

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Jalan

Jalan raya adalah jalur - jalur tanah di atas permukaan bumi yang dibuat oleh manusia dengan bentuk, ukuran - ukuran dan jenis konstruksinya sehingga dapat digunakan untuk menyalurkan lalu lintas orang, hewan dan kendaraan yang mengangkut barang dari suatu tempat ke tempat lainnya dengan mudah dan cepat (Clarkson H.Oglesby,1999).

Untuk perencanaan jalan raya yang baik, bentuk geometriknya harus ditetapkan sedemikian rupa sehingga jalan yang bersangkutan dapat memberikan pelayanan yang optimal kepada lalu lintas sesuai dengan fungsinya, sebab tujuan akhir dari perencanaan geometrik ini adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan ratio tingkat penggunaan biaya juga memberikan rasa aman dan nyaman kepada pengguna jalan.

2.2 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan merupakan aspek penting yang pertama kali harus diidentifikasi sebelum melakukan perancangan jalan, karena kriteria desain suatu rencana jalan yang ditentukan dari standart desain ditentukan oleh klasifikasi jalan rencana. Pada prinsipnya klasifikasi jalan dalam standar desain (baik untuk jalan antar kota maupun jalan luar kota) didasarkan kepada klasifikasi jalan menurut undang-undang dan peraturan pemerintah yang berlaku.

2.2.1 Klasifikasi jalan menurut fungsinya:

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.34 tahun 2006 tentang jalan, klasifikasi jalan menurut fungsinya terbagi menjadi empat jalan, yaitu:

1. Jalan arteri merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi antara kota yang penting atau antara pusat produksi dan pusat-pusat eksport, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna.

Adapun ciri-cirinya sebagai berikut :

- a. Dilalui oleh kendaraan berat > 10 ton, 10 ton adalah beban ganda
 - b. Dilalui oleh kendaraan dengan kecepatan tinggi > 80 km/jam
2. Jalan kolektor merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, jumlah jalan masuk dibatas serta melayani daerah-daerah di sekitarnya.

Adapun cirinya sebagai berikutnya:

- a. Kendaraan yang melaluinya yaitu kendaraan ringan < 10 ton.
 - b. Dilalui oleh kendaraan dengan kecepatan sedang (40-80 km/jam)
3. Jalan penghubung atau jalan lokal merupakan jalan keperluan aktivitas daerah yang sempit juga dipakai sebagai jalan penghubung antara jalan-jalan dari golongan yang lama atau yang belainan.

Adapun ciri-cirinya sebagai berikut:

- a. Melayani semua jenis pemakai jalan, kendaraan ringan serta kendaraan berat namun dibatasi dari pusat pemukiman ke pusat industri.
 - b. Kecepatan kendaraan rendah (maksimum 60 km/jam).
4. Jalan lingkungan merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan bahaya untuk kendaraan-kendaraan kecil.

2.2.2 Klasifikasi jalan menurut karakteristik kendaraan yang dilayani.

Klasifikasi jalan berdasarkan karakteristik kendaraan, terdiri atas:

1. Kelas I

Kelas jalan ini mencakup semua jalan utama dan dimaksudkan untuk dapat melayani lalu lintas cepat dan berat. Dalam komposisi lalu lintasnya tak terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tak bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 mm, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 mm dan muatan sumbu terberat (MST) yang diizinkan lebih besar dari 10 ton.

2. Kelas II

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan sekunder. Dalam komposisi lalu lintasnya terdapat lalu lintas lambat dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 mm, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 mm dan muatan sumbu terberat (MST) yang diizinkan 10 ton. Kelas jalan ini, selanjutnya berdasarkan komposisi dan sifat lalu lintasnya, dibagi dalam tiga kelas, yaitu:

Tabel 2.1 Klasifikasi Kelas Jalan dalam MST

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

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/BM/1997)

3. Kelas III

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan penghubung dan merupakan konstruksi jalan berjalur tunggal atau dua. Konstruksi permukaan jalan yang paling tinggi adalah pelaburan dengan aspal. Klasifikasi jalan berdasarkan lalu lintas harian rata-rata dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Klasifikasi Jalan Berdasarkan LHR

Klasifikasi Fungsi	Kelas	Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR) Dalam Satuan SMP
Utama	I	> 20.000
Sekunder	II A	6000 s/d 20.000
	II B	1500 s/d 8000
	II C	< 2000
Penghubung	III	

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1970)

2.2.3 Klasifikasi jalan menurut status

Jalan umum menurut statusnya dikelompokkan ke dalam jalan nasional, jalan provinsi, jalan kabupaten, jalan kota dan jalan desa.

1. Jalan nasional merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi dan jalan strategis nasional serta jalan tol.
2. Jalan provinsi merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten atau kota, atau antar ibukota kabupaten atau kota dan jalan strategis provinsi.
3. Jalan kabupaten merupakan jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang tidak termasuk dalam jalan nasional dan jalan provinsi, yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan lokal, antar pusat kegiatan lokal serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten dan jalan strategis kabupaten.
4. Jalan kota adalah jalan umum dalam sistem jaringan sekunder yang menghubungkan antar pusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pemukiman yang berada di dalam kota.

5. Jalan desa merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan antar permukiman di dalam desa serta jalan lingkungan.

2.2.4 Klasifikasi jalan menurut medan topografi

Berdasarkan perhitungan rata-rata dari ketinggian muka tanah lokasi rencana, maka dapat diketahui lereng melintang yang digunakan untuk menentukan golongan medan. Klasifikasi jalan berdasarkan medan jalan dapat dilihat pada tabel 2.3

Tabel 2.3 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

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

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/BM/1997)

2.2.5 Klasifikasi menurut tipe jalan

Klasifikasi jalan menurut tipe jalan terdiri atas:

1. Jalan tidak terbagi (TB), yaitu ruas jalan yang pembatas jalurnya berupa marka jalan (terputus-putus atau menerus).
2. Jalan terbagi (B), yaitu ruas jalan yang pembatas jalurnya berupa bangunan, yang disebut median secara teknis berupa bangunan yang dilengkapi dengan taman atau sekedar pasangan Kerb beton.

2.2.6 Klasifikasi jalan berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan

Pengaturan kelas jalan menurut Undang-Undang RI nomor 38 tahun 2004 berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan dikelompokkan atas jalan bebas hambatan, jalan raya, jalan sedang dan jalan kecil.

1. Jalan bebas hambatan (*freeway*) adalah jalan umum untuk lalu lintas menerus yang memberikan pelayanan menerus atau tidak terputus

dengan pengendalian jalan masuk secara penuh dan tanpa adanya persimpangan sebidang, serta dilengkapi dengan pagar ruang milik jalan, paling sedikit dan lajur setiap arah dan dilengkapi dengan median.

2. Jalan raya (*highway*) adalah jalan umum untuk lalu lintas menerus dengan pengendalian jalan masuk secara terbatas dan dilengkapi dengan median, paling sedikit 2 lajur setiap arah.
3. Jalan sedang (*road*) adalah jalan umum dengan lalu lintas jarak sedang dengan pengendalian jalan masuk tidak dibatasi, paling sedikit 2 lajur 2 arah dengan lebar paling sedikit 7 meter.
4. Jalan kecil (*street*) adalah jalan umum untuk melayani lalu lintas setempat paling sedikit 2 lajur 2 arah dengan lebar paling sedikit 5,5 meter.

2.3 Perencanaan Geometrik

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada perencanaan bentuk fisik sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yaitu memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas dan sebagai akses ke rumah-rumah. Dalam lingkup perencanaan geometrik tidak termasuk perencanaan tebal perkerasan jalan, walaupun dimensi dari perkerasan merupakan bagian dari perencanaan geometrik sebagai bagian dari perencanaan jalan seutuhnya. Demikian pula dengan drainase jalan. Jadi tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan ratio tingkat penggunaan/biaya pelaksanaan. Ruang, bentuk, dan ukuran jalan dikatakan baik, jika dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada pemakai jalan.

Yang menjadi dasar perencanaan geometrik adalah sifat gerakan dan ukuran kendaraan, sifat pengemudi dalam mengendalikan gerak kendaraannya, dan karakteristik arus lalu lintas. Hal-hal tersebut haruslah menjadi bahan pertimbangan perencana sehingga dihasilkan bentuk dan

ukuran jalan, serta ruang gerak kendaraan yang memenuhi tingkat kenyamanan dan keamanan yang diharapkan. (Silvia Sukirman, 1999).

Menurut Sukirman (1999), 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. Semua data ini sangat 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-data ini, kita dapat menentukan geometrik dan tebal perkerasan yang diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya.

2.3.1 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. (Hamirhan Saodang, 2004)

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).

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 Rata-rata (LHR) yang didapatkan kita dapat merencanakan tebal perkerasan.

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 hal yang harus dilakukan sebagai berikut:

1. Survey perhitungan lalu lintas dilakukan pada jalan yang sudah ada, yang diperkirakan mempunyai bentuk, kondisi dan keadaan komposisi lalu lintas akan serupa dengan jalan yang direncanakan.
2. Survey asal dalam tujuan yang dilakukan pada lokasi yang dianggap tepat dengan cara melakukan wawancara kepada pengguna jalan untuk mendapatkan gambaran rencana jumlah dan komposisi pada jalan yang direncanakan. (L.Hendarsin, 2000)

Ekivalen mobil penumpang adalah angka satuan kendaraan dalam kapasitas jalan. Nilai emp untuk kendaraan rencana pada jalan antar kota seperti pada tabel 2.4

Tabel 2.4 Nilai EMP Kendaraan Rencana Untuk Geometrik Jalan Antar Kota

No	Jenis Kendaraan	Medan Datar/Perbukitan	Pegunungan
1	Sedan, Jap, Station Wagon	1.0	1.0
2	Pick-up, Bus kecil, Truk kecil	1.2 – 2.4	1.9 - 3.5
3	Bus dan Truk besar	1.2 – 5.0	2.2 – 6.0

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

Sedangkan nilai emp kendaraan rencana untuk geometrik jalan perkotaan, seperti pada tabel 2.5

Tabel 2.5 Nilai EMP Kendaraan Rencana Untuk Geometrik Jalan Perkotaan

No	Jenis Kendaraan	Nilai EMP
1	Sepeda motor	1.0
2	Kendaraan penumpang/kendaraan roda tiga	1.0
3	Truk kecil (berat <5 ton), bus mikro	2.5
4	Truk sedang (berat 5 ton)	2.5
5	Bus dan Truk besar	3.0

(Sumber: Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, 1992)

Nilai emp kendaraan rencana tersebut merupakan representasi untuk medan datar, sedangkan untuk medan perbukitan dan pegunungan dapat diperoleh dengan memperbesar faktor koefisien dari medan datar tersebut.

Indonesia *Highway Capacity Manual (1997)* – manual 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.

2.3.2 Data peta topografi

Pengukuran peta topografi dimaksudkan untuk mengumpulkan data topografi yang cukup untuk digunakan dalam perencanaan geometrik. Data peta topografi digunakan untuk menentukan kecepatan sesuai dengan daerahnya. Pengukuran peta topografi dilakukan pada sepanjang trase jalan rencana dengan mengadakan tambahan dan pengukuran detail pada tempat-tempat yang memerlukan alinyemen dan tempat-tempat persilangan dengan sungai atau jalan lain, sehingga memungkinkan didapatkannya trase jalan yang sesuai dengan standar.

Pekerjaan pengukuran ini terdiri dari beberapa kegiatan berikut :

1. Pekerjaan perintisan untuk pengukuran, dimana secara garis besar ditentukan kemungkinan rute alternatif dan trase jalan.
2. Kegiatan pengukuran meliputi :
 - a. Penentuan titik-titik kontrol *vertikal* dan *horizontal* yang dipasang interval 100 meter pada rencana as jalan.
 - 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 2.6 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

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

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/BM/1997)

2.3.3 Data penyelidikan tanah

Data penyelidikan tanah didapat dengan cara melakukan penyelidikan tanah dilapangan, meliputi pekerjaan:

- 1) Penelitian terhadap semua data tanah yang ada, selanjutnya diadakan penyelidikan proyek jalan tersebut, dilakukan berdasarkan survey langsung dilapangan maupun dengan pemeriksaan dilaboratorium. Pengambilan data CBR (*California Bearing Ratio*) dilapangan dilakukan sepanjang ruas rencana, dengan interval 100 m dengan menggunakan DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*). Hasil

tes *Dynamic Cone Penetrometer* ini dievaluasi melalui penampilan grafik yang ada, sehingga menampakkan hasil nilai CBR di setiap titik lokasi. Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu analitis dan grafis.

a. Cara Analitis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah:

$$\text{CBR segmen} = \frac{(\text{CBR rata} - \text{CBR Min})}{R}$$

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam suatu segmen. Tabel nilai R untuk perhitungan CBR segmen adalah :

Tabel 2.7 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 : Sukirman, 1994)

b. Cara Grafis

Prosedur cara grafis sebagai berikut :

- 1) Tentukan nilai CBR terendah
- 2) Tentukan berapa banyak nilai CBR yang sama atau lebih besar dari masing-masing nilai CBR kemudian disusun secara tabel laris, mulai dari CBR terkecil hingga tersebar.
- 3) Angka terbanyak diberi nilai 100%, angka yang lain merupakan persentase dari 100%.
- 4) Diberi grafik hubungan antara harga CBR dengan persentase nilai tadi.
- 5) Nilai CBR segmen merupakan nilai CBR sebagai berikut :
3; 4; 3 ; 6 ; 6; 5; 11; 10; 6; 6 dan 4.

Tabel 2.8 Contoh Tabulasi Nilai CBR

No.	CBR	Jumlah yang Sama Atau Lebih Besar	Persentase yang sama Atau Lebih Besar (%)
1.	3	11	$(11/11) \times 100\% = 100\%$
2.	4	9	81.8%
3.	5	7	63.6%
4.	6	6	54.5%
5.	7	2	18.2%
6.	8	1	9%

(Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1994)

2) Analisa

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

3) Pengujian Laboratorium

Uji bahan konstruksi untuk mendapatkan:

- a. Sifat-sifat indeks (*Indeks Properties*) yaitu meliputi Gs (*Specific Gravity*), wN (*Natural Content*), (Berat Isi), e (Voidratio/angka pori), n (*porositas*), Sr (derajat kejenuhan).
- b. Klasifikasi USCS dan AASHTO

2.3.4 Data penyelidikan material

Data penyelidikan material dilakukan dengan melakukan penyelidikan material meliputi pekerjaan sebagai berikut:

1. Mengadakan penelitian terhadap semua data material yang ada selanjutnya melakukan penyelidikan sepanjang proyek tersebut yang akan dilakukan berdasarkan survey di lapangan maupun dengan pemeriksaan laboratorium.

2. 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 hanya berdasarkan gradasi butiran dan karakteristik keplastisannya saja yaitu:

A. Tanah berbutir kasar

Tanah berbutir kasar adalah tanah yang sebagian besar butir-butir tanahnya berupa pasir dan kerikil, dimana kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No.200. Pasir halus merupakan perkecualian, karena sifat mekaniknya merupakan sifat transisi antara tanah berbutir kasar dengan tanah berbutir halus. Tanah berbutir kasar memiliki sifat keteknikan ayan mencolok, yaitu:

- 1) Sangat baik berfungsi sebagai material penyangga bangunan atau jalan raya, kecuali pasir lepas (*loose Sand*). Tanah berbutir kasar umumnya mempunyai daya dukung tinggi dengan penurunan (*Settlement*) kecil dan berlangsung dalam waktu pendek setelah pembebanan.
- 2) Sangat baik sebagai material tanggul, karena berketahanan geser (*shear strength*) tinggi, mudah dipadatkan dan tidak mudah mengalami pembekuan (*frost Action* didaerah iklim dingin).
- 3) Sangat baik sebagai material urugan untuk tembok penahan lereng (*retaining walls*), tembok alas (*basement walls*), hanya sedikit saja sebagai penyebab tekanan lateral, mudah dipadatkan, dan mudah dialiri (sebagai drainase yang baik).
- 4) Tidak baik digunakan (tanpa tanah halus) untuk tanggul penahan air, reservoir (waduk) karena permeabilitas tinggi. Penggalian tanah seperti ini dibawah permukaan memerlukan pemompaan air (*dewatering*) yang baik.

5) Sangat peka terhadap penurunan akibat beban bergetar, misalnya dibawah bangunan pabrik bermesin yang terus bergetar.

B. Tanah berbutir halus

Tanah berbutir halus adalah tanah yang sebagian besar butir-butir tanahnya berupa lempung dan lanau. Menurut sistem AASHTO, suatu tanah dianggap sebagai tanah berbutir halus bilamana lebih besar dari 35% lolos ayakan No. 200, sedangkan menurut sistem Unified, suatu tanah dianggap sebagai tanah berbutir halus apabila lebih dari 50% lolos ayakan No. 200, Suatu tanah berbutir kasar yang mengandung kira-kira 35% butiran halus akan bersifat seperti material berbutir halus. Tanah berbutir halus disebut juga sebagai tanah kohesif, contoh tanah berbutir halus adalah lempung, lempung lanau, dan lempung bercampur pasir dengan kerikil. Sifat keteknikan yang mencolok dari tanah berbutir halus ini adalah:

- 1) Memiliki yang rendah, plastis dan mudah dimampatkan.
- 2) Kehilangan sebagian ketahanan gesernya akibat pembasahan dan akibat adanya gangguan.
- 3) Mengalami deformasi secara plastis dibawah beban konstan.
- 4) Kembang-susut, yaitu mengembang bila basah dan mengerut bila kering.
- 5) Tidak baik sebagai material ruangan karena bertekanan lateral tinggi.
- 6) Tidak baik juga untuk material urugan tanggul, karena ketahanan geser yang rendah dan sulit dipadatkan.
- 7) Sangat kedap air (*partically impeurous*).

2.3.5 Parameter perencanaan geometrik jalan

Dalam perencanaan geometrik jalan terdapat beberapa parameter perencanaan yang harus dipahami seperti, kendaraan rencana, kecepatan

rencana, volume dan kapasitas jalan, dan tingkat pelayanan yang diberikan oleh jalan tersebut. Parameter - parameter ini merupakan penentu tingkat kenyamanan dan keamanan yang dihasilkan oleh suatu bentuk geometrik jalan.

Berikut ini adalah parameter yang digunakan dalam perencanaan geometrik jalan raya yaitu:

1. Kendaraan rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Dilihat dari bentuk, ukuran, dan daya dari kendaraan-kendaraan yang mempergunakan jalan kendaraan rencana dikelompokkan menjadi 3 yaitu:

- a. Kendaraan ringan/ Kecil, adalah kendaraan yang mempunyai 2 as dengan empat roda dengan jarak as 2,00 – 3,00 meter. Meliputi: mobil penumpang, Mikrobus, Pick – up, dan Truk kecil.
- b. Kendaraan sedang, adalah kendaraan yang mempunyai dua as gandar dengan jarak as 3,5 – 5,00 meter. Bus kecil, Truk dua as dengan enam roda.
- c. Kendaraan Berat/Besar
Bus besar, yaitu bus dengan dua atau tiga gandar dengan jarak as 5,00 – 6,00 meter.

Tabel 2.9 Dimensi Kendaraan Rencana

Kategori kendaraan	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius Putar (cm)		Radius tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Min	Maks	
Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Besar	410	260	2100	120	90	290	1400	1370

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/BM/1997)



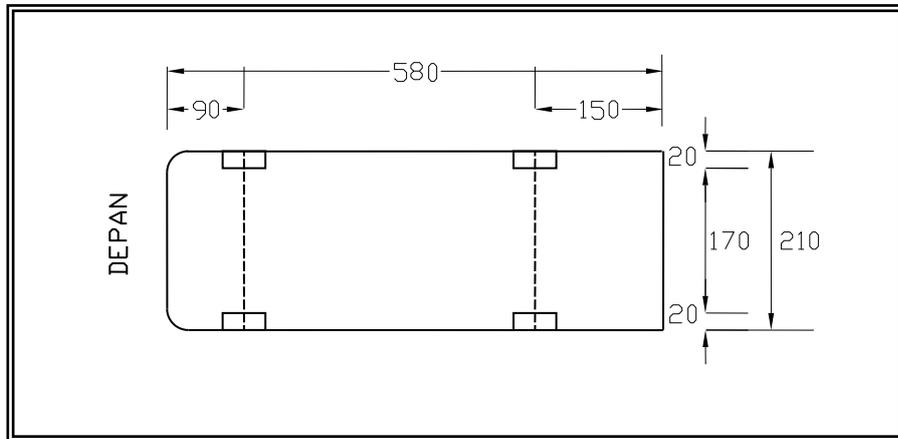
Gambar 2.1 Kendaraan Kecil



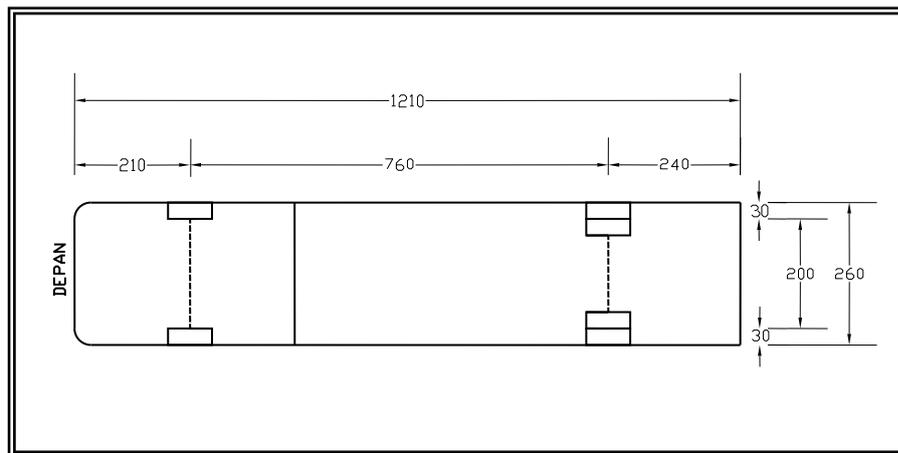
Gambar 2.2 Kendaraan Sedang



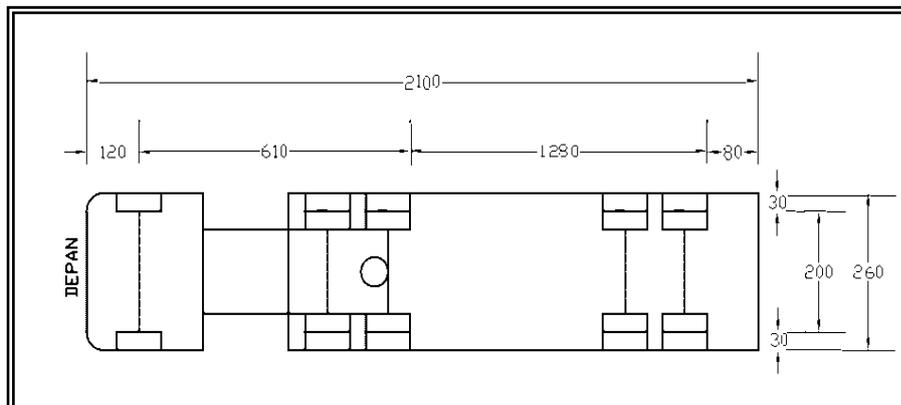
Gambar 2.3 Kendaraan Besar



Gambar 2.4 Dimensi Kendaraan Kecil



Gambar 2.5 Dimensi Kendaraan Sedang



Gambar 2.6 Dimensi 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. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya kecepatan rencana antara lain:

- a. Kondisi pengemudi dan kendaraan yang bersangkutan.
- b. Sifat fisik jalan dan keadaan medan sekitarnya.
- c. Sifat dan penggunaan daerah.
- d. Cuaca.
- e. Adanya gangguan dari kendaraan lain.
- f. Batasan kecepatan yang diizinkan.

Kecepatan rencana inilah yang dipergunakan untuk dasar perencanaan geometrik (alinyemen). Kecepatan rencana dari masing-masing kendaraan dapat ditetapkan pada tabel 2.10

Tabel 2.10 Kecepatan Rencana (VR) Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Kelas Jalan

Fungsi Jalan	Kecepatan Rencana (VR) km/jam		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	70 – 120	60 – 80	40 – 70
Kolektor	60 – 90	50 – 60	30 – 50
Lokal	40 – 70	30 – 50	20 – 30

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/BM/1997)

3. Volume Lalu lintas

Volume arus lalulintas adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu penampang tertentu pada suatu ruas jalan tertentu dalam satuan waktu tertentu. Volume arus lalu lintas harian rencana (VLHR) adalah prakiraan volume arus lalulintas harian pada akhir

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

$$VLHR = VJR \times \frac{K}{F} \dots\dots\dots(\text{Hamirhan Saodang: 2010})$$

Dimana:

K : faktor volume arus lalu lintas jam sibuk

F : faktