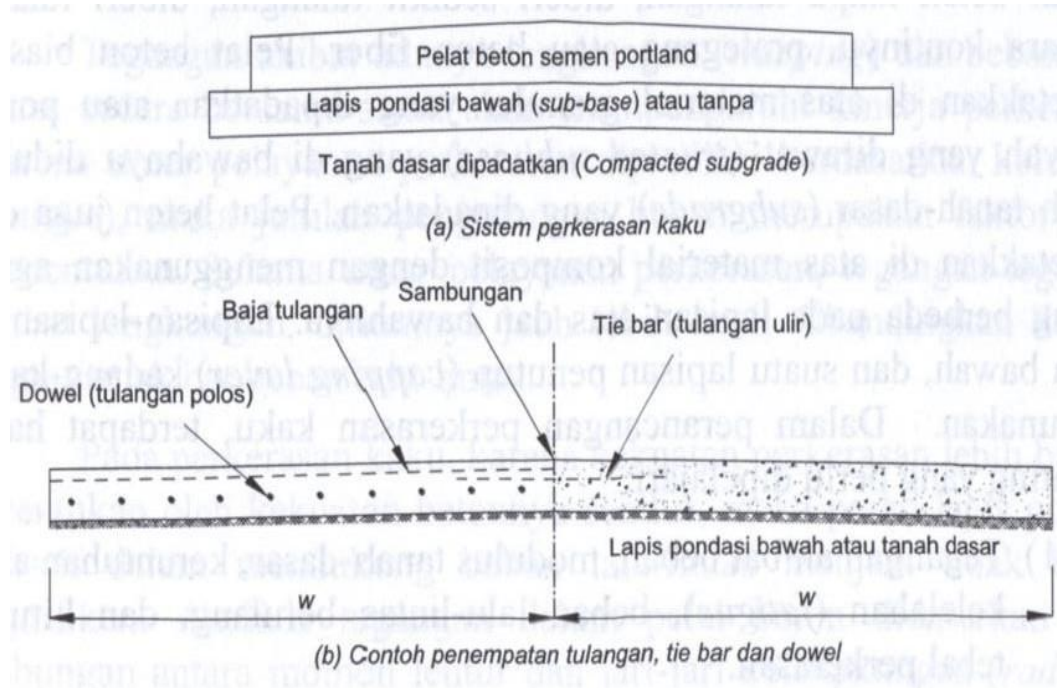
Menurut Saodang (2005 : 118) tiga faktor desain untuk perancangan perkerasan kaku yang sangat penting adalah :

- a. Kekuatan tanah dasar (*subgrade*) dan lapisan pondasi bawah (*subbase*) yang diindikasikan lewat parameter k (*subgrade reaction*) atau CBR
- b. Modulus Keruntuhan lentur beton (*flexural strength - f_{cf}*)
- c. Beban Lalu lintas

Menurut Shirley L. Hendarsin (2000 : 236) Metode perencanaan yang diambil untuk menentukan tebal lapisan perkerasan kaku didasarkan pada perkiraan sebagai berikut :

- a. Kekuatan tanah dasar yang dinamakan CBR atau modulus reaksi tanah dasar (k).
- b. Kekuatan beton yang digunakan untuk lapisan perkerasan.
- c. Prediksi volume dan komposisi lalu lintas selama usia rencana
- d. Ketebalan dan kondisi lapisan pondasi bawah (*subbase*) yang diperlukan untuk menopang konstruksi, lalu lintas, penurunan akibat air dan

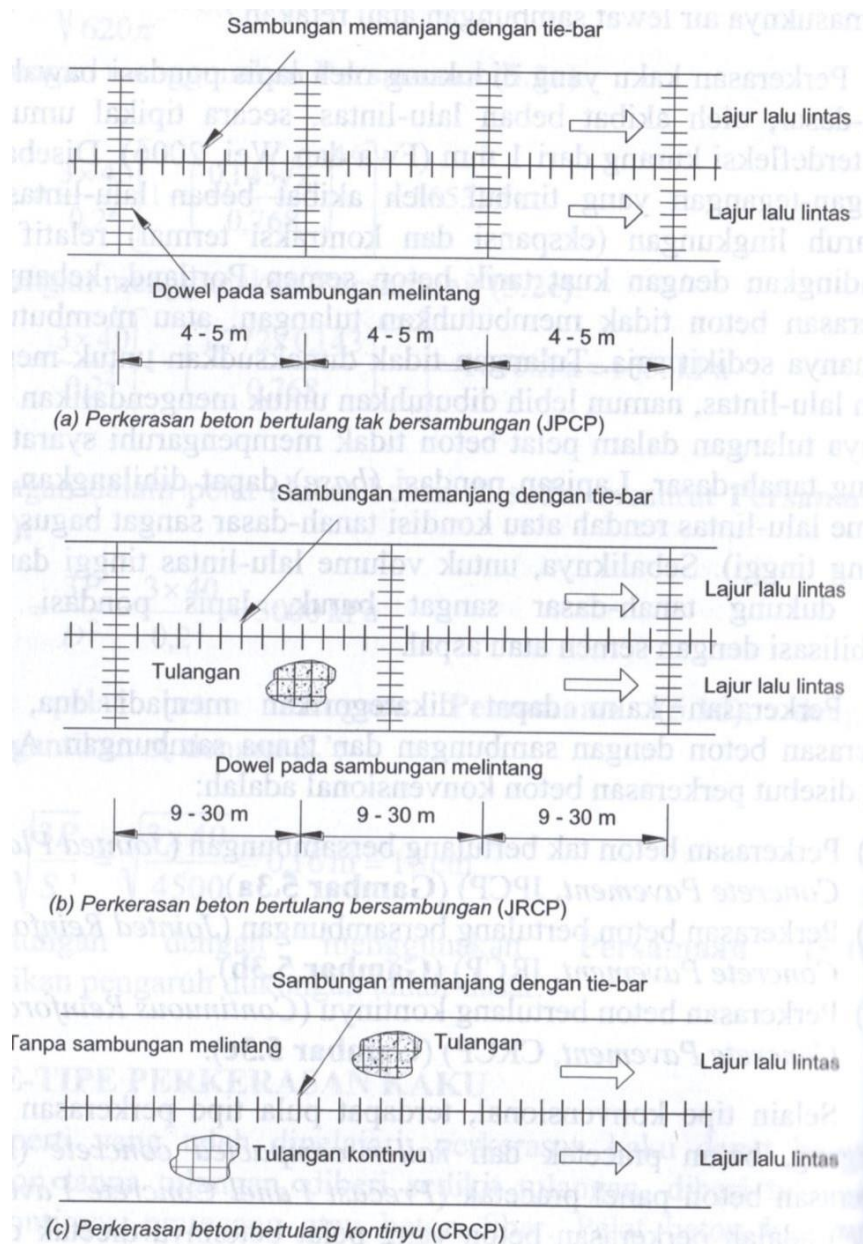
perubahan volume lapisan tanah dasar serta sarana perlengkapan daya dukung permukaan yang seragam di bawah dasar beton.



Gambar 2.30 Sistem Perkerasan Kaku

Menurut *National Association of Australian State Road Authorities* (NAASRA) dalam Shirley L. Hendarsin (2000 : 236), tipe perkerasan beton semen dibedakan kedalam lima jenis yaitu :

- a. Beton semen bersambung tanpa tulangan (BBTT)
- b. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan (BBDT)
- c. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan (BMDT)
- d. Perkerasan beton semen dengan tulangan serat baja (fiber)
- e. Perkerasan beton semen pra-tekan



Gambar 2.31 Tipe-tipe Perkerasan Beton

Pada perkerasan beton semen, daya dukung perkerasan terutama diperoleh dari pelat beton. Sifat, daya dukung dan keseragaman tanah dasar sangat mempengaruhi keawetan dan kekuatan perkerasan beton semen. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan adalah kadar air pemadatan, kepadatan dan perubahan kadar air selama masa pelayanan. Lapis pondasi bawah pada perkerasan beton semen adalah bukan merupakan bagian utama yang memikul beban, tetapi merupakan bagian yang berfungsi sebagai berikut :

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

Pelat beton semen mempunyai sifat yang cukup kaku serta dapat menyebarkan beban pada bidang yang luas dan menghasilkan tegangan yang rendah pada lapisan-lapisan dibawahnya. Bila diperlukan tingkat kenyamanan yang tinggi, permukaan perkerasan beton semen dapat dilapisi dengan lapis campuran beraspal setebal 5 cm.

Adapun kelebihan dalam pemakaian konstruksi perkerasan kaku:

- a. Biaya awal pembangunan lebih murah dari pada perkerasan aspal.
- b. Perkerasan kaku lebih tahan terhadap drainase yang buruk
- c. Umur rencana dapat mencapai 20 - 40 tahun
- d. Pencampuran adukan beton mudah dikontrol
- e. Keseluruhan tebal perkerasan jauh lebih kecil dari pada perkerasan aspal sehingga dari segi lingkungan/environment lebih menguntungkan.
- f. Biaya pemeliharaan kecil, namun bila terjadi kerusakan biaya pemeliharaan lebih tinggi
- g. Perkerasan dibuat dalam panel-panel sehingga dibutuhkan sambungan-Sambungan

2.8.3 Persyaratan Teknis Perencanaan Perkerasan Kaku

1. Kekuatan Lapisan Tanah Dasar

Daya dukung tanah dasar pada konstruksi perkerasan beton semen, ditentukan berdasarkan nilai CBR insitu sesuai dengan SNI 03-1731-1989, atau CBR laboratorium sesuai dengan SNI 03- 1744-1989 masing – masing untuk perencanaan tebal perkerasan lama dan perkerasan jalan baru. Di sini apabila tanah dasar memiliki nilai CBR di bawah 2% maka digunakan pondasi bawah yang terbuat dari beton kurus (*Lean-Mix Concrete*) setebal 15 cm sehingga tanah dianggap memiliki CBR 5%.

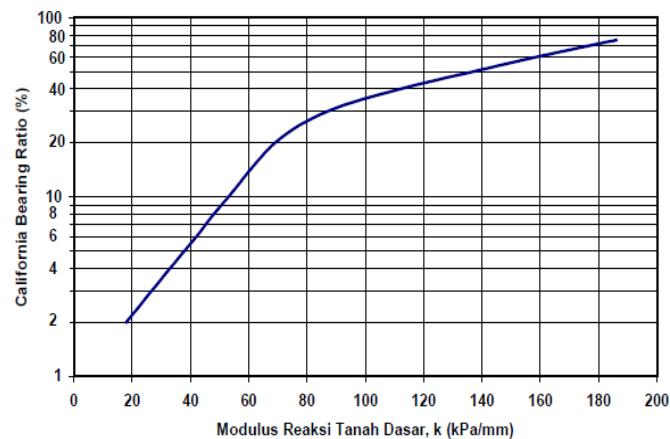
Modulus reaksi tanah dasar (k) diperoleh dengan melakukan pengujian pembebanan pelat (*plate bearing test*) yang dikorelasikan terhadap nilai CBR menurut gambar 2.23 dengan modulus tanah dasar minimum 2 kg/cm³.

Untuk menentukan modulus reaksi tanah dasar (k) secara yang mewakili suatu seksi jalan, dipergunakan rumus sebagai berikut :

$$k^{\circ} = \bar{k} - 2.S \text{ (untuk jalan tol) } \dots\dots\dots (2.68)$$

$$k^{\circ} = \bar{k} - 1,64.S \text{ (untuk jalan arteri) } \dots\dots\dots (2.69)$$

$$k^{\circ} = \bar{k} - 1,28.S \text{ (untuk jalan kolektor/lokal) } \dots\dots\dots (2.70)$$



Gambar 2.32 Grafik korelasi nilai (k) dengan CBR

Faktor keseragaman (F_k) :

$$F_k = \frac{s}{\bar{k}} \times 100\% < 25\% \text{ (dianjurkan) } \dots\dots\dots (2.71)$$

Standar Deviasi :

$$S = \sqrt{n \frac{(\sum k^2) - (\sum k)^2}{n(n-1)}} \dots\dots\dots (2.72)$$

Keterangan :

k° = Modulus reaksi tanah dasar yang mewakili suatu seksi jalan

\bar{k} = $\frac{\sum k}{n}$ = modulus reaksi tanah dasar rata-rata dalam suatu seksi jalan

k = Modulus reaksi tanah dasar tiap titik didalam seksi jalan

n = Jumlah data k

S = Standar deviasi

2. Lapisan Pondasi Bawah

Meskipun pada dasarnya lapis pondasi bawah pada perkerasan kaku tidak berfungsi terlalu struktural. Dalam arti kata keberadaannya tidak untuk menyumbangkan nilai struktur pada tebal pelat beton. Menyediakan subbase setebal 10 cm harus selalu dipasang kecuali apabila tanah dasar mempunyai sifat dan mutu yang sama dengan lapis pondasi bawah.

Lapis pondasi bawah pada perkerasan kaku mempunyai fungsi utama sebagai lantai kerja yang rata dan uniform karena jika permukaan subbase tidak rata dapat menyebabkan ketidakrataan pelat beton dan dapat memicu timbulnya keretakan pelat, disamping itu fungsi lain lapis pondasi bawah adalah sebagai berikut :

- a. Mengendalikan kembang dan susut tanah dasar.
- b. Mencegah intrusi dan pemompaan (pumping) pada sambungan retakan dan tepi-tepi pelat
- c. Memberikan dukungan yang mantap dan seragam pada pelat

Beberapa alternatif lapis pondasi bawah yang dapat digunakan :

- 1) Pondasi bawah dengan material berbutir lepas (unbound granular), dapat berupa sirtu. Harus memenuhi persyaratan SNI 03- 6388-2000 dengan gradasi agregat minimum kelas B. Ketebalan minimum lapis pondasi bawah untuk tanah dasar dengan CBR minimum 5% adalah 15 cm. Derajat kepadatan lapis pondasi bawah adalah minimum 100%, sesuai dengan SNI 03-1743-1989.
- 2) Pondasi bawah dengan bahan pengikat (bound granular subbase), dikenal dengan Cement Treated Subbase. Dapat digunakan salah satu dari :
 - a. Stabilisasi material berbutir dengan kadar bahan pengikat sesuai rancangan, untuk menjamin kekuatan campuran dan ketahanan terhadap erosi. Bahan pengikat berupa semen, kapur, abu terbang (fly ash) atau slag yang dihaluskan.
 - b. Campuran beraspal bergradasi rapat (*dense-graded asphalt*).

c. Campuran beton kurus giling padat (*lean rolled concrete*) mempunyai kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari minimum 5,5 Mpa (55 kg/cm²).

- 3) Pondasi bawah dengan campuran beton kurus (*lean mix concrete*), harus mempunyai kuat tekan beton karakteristik pada umur 28 hari minimum 5 Mpa (50 kg/cm²) tanpa menggunakan abu terbang atau 7 Mpa (70 kg/cm²) bila menggunakan abu terbang dengan tebal minimum 10 cm.

Lapis pondasi bawah perlu diperlebar sampai 60 cm diluar tepi perkerasan beton semen. Pemasangan lapis pondasi dengan lebar sampai ke tepi luar lebar jalan merupakan salah satu cara untuk mereduksi perilaku tanah ekspansif. Bila direncanakan perkerasan beton semen bersambung tanpa ruji, pondasi bawah harus mempergunakan campuran beton kurus (CBK). Tebal lapis pondasi bawah minimum yang disarankan dan nilai CBR tanah dasar efektif dapat dilihat dari gambar 2.24.

3. Beton Semen

Kekuatan beton semen harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (*flexural strength*) umur 28 hari (MR), yang didapat dari pembebanan tiga titik (ASTM C-78) yang besarnya secara tipikal at tarik lentur umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan 3 - 5 Mpa (30 – 50 kg/cm²). Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik lentur beton dapat dengan rumus berikut :

$$f_{cf} = K \times (f_c')^{0,05} \text{ (dalam Mpa)} \quad (2.73)$$

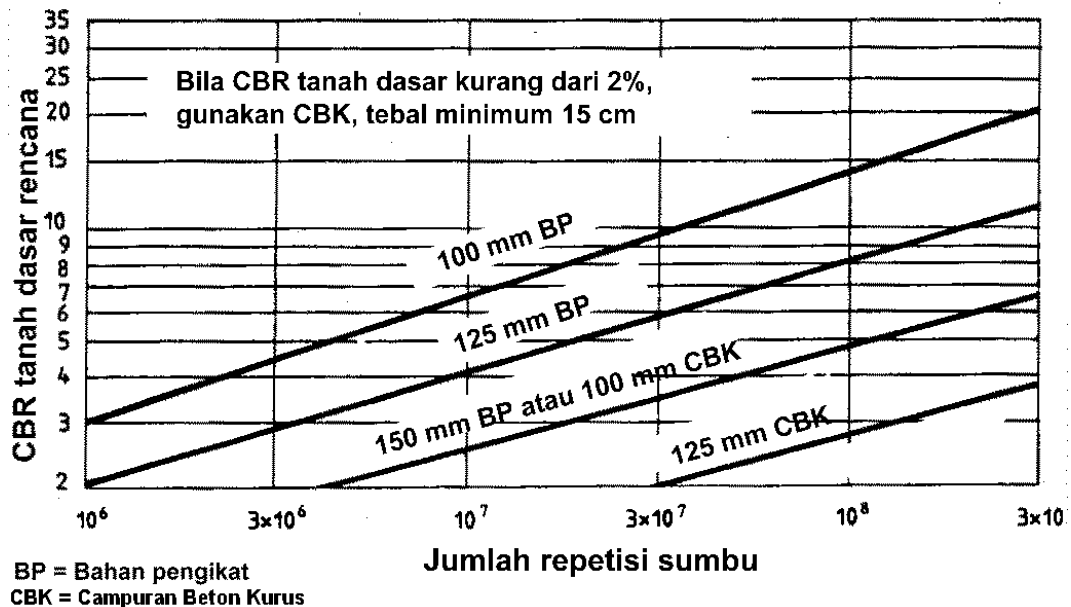
$$f_{cf} = 3,13 \times K \times (f_c')^{0,05} \text{ (dalam kg/cm}^2\text{)} \quad (2.74)$$

Keterangan :

f_c' = Kuat tekan beton karakteristik 28 hari (kg/cm²).

f_{cf} = Kuat tarik lentur beton 28 hari (kg/cm²).

K = Konstanta 0,7 untuk agregat tidak pecah 0,75 untuk agregat pecah.



Gambar 2.33 Tebal pondasi bawah minimum untuk perkerasan kaku terhadap repetisi sumbu

Bahan beton semen terdiri dari agregat, semen, air, dan bahan tambah jika diperlukan, dengan spesifikasi sebagai berikut :

a. Agregat

Agregat yang akan dipergunakan untuk perkerasan beton semen terdiri dari agregat halus dan kasar. Agregat halus terdiri dari pasir atau butiran-butiran yang lolos saringan no.4 (0,425) sedangkan agregat kasar yang tidak lolos saringan tersebut. Diamerer agregat batu pecah harus $\leq 1/3$ tebal pelat atau $\leq 3/4$ jarak bersih minimum antar tulangan. Dengan persyaratan mutu agregat sesuai dengan yang tercantum dalam SK SNI S-04-1989-F.

b. Semen

Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton umumnya tipe I yang harus sesuai dengan SNI 15-2049-1994. Semen yang digunakan harus sesuai dengan lingkungan dimana perkerasan akan dibangun.

c. Air

Air yang digunakan untuk campuran harus bersih dan terbebas dari minyak, garam, asam, lanau atau bahan-bahan lain dalam jumlah tertentu yang dapat merusak kualitas beton.

2.8.4 Lalulintas Rencana untuk Perkerasan Kaku

Penentuan beban lalu lintas rencana untuk perkerasan beton semen, dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga (*commercial vehicle*), sesuai dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana. Lalu lintas harus dianalisis berdasarkan hasil perhitungan volume lalu lintas dan konfigurasi sumbu, menggunakan data terakhir atau data 2 tahun terakhir.

Konfigurasi sumbu untuk perencanaan yang terdiri dari 3 jenis kelompok sumbu adalah sebagai berikut :

- Sumbu tunggal roda tunggal (STRT).
- Sumbu tunggal roda ganda (STRG).
- Sumbu ganda dengan roda ganda (SGRG).

Dengan karakteristik kendaraan yang diperhitungkan

- a. Pada perencanaan perkerasan kaku, jenis kendaraan yang diperhitungkan hanya kendaraan niaga yang mempunyai berat total minimum 5 ton.
- b. Khusus untuk perencanaan perkerasan kaku, beban lalulintas rencana didapatkan dengan mengakumulasi jumlah beban sumbu untuk masing-masing jenis kelompok dalam rencana lajur selama umur rencana.

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (FKB). Faktor keamanan beban terlihat pada Tabel 2.39.

2.8.5 Umur Rencana

Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalu lintas serta nilai ekonomis jalan yang bersangkutan, yang dapat ditentukan antara lain dengan metode *Benefit Cost Ratio*, *Internal Rate of Return*, kombinasi dari metode tersebut atau cara lain yang tidak terlepas dari pola pengembangan wilayah. Umumnya perkerasan kaku/beton semen dapat direncanakan dengan Umur Rencana (UR) 20 tahun sampai 40 tahun.

Tabel 2.38 Faktor Keamanan Beban (F_{KB})

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

(Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)

2.8.6 Pertumbuhan Lalulintas

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

$$R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{e \log(1+i)} \dots\dots\dots(2.75)$$

Keterangan :

- R = Faktor pertumbuhan lalu lintas
- I = Laju pertumbuhan lalu lintas perahun (%)
- UR = Umur rencana (tahun)

Faktor pertumbuhan lalulintas juga dapat ditentukan melalui tabel 2.39

Tabel 2.39 Faktor pertumbuhan lalu lintas (R)

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan Perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan Desa	1,00	1,00	1,00	1,00

(Sumber : Manual Desain Perkerasa Jalan Kemen PUPR Bina Marga, 2017)

2.8.7 Lajur Rencana dan Koefisien Distribusi

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari satu ruas jalan raya yang menampung lalu lintas kendaraan niaga terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan sesuai dengan tabel 2.42.

Tabel 2.40 Faktor Keamanan

Peranan Jalan	Faktor Keamanan
Jalan Tol	1,20
Jalan Arteri	1,10
Jalan Kolektor/Lokal	1,00

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan Kemen PUPR Bina Marga, 2017)

Tabel 2.41 Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga pada lajur rencana

Lebar Perkerasan (Lp)	Jumlah Lajur (n)	Koefisien Distribusi (c)	
		1 Arah	2 Arah
$L_p < 5,50$ m	1 lajur	1	1
$5,50 \text{ m} \leq L_p < 8,25$ m	2 lajur	0,70	0,50
$8,25 \text{ m} \leq L_p < 11,25$ m	3 lajur	0,50	0,475
$11,25 \text{ m} \leq L_p < 15,00$ m	4 lajur	-	0,45
$15,00 \text{ m} \leq L_p < 18,75$ m	5 lajur	-	0,425
$18,75 \text{ m} \leq L_p < 22,00$ m	6 lajur	-	0,40

(Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)

Tata cara perhitungan lalulintas rencana :

- a. Hitung volume lalulintas (LHR) yang diperkirakan pada akhir usia rencana, sesuai kapasitas jalan.
- b. Estimasi LHR awal dari kelompok sumbu, pada masing-masing jenis kelompok sumbu kendaraan niaga (bisa dibuat kelipatan 0,5 ton, missal (5-5,5), (5,5-6) demikian seterusnya atau dapat dikelompokkan sesuai beban pada suatu jenis sumbu secara tipikal dikelompokkan dalam interval 10 kN (1 ton) bila diambil dari survei beban).
- c. Bila ada, konversikan beban sumbu tridem ke beban sumbu ganda, didasarkan bahwa satu sumbu tridem setara dengan dua sumbu ganda.
- d. Hitung Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) selama umur rencana .

$$JSKN = 356 \times JSKNH \times R \dots\dots\dots(2.76)$$

Keterangan :

JSKN = Jumlah Total Sumbu Kendaraan Niaga Selama Umur Rencana

JSKNH = Jumlah Total Sumbu Kendaraan Niaga per Hari pada saat Jalan dibuka

R = Faktor Pertumbuhan lalulintas selama umur Rencana

- e. Hitung persentase masing-masing kombinasi konfigurasi beban sumbu terhadap Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga Harian (JSKNH).
- f. Hitung jumlah repetisi kumulatif tiap-tiap kombinasi konfigurasi (beban sumbu) jalur rencana dengan cara mengalikan JSKN dengan persentase masing kombinasi terhadap (JSKNH) dan koefisien jalur rencana.

2.8.8 Perencanaan Tebal Pelat

Setelah menghitung lalulintas rencanam maka perhitungan tebal pelat dapat dilakukan, tebal minimum pelat untuk perkerasan kaku adalah 150 mm kecuali perkerasan bersambung tidak bertulang tanpa ruji (*dowel*), tebal minimum harus 200 mm. Perencana tebal pelat didasarkan pada total fatigue pelat rencana mendekati atau sama dengan 100%.

Langkah-langkah dalam perencanaan tebal perkerasan adalah sebagai berikut :

1. Pilih suatu tebal pelat tertentu.
2. Untuk setiap kombinasi konfigurasi dan beban sumbu serta harga k tertentu maka :
 - a. Tegangan lentur yang terjadi pada pelat beton ditentukan dari grafik pada gambar 2.25-2.27
 - b. Perbandingan tegangan dihitung dengan membagi tegangan lentur yang terjadi pada pelat dengan modulus keruntuhan lentur beton (f_r).
 - c. Jumlah pengulangan beban yang diijinkan ditentukan berdasarkan harga perbandingan tefangan pada tabel 2.43.
3. Persentase fatigue untuk tiap kombinasi ditentukan dengan membagi jumlah pengulangan beban rencana dengan jumlah pengulangan beban yang diizinkan.
4. Cari total fatigue dengan menjumlahkan persentase fatigue dari seluruh kombinasi konfigurasi/beban sumbu.
5. Ulangi langkah diatas hingga diperoleh tebal pelat terkecil dengan total fatigue lebih kecil atau sama dengan 100%.

Tabel 2.42 Perkerasan Kaku untuk Jalan dengan Beban Lalu Lintas Berat

Struktur Perkerasan	R1	R2	R3	R4	R5
Kelompok sumbu kendaraan berat (<i>overloaded</i>) (10E6)	< 4.3	< 8.6	< 25.8	< 43	< 86
Dowel dan bahu beton	Ya				
STRUKTUR PERKERASAN (mm)					
Tebal pelat beton	265	275	285	295	305
Lapis Fondasi LMC	100				
Lapis Drainase (dapat mengalir dengan baik)	150				

(Sumber : Manual Desain Perkerasa Jalan Kemen PUPR Bina Marga, 2017)

2.8.9 Perencanaan Penulangan

Jumlah tulangan yang diperlukan dipengaruhi oleh jarak sambungan susut, sedangkan untuk beton bertulang menerus diperlukan jumlah tulangan yang cukup untuk mengurangi sambungan susut. Tujuan utama penulangan yaitu :

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

a. Kebutuhan Penulangan pada Perkerasan Bersambung Tanpa Tulangan

Pada perkerasan bersambung tanpa tulangan, penulangan tetap dibutuhkan untuk mengantisipasi atau meminimalkan retak pada tempat-tempat dimana dimungkinkan terjadi konsentrasi tegangan yang tidak dapat dihindari, tipikal penggunaan penulangan khusus ini antara lain pada tambahan pelat tipis, sambungan yang tidak tepat dan pelat kulah atau struktur lain.

b. Penulangan pada Perkerasan Bersambung dengan Tulangan.

Luas tulangan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$A_s = \frac{1200 \times F \times l \times h}{f_s} \dots\dots\dots (2.77)$$

Dimana :

A_s = luas tulangan yang diperlukan (cm²/m lebar)

F = koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan dibawahnya (Tabel 2.44)

L = jarak antara sambungan (m)

h = tepal pelat (m)

f_s = tegangan tarik baja yang diijinkan (kg/cm²)

Catatan : A_s minimum menurut SNI'91 untuk segala keadaan 0,14% dari luas penampang beton.

Tabel 2.43 Koefesien Gesekan antara Pelat Beton Semen dengan Lapisan Pondasi Diawahnya

Jenis Pondasi	Faktor Gesekan (F)
BURTU, LAPEN dan konstruksi sejenis	2,2
Aspal beton, LATASTON	1,8
Stabilisasi kapur	1,8
Stabilisasi aspal	1,8
Stabilisasi semen	1,8
Koral	1,5
Batu pecah	1,5
Sirtu	1,2
Tanah	0,9

(Sumber : Shirley L. Hendarsin, 2000)

1. Perkerasan Beton Semen Menerus dengan Tulangan

a. Penulangan memanjang

Tulangan memanjang yang dibutuhkan pada perkerasan beton semen menerus dengan tulangan dihitung dengan persamaan berikut :

$$P_s = \left(\frac{100 f_t}{f_y - n \cdot f_t} \right) \dots \dots \dots (2.78)$$

Dimana :

P_s = persentase tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap penampang beton

f_t = Kuat Tarik beton (0,4–0,5MR)

f_y = tegangan leleh rencana baja

n = angka ekuivalensi antara baja dan beton, dapat dilihat pada tabel 2.42 atau dihitung dengan rumus (E_s/E_c)

F = koefesien gesekan antara belat beton dengan lapisan dibawahnya (Tabel 2.44)

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

E_c = modulus elastisitas beton ($1485 \sqrt{F_c}$ kg/cm²)

Dengan tulangan minumum memanjang adalah 0,6% x luas penampang beton.

Tabel 2.44 Hubungan antara Kuat Tekan Beton dan Angka Ekuivalensi antara Baja dan Beton

σ'_{bk} (kg/cm ²)	n
115 – 140	15
145 – 170	12
175 – 225	10
235 – 285	8
≥ 290	6

(Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)

Jumlah optimum tulangan memanjang perlu dipasang sedemikian rupa sehingga jarak dan lebar retakan dapat dikendalikan. Secara teoritis jarak antara retakan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$L_{cr} = \frac{f_t^2}{n \cdot p^2 \cdot u \cdot f_b \cdot (s \cdot E_c \cdot f_t)} \dots \dots \dots (2.79)$$

Dimana :

- L_{cr} = jarak teoritis antara tulangan (m)
 p = luas tulangan memanjang persatuan luas beton
 u = perbandingan keliling dan luas tulangan (4 : d)
 f_b = tegangan lekat antara tulangan dengan beton

$$= \frac{2,16 \cdot \sqrt{\sigma'_{bk}}}{d}$$

 s = koefisien susut beton (400×10^{-6})
 f_t = kuat tarik beton (0,4 – 0,5) MR
 n = angka ekuivalensi antara baja dan beton
 E_c = modulus elastisitas $16600 \sqrt{\sigma'_{bk}}$

Perlu untuk diperhatikan bahwa jarak teoritis yang dihitung harus memberikan hasil antara 1,50 – 2,50 meter. Jarak antara tulangan yaitu 100 – 225 mm. Diameter batang tulangan memanjang berkisar antara 12 – 20 mm, dan panjang tumpangan dibuat sebesar 25 kali diameter tulangan atau 400 mm.

2. Penulangan melintang

Tulangan melintang digunakan untuk memikul batang tulangan arah memanjang. Jarak dan ukuran dari batang-batang arah melintang selalu dikaitkan dengan rencana penempatan dudukan. Luas tulangan melintang (A_s) yang diperlukan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung menggunakan persamaan yang sama dengan perhitungan penulangan perkerasan beton bersambung dengan tulangan, persamaan 2.77.

– Penempatan tulangan

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

2.8.10 Sambungan

Keterbatasan kemampuan peralatan pelaksanaan serta pembatasan terhadap tegangan-tegangan yang timbul akibat pemuaian, penyusutan, perbedaan suhu dan kadar air pada ketebalan pelat menuntut perkerasan beton semen dikerjakan dalam pola terpotong. Sehingga perencanaan sambungan pada perkerasan kaku merupakan bagian yang harus dilakukan pada perencanaan. Semua sambungan pada perkerasan kaku harus ditutup dengan bahan penutup (*joint sealer*).

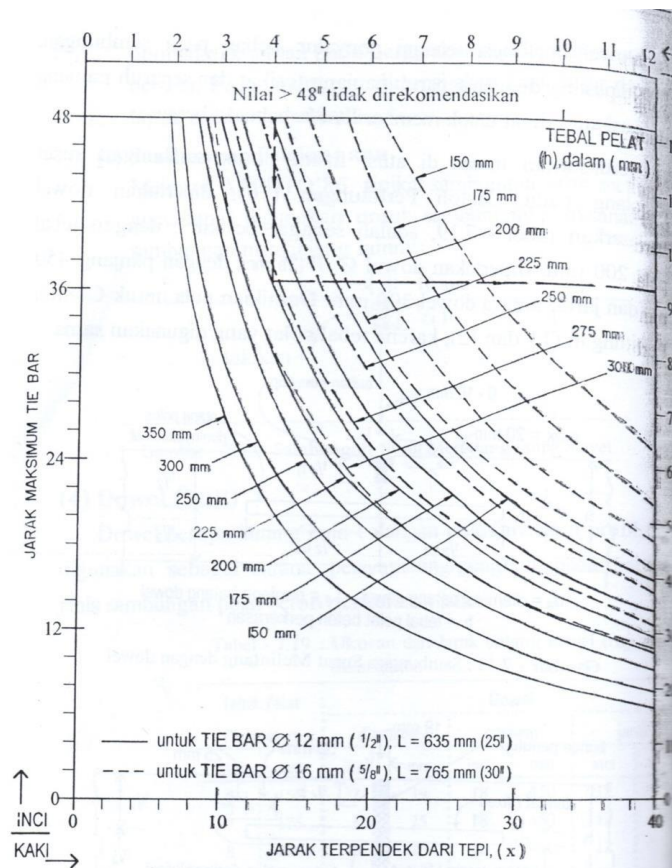
Penyaluran beban antara pelat perkerasan disalurkan melalui ruji (*dowel*) berupa batang baja tulangan polos maupun profil yang digunakan sebagai sarana penyambungan/pengikat pada beberapa jenis sambungan pelat beton perkerasan jalan. *Dowel* dipasang dengan separuh panjang terikat dan separuh panjang dilumasi/dicat untuk memberikan kebebasan bergeser. Ukuran dan jarak ruji yang disarankan dapat dilihat pada tabel 2.46. Sedangkan *Tie Bar* atau Batang pengikat merupakan potongan baja yang diprofilkan yang dipasang pada sambungan lidah alur dengan maksud untuk mengikat pelat agar tidak bergerak

horizontal. Untuk menentukan dimensi batang pengikat dapat ditentukan melalui grafik pada gambar 2.28.

Tabel 2.45 Ukuran dan Jarak Ruji yang disarankan

TEBAL PLAT PERKERASAN		Dowel					
		Diameter		Panjang		Jarak	
Inci	mm	Inci	mm	Inci	mm	Inci	mm
6	150	$\frac{3}{4}$	19	18	450	12	300
7	175	1	25	18	450	12	300
8	200	1	25	18	450	12	300
9	225	$1\frac{3}{4}$	32	18	450	12	300
10	250	$1\frac{3}{4}$	32	18	450	12	300
11	275	$1\frac{3}{4}$	32	18	450	12	300
12	300	$1\frac{1}{2}$	38	18	450	12	300
13	325	$1\frac{1}{2}$	38	18	450	12	300
14	350	$1\frac{1}{2}$	38	18	450	12	300

(Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)



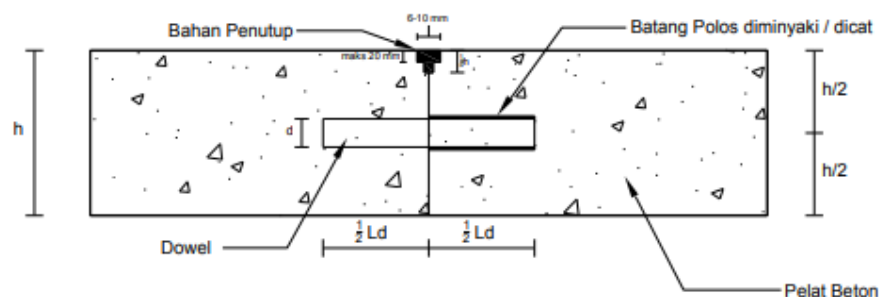
Gambar 2.34 Jarak Tie Bar maksimum menurut AASTHO (1986) untuk tulangan baja grade 40 dan $F = 1,5$

Pada perkerasan beton semen terdapat tiga jenis sambungan yang digunakan dalam konstruksi perkerasan beton bersambung antara lain :

a. sambungan susut

Sambungan ini dibuat dalam arah melintang, pada jarak yang sama dengan panjang pelat yang telah ditentukan. Sambungan ini digunakan untuk mengendalikan tegangan lentang dan retakan pada beton yang baru dihampar, yang diakibatkan oleh perubahan temperature dan kelembaban pelat hingga batas tertentu. Agar retakan susut tidak dapat terjadi pada sambungan susut maka kedalaman takikan dibuat sama dengan seperempat tebal pelat.

Pada sambungan yang dibuat diisi dengan bahan pengisi sebagai penutup sambungan. Pada sambungan yang digergaji, penggergajian dilakukan setelah beton cukup keras. Waktu penggergajian dilakukan antara 8 hingga 20 jam setelah pengecoran. Lebar penggergajian tidak kurang dari 3 mm dan tidak lebih dari 5 mm.



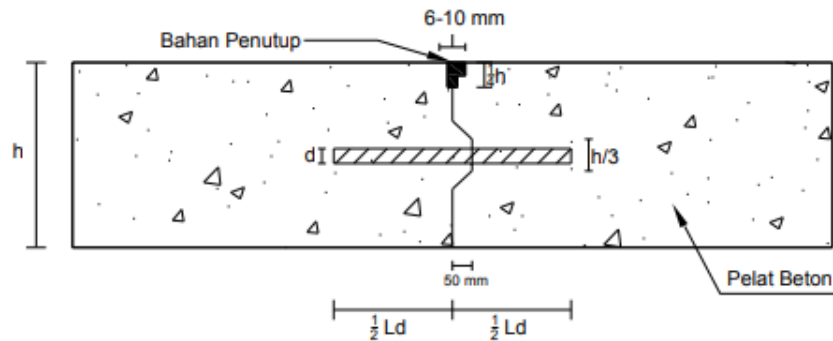
Gambar 2.35 Sambungan Susut dengan Dowel

b. Sambungan pelaksanaan

Sambungan pelaksanaan ditempatkan pada perbatasan antara akhir pengecoran dan awal pengecoran berikutnya, untuk memisahkan bagian-bagian yang di cor saat yang berbeda. Sambungan pelaksanaan dalam arah memanjang dipasang antara jalur-jalur perkerasan yang berbatasan. Sambungan dapat dibuat dengan cara menggergaji permukaan yang kemudian diisi dengan bahan penutup sambungan.

Sambungan pelaksanaan memanjang dengan bentuk lidah dan alur harus dilengkapi dengan batang pengikat (*tie bar*) yang diprofilkan dibuat dari

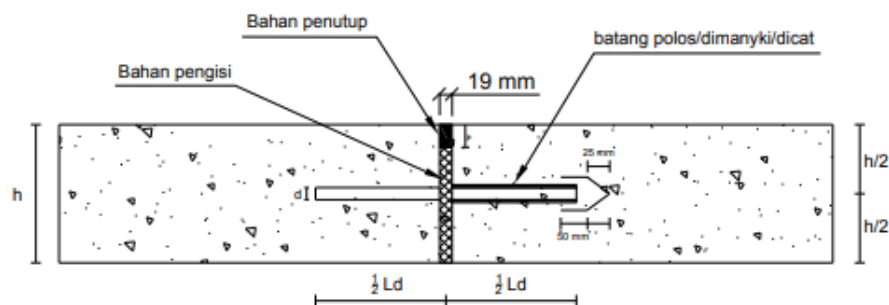
baja U24 dan dengan diameter 16 mm, panjang 800 mm dan jarak 750 mm. Sedangkan untuk sambungan pelaksanaan melintang harus dilengkapi dengan ruji.



Gambar 2.35 Sambungan Pelaksanaan Melintang dengan Lidah Alur dan Tie Bar

c. Sambungan muai

Sambungan muai bertujuan untuk membebaskan tegangan pada perkerasan beton. Sambungan ini pada pertemuan jalan baru dengan perkerasan lama, pada persimpangan jalan. Sambungan muai dibuat dari bahan yang sudah dibentuk yang tidak merusak dan dapat mengikuti perubahan akibat tekanan. Bahan ini dipasang pada seluruh permukaan sambungan beton dan dipasangkan hanya setelah salah satu bidang sambungan mengeras. Untuk sambungan muai yang memisahkan dua bidang beton yang berdekatan, harus dipasang ruji sebagai penyalur beban.

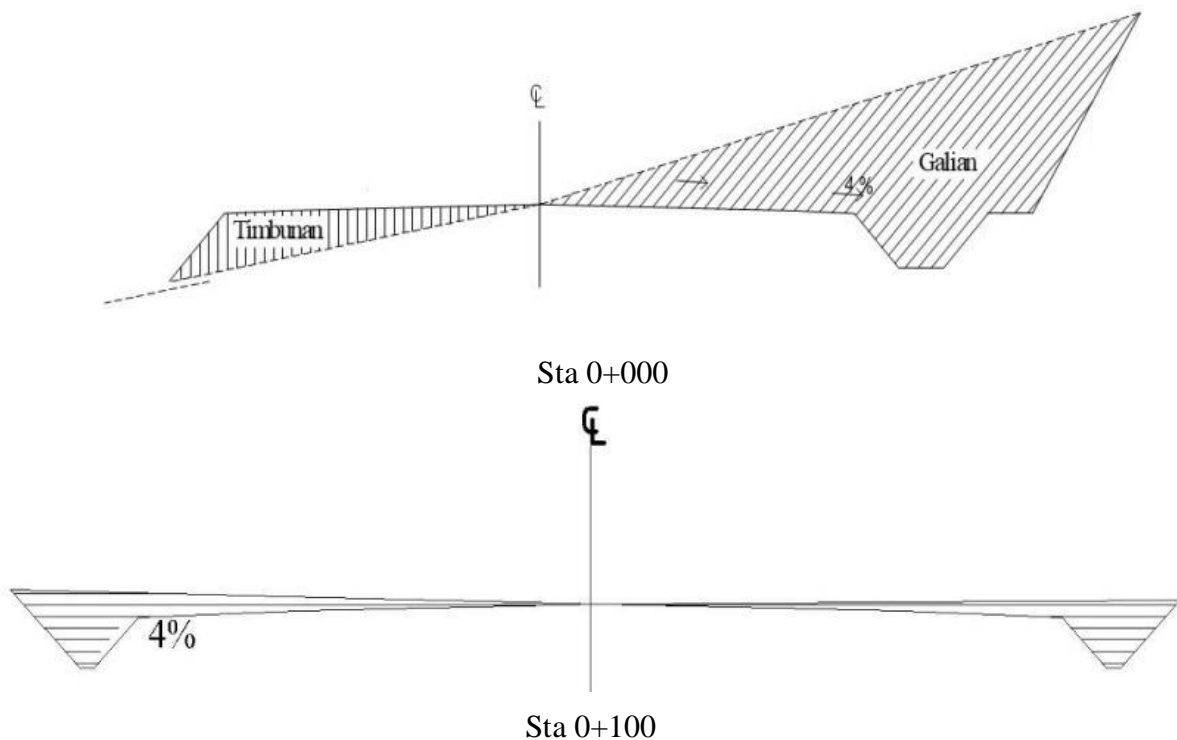


Gambar 2.36 Sambunagn Muai dengan Dowel

2.9 Volume Galian dan Timbunan

Dalam perencanaan jalan raya diusahakan agar volume galian sama dengan volume timbunan. Dengan mengkombinasikan alinyemen vertical dan horizontal memungkinkan kita untuk menghitung banyaknya volume galian dan timbunan. Langkah-langkah dalam perhitungan galian dan timbunan, antara lain :

- Penentuan stationing (jarak patok) sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinyemen horizontal (trase jalan).
- Gambarkan profil memanjang (alinyemen vertikal) yang memperlihatkan perbedaan beda tinggi muka tanah asli dengan muka tanah rencana.
- Gambar potongan melintang (*cross section*) pada titik stationing, sehingga didapatkan luas galian dan timbunan.
- Hitung volume galian dan timbunan dengan mengalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak patok.



Gambar 2.37 Galian dan Timbunan

2.10 Manajemen Proyek

Untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi yang tepat diperlukan adanya hubungan ketergantungan antar bagian-bagian pekerjaan dengan pekerjaan lainnya. Oleh karena itu dengan adanya pengelolaan proyek maka pekerjaan yang akan dikerjakan akan dapat sesuai dengan sasaran dan tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya.

Pengelolaan proyek harus diatur secara baik agar pelaksanaan proyek berjalan sesuai dengan aturan, maka dari itu diperlukan pengaturan manajemen proyek dan perhitungan anggaran biaya proyek.

Manajemen proyek adalah semua kegiatan perencanaan, pelaksanaan, pengendalian sumber daya untuk mencapai tujuan proyek yang tepat biaya, tepat mutu, dan waktu.

Ada banyak faktor yang mempengaruhi lancarnya pelaksanaan suatu proyek konstruksi. Salah satunya adalah ketersediaan dana untuk membiayai pelaksanaan proyek konstruksi. Dalam industri konstruksi, estimasi biaya adalah istilah yang sering digunakan untuk menggambarkan perkiraan biaya yang akan digunakan untuk merealisasikan suatu proyek konstruksi. Proyek konstruksi dilakukan melalui beberapa tahapan yang membutuhkan rentang waktu tertentu sehingga estimasi biaya sangat dibutuhkan. Suatu proyek konstruksi akan sulit terwujud apabila tidak tersedia cukup dana untuk membiayainya. Sebaliknya, suatu proyek konstruksi akan berjalan lancar apabila dana yang dibutuhkan terpenuhi. Besarnya estimasi biaya yang diperlukan untuk merealisasikan suatu proyek konstruksi harus sudah diketahui terlebih dahulu sebelum proyek berjalan agar dana yang dibutuhkan untuk melaksanakan proyek tersebut dapat dipersiapkan. Apabila dana untuk pelaksanaan proyek sudah dipersiapkan sejak awal maka kemungkinan terhentinya proyek di tengah jalan akibat kekurangan dana dapat di minimalisir.

Pengetahuan mengenai biaya proyek yang akan dilaksanakan sangat penting bagi para kontraktor dan pemilik proyek. Bagi para kontraktor, pengetahuan tersebut bermanfaat untuk menyusun Rencana Anggaran Biaya (RAB). Apabila suatu RAB memiliki nilai yang jauh lebih besar dari pada estimasi biaya maka

hampir dapat dipastikan bahwa kontraktor telah melakukan mark up (pembengkakan) biaya proyek. Sedangkan apabila suatu RAB memiliki nilai yang jauh lebih kecil dari pada estimasi biaya maka bangunan yang akan dihasilkan kemungkinan tidak memiliki kualitas sebagaimana yang diharapkan. Agar suatu estimasi/perkiraan mendekati suatu kebenaran (optimal), diperlukan pengetahuan teknik dan berbagai pengetahuan kerekeyasaan konstruksi, rekayasa konstruksi, rekayasa manajemen konstruksi, sebagaimana dalam defenisi yang dikemukakan oleh AACE (*The Amercan Association of Cost Engineer*) yang mengatakan bahwa: “ *Cost Engineering* adalah area dari kegiatan engineering dimana pengalaman dan pertimbangan engineering dipakai pada aplikasi-aplikasi prinsip-prinsip teknik dan ilmu pengetahuan di dalam masalah perkiraan biaya dan pengendalian biaya”.

Untuk memperkirakan biaya konstruksi perkerasan jalan raya diperlukan desain tebal perkerasan, bahan, tenaga kerja, dan peralatan, hal tersebut memegang peranan penting dalam menentukan nilai estimasi biaya. Kualitas suatu estimasi proyek tergantung pada tersedianya data dan informasi, teknik atas metode yang digunakan serta kecakapan dan pengalaman estimator. Tersedianya data dapat menambah keakuratan hasil estimasi biaya proyek yang dihasilkan. Keakuratan pekerjaan estimasi tergantung dari estimator yang membuat estimasi biaya.

Fungsi dari estimasi biaya dalam industri konstruksi adalah :

- a. Untuk melihat apakah perkiraan biaya konstruksi dapat terpenuhi dengan biaya yang ada.
- b. Untuk mengatur aliran dana ketika pelaksanaan konstruksi sedang berjalan.
- c. Untuk kompetensi pada saat proses penawaran.

Pada proyek konstruksi estimasi biaya selain di buat oleh masing- masing pelaku jasa konstruksi sesuai dengan tahapan proyek konstruksi tersebut, juga di buat oleh owner sebagai dasar memperkirakan harga proyek konstruksi terutama pada tahap pelaksanaan, sehingga dalam prakteknya

terdapat beberapa istilah estimasi yang didasarkan pada pembuatan estimasi tersebut.

1. Estimasi yang dibuat oleh Pemilik, yang lebih pada umumnya disebut (OE) digunakan oleh pemilik sebagai patokan biaya untuk menentukan *Owner Estimasi* kelanjutan investasi, patokan/pembanding dengan harga penawaran, analisa harga satuan yang akan diajukan oleh kontraktor dan untuk patokan/pembanding dengan analisa harga satuan, serta RAB yang dibuat oleh konsultan perencanaan.
2. Estimasi yang dibuat oleh Konsultan Kelayakan digunakan untuk memperkirakan harga konstruksi sebagai suatu investasi (biaya yang dikeluarkan antara lain biaya pembangunan gedungnya, pembebasan tanah, pengadaan peralatan utama dan lain sebagainya) dan selanjutnya akan dihitung dengan teori-teori perhitungan ekonomi investasi bahwa proyek konstruksi tersebut layak untuk dibangun.
3. Estimasi yang dibuat oleh Konsultan Perencana yang pada umumnya disebut dengan *Engineering Estimate* (EE) adalah rencana anggaran biaya (RAB) merupakan hasil kerja konsultan selain gambar rencana dan spesifikasi. RAB ini dibuat berdasarkan hasil survey lapangan, berkaitan dengan kriteria desain dan metode pelaksanaan. Perkiraan biaya (RAB) ini merupakan dokumen pemilik (rahasia) yang selanjutnya sebagai pembanding harga yang akan ditawarkan oleh kontraktor pada saat lelang.
4. Estimasi yang dibuat oleh Kontraktor pada umumnya disebut dengan *Contractor Estimate* (CE) atau *Bid Price*, digunakan kontraktor untuk mengajukan penawaran kepada pemilik, dengan keuntungan yang cukup memadai bagi kontraktor.

Sumber informasi terbaik adalah pengalaman perusahaan dari proyek-proyek yang pernah dikerjakan antara lain. Informasi mengenai jumlah material yang terpakai, jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk suatu jenis pekerjaan.

Sebagaimana tahapan proyek konstruksi data dan informasi akan semakin lengkap dari tahap studi kelayakan sampai dengan tahap pelaksanaan, atau dalam arti kualitas perkiraan biaya akan semakin mendekati ketepatannya. Terdapat beberapa jenis estimasi yang didasarkan pada cara memperkirakan biaya suatu konstruksi, yaitu :

1. Estimasi kelayakan adalah sebagaimana tujuan dari tahap studi kelayakan adalah untuk menentukan apakah bangunan tersebut layak dibangun, maka memperkirakan biaya konstruksinya berdasarkan membandingkan dengan bangunan yang identik, dapat termasuk di dalamnya adalah biaya pembebasan tanah, namun untuk biaya bangunan dapat digunakan dengan cara estimasi konseptual.
2. Estimasi Konseptual adalah memperkirakan biaya suatu bangunan berdasarkan satuan volume bangunan, atau faktor yang lain, dengan patokan harga yang didasarkan pada bangunan yang identik. Pada estimasi konseptual telah tersedia gambar lengkap ataupun belum lengkap. Beberapa metode estimasi konseptual sebagai berikut :
 - a. Metode Satuan luas (m²), metodis ini mengandalkan data dari proyek sejenis yang pernah dibangun. Metoda ini bersifat garis besar dan ketelitiannya rendah.
 - b. Metode Satuan isi (m³) dapat dipakai pada bangunan dimana volume sangat dipentingkan. Metoda ini hanya dapat diandalkan untuk fase awal perencanaan dan perancangan untuk bangunan yang kurang lebih identik.
 - c. Metode Harga Satuan Fungsional, yang menggunakan fungsi dari fasilitas sebagai dasar penetapan biaya.
 - d. Metode Faktorial, dapat digunakan pada proyek bertipe sama. Metode ini berguna untuk proyek-proyek yang mempunyai komponen utama sama. Biaya komponen utama ini akan berfungsi sebagai faktor dasar 1.00. Semua komponen yang lain harganya merupakan fungsi dari komponen utama.
 - e. Metode Sistematis (*Elemental Estimates* atau *Parametric Estimates*), di mana proyek dibagi atas sistem fungsionalnya. Harga satuan ditentukan

oleh penjumlahan tiap harga satuan elemen dalam setiap sistem atau mengalikan dengan data faktor pengali yang ada.

2.11 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

RAB (Rencana Anggaran Biaya) adalah perkiraan atau perhitungan biaya-biaya yang diperlukan untuk tiap-tiap pekerjaan dalam suatu proyek konstruksi baik upah maupun bahan dalam sebuah pekerjaan proyek konstruksi, baik rumah, gedung, jembatan, jalan, bandara, pelabuhan dan lain- lain, sehingga kita peroleh biaya total yang diperlukan dalam menyelesaikan proyek tersebut. RAB sangat dibutuhkan dalam sebuah proyek konstruksi agar proyek dapat berjalan dengan efisien kena dana yang cukup. Anggaran biaya merupakan harga dari bahan bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda- beda di masing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja.

Secara umum ada 4 fungsi utama dari Rencana Anggaran Biaya (RAB):

- a. Menetapkan jumlah total biaya pekerjaan yang menguraikan masing-masing item pekerjaan yang akan dibangun. RAB harus menguraikan jumlah semua biaya upah kerja, material dan peralatan termasuk biaya lainnya yang diperlukan misalnya perizinan, kantor atau gudang sementara, fasilitas pendukung misalnya air, dan listrik sementara.
- b. Menetapkan daftar dan jumlah material yang dibutuhkan. Dalam RAB harus dipastikan jumlah masing-masing material di setiap komponen pekerjaan. Jumlah material didasarkan dari volume pekerjaan, sehingga kesalahan perhitungan volume setiap komponen pekerjaan akan mempengaruhi jumlah material yang dibutuhkan. Daftar dan jenis material yang tertuang dalam RAB menjadi dasar pembelian material ke Supplier.
- c. Menjadi dasar untuk penunjukan/ pemilihan kontraktor pelaksana. Berdasarkan RAB yang ada, maka akan diketahui jenis dan besarnya pekerjaan yang akan dilaksanakan. Dari RAB tersebut akan kelihatan pekerja dan kecakapan apa saja yang dibutuhkan. Berdasarkan RAB tersebut akan diketahui apakah cukup diperlukan satu kontraktor pelaksana

saja atau apakah diperlukan untuk memberikan suatu pekerjaan kepada subkontraktor untuk menangani pekerjaan yang dianggap perlu dengan spesialis khusus.

- d. Peralatan-peralatan yang dibutuhkan dalam pelaksanaan pekerjaan akan diuraikan dalam estimasi biaya yang ada. Seorang estimator harus memikirkan bagaimana pekerjaan dapat berjalan secara mulus dengan menentukan peralatan apa saja yang dibutuhkan dalam pekerjaan tersebut. Dari RAB juga dapat diputuskan peralatan yang dibutuhkan apakah perlu dibeli langsung atau hanya perlu dengan sistem sewa. Kebutuhan peralatan dispesifikasikan berdasarkan jenis, jumlah dan lama pemakaian sehingga dapat diketahui berapa biaya yang diperlukan.

Rencana anggaran biaya meliputi Rencana kerja dan Syarat-Syarat (RKS), perhitungan kuantitas pekerjaan, perhitungan sewa alat, rencana anggaran biaya (RAB), Rekapitulasi Biaya.

1. Rencana Kerja dan Syarat (RKS)

Penyusunan rencana kerja dan syarat (RKS) merupakan penjelasan tertulis perencanaan secara keseluruhan yang meliputi:

- a. Keterangan mengenai pekerjaan
- b. Keterangan mengenai pemberian tugas
- c. Keterangan mengenai perancang
- (d) Keterangan mengenai pengawas bangunan

2. Daftar harga satuan bahan dan upah

Daftar satuan bahan dan upah adalah harga yang dikeluarkan oleh Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga, tempat proyek ini berada karena tidak setiap daerah memiliki standar yang sama. Penggunaan daftar upah ini juga merupakan pedoman untuk menghitung rancangan anggaran biaya pekerjaan dan upah yang dipakai kontraktor. Adapun harga satuan bahan dan upah adalah satuan harga yang termasuk pajak-pajak.

3. Analisa satuan harga pekerjaan

Yang dimaksud dengan analisa satuan harga adalah perhitungan-perhitungan biaya yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang

ada dalam satu proyek. Guna dari satuan harga ini agar kita dapat mengetahui harga-harga satuan dari tiap-tiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat di dalam analisa satuan harga ini nantinya akan didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada yang akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya. Adapun yang termasuk didalam analisa satuan harga ini adalah:

a. Analisa harga satuan pekerjaan

Analisa harga satuan pekerjaan adalah perhitungan-perhitungan biaya pada setiap pekerjaan yang ada pada suatu proyek. Dalam menghitung analisa satuan pekerjaan, sangatlah erat hubungannya dengan daftar harga satuan bahan dan upah. Biaya satuan pekerjaan dirinci berdasarkan:

- Bahan yang digunakan
- Alat yang digunakan
- Pekerja yang terlibat untuk pekerjaan tersebut

Biaya-biaya di atas adalah biaya yang langsung (direct) berkaitan dengan kegiatan atau pekerjaan tersebut dan disebut biaya langsung (direct cost).

Komponen biaya langsung (direct cost) antara lain dipengaruhi oleh:

- Lokasi pekerjaan
- Ketersediaan bahan, peralatan, atau pekerja
- Waktu

Disamping biaya langsung, terdapat pula biaya tambahan (mark up) atau biaya tidak langsung. Komponen biaya tambahan terdiri dari:

(a) *Biaya Over head*

Biaya Over head adalah biaya tambahan yang harus dikeluarkan dalam pelaksanaan kegiatan atau pekerjaan namun tidak berhubungan langsung dengan biaya bahan, peralatan dan tenaga kerja. Contoh: Ketika bagian logistik memesan semen dilakukan menggunakan telepon genggam (HP). Biaya Pulsa telepon tersebut tidak dapat ditambahkan pada harga semen yang dipesan. Contoh lain biaya operasional kantor proyek dilapangan (*site office*) seperti listrik, air, telepon, gaji tenaga

administrasi, dan seterusnya tidak dapat dimasukkan ke biaya pekerjaan pondasi beton.

(b) Biaya tak terduga (*contingency cost*)

Biaya tak terduga (*contingency cost*) adalah biaya tambahan yang dialokasikan untuk pekerjaan tambahan yang mungkin terjadi (meskipun belum pasti terjadi). Contoh: Untuk pekerjaan pondasi beton diperlukan pemompaan lubang galian yang sebelumnya tidak terduga akan tergenang air hujan.

(c) Keuntungan (profit)

Keuntungan (profit) adalah jasa bagi kontraktor untuk pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan kontrak.

(d) Pajak (*tax*)

Berupa antara lain Pajak Pertambahan Nilai (PPN) sebesar 10%, Pajak Penghasilan (Pph), dan lain-lain.

b. Analisa satuan alat berat

Perhitungan analisa satuan alat berat dilakukan dengan dua pendekatan yaitu:

- Pendekatan on the job, yaitu pendekatan yang dimaksudkan untuk mendapatkan hasil perhitungan produksi berdasarkan data yang diperoleh dari data hasil lapangan dan data ini biasanya didapat dari pengamatan observasi lapangan.
- Pendekatan off the job, yaitu pendekatan yang dipakai untuk memperoleh hasil perhitungan berdasarkan standar yang biasanya ditetapkan oleh pabrik pembuat.

2.12 Rencana Kerja (Time Schedule)

Untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi diperlukan suatu perencanaan yang tepat untuk menyelesaikan tiap – tiap pekerjaan yang ada. Perencanaan kerja proyek meliputi pembuatan *Network Planning* (NWP) untuk

mengetahui hubungan antar pekerjaan pada proyek, pembuatan Barchart untuk mengidentifikasi unsur waktu dan urutan pelaksanaan pekerjaan sehingga pengaturan pemakaian alat dan bahan antar pekerjaan tidak saling mengganggu dan kurva “S” untuk mengetahui bobot tiap pekerjaan.

Rencana kerja memberikan informasi pembagian waktu secara rinci untuk masing-masing bagian pekerjaan dari pekerjaan awal sampai pekerjaan akhir.

Manfaat dan kegunaan rencana kerja sebagai berikut :

- a. Alat koordinasi bagi pemimpin
- b. Pedoman kerja para pelaksana
- c. Pemimpin kemajuan pekerjaan
- d. Evaluasi hasil pekerjaan

1. *Network Planning* (NWP)

Di dalam NWP dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan satu dengan yang lain. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram network, sehingga kita akan dapat mengetahui bagian – bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan lain atau pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa – gesa sehingga orang dan alat dapat digeser ke tempat lain. Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

- a. Merencanakan, scheduling dan mengawasi proyek secara logis.
- b. Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara mendetail dari proyek.
- c. Mendokumenkan dan mengkomunikasikan rencana scheduling (waktu), dan alternatif-alternatif lain penyelesaian proyek dengan tambahan biaya.
- d. Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur kritis (critical path) saja yang perlu konsentrasi pengawasan ketat.

Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun NWP adalah:

- a. Urutan pekerjaan yang logis.

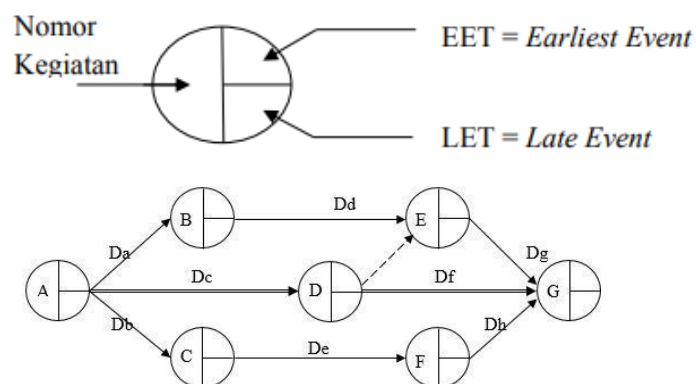
Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan lain dimulai, dan pekerjaan apa yang slack/kelonggaran waktu.

b. Biaya untuk mempercepat pekerjaan

Ini berguna apabila pekerjaan-pekerjaan yang berada di jalur kritis ingin dipercepat agar seluruh proyek segera selesai, misalnya : biaya lembur, biaya menambah tenaga kerja dan sebagainya.




Sebelum menggambar diagram NWP ada beberapa hal yang perlu kita perhatikan, antara lain :

- Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya durasi maupun resources yang dibutuhkan.
- Aktifitas-aktifitas apa yang mendahului dan aktifitas-aktifitas apa yang mengikuti.
- Aktifitas-aktifitas apa yang dapat dilakukan bersama-sama.
- Aktifitas-aktifitas itu di batasi mulai dan selesai.
- Waktu, biaya dan resources yang dibutuhkan dari aktifitas -aktifitas itu. kemudian mengikutinya.
- Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan. Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Jika proyek itu baru sama sekali biasanya diberikan.
- Kepala anak panah menjadi arah pedoman dari setiap kegiatan.
- Besar kecilnya lingkaran juga tidak mempunyai arti dalam pengertian penting tidaknya suatu peristiwa.




Gambar 2.38 Net Work Planning (NWP)

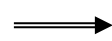
Keterangan:

-  = Jalur Kegiatan
 = *Dummy*
 = Jalur Kritis

Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran NWP :

a. (*Arrow*) 


Bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Ini adalah suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan resources tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan.

b. (*Double arrow*) 


Anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (critical path). waktu.

c. (*Node/event*) 

Bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Ini adalah permulaan atau akhir dari suatu atau lebih kegiatan-kegiatan.

d. (*Dummy*) 

Bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu. Aktifitas semu hanya boleh dipakai bila tidak ada cara lain untuk menggambarkan hubungan – hubungan aktifitas yang ada dalam suatu network.

e. Nomor kejadian 

EET (*Earliest Event Time*) = waktu yang paling cepat yaitu menjumlahkan durasi dari kejadian yang dimulai dari kejadian awal dilanjutkan kegiatan berikutnya dengan mengambil angka yang terbesar.

LET (*Laetest Event Time*) = waktu yang paling lambat, yaitu mengurangi

durasi dari kejadian yang dimulai dari kegiatan paling akhir dilanjutkan kegiatan sebelumnya dengan mengambil angka terkecil.

- f. A-H merupakan kegiatan, sedangkan Da, Db, Dc, Dd, De, Df, Dg dan Dh merupakan durasi dari kegiatan tersebut.

2. Barchart

Diagram barchart mempunyai hubungan yang erat dengan network planning, barchart ditunjukkan dengan diagram batang yang dapat menunjukkan lamanya waktu pelaksanaan. Disamping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan. Barchart mempunyai kelebihan dan kekurangan.

Kelebihan barchart sebagai berikut :

- a. Mudah dibaca
- b. Mudah dibuat
- c. Bersifat sederhana

Kekurangan barchart sebagai berikut:

- a. Sulit digunakan untuk pekerjaan yang besar
- b. Tidak terperinci
- c. Apabila terdapat kesalahan sukar untuk mengadakan perbaikan
- d. Tidak menunjukkan secara spesifik adanya hubungan ketergantungan

3. Kurva S

Kurva S dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lama waktu yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dari tahap pertama sampai akhirnya pekerjaan tersebut. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang di dapat dari perbandingan antara harga pekerjaan dengan harga total keseluruhan dari jumlah harga penawaran.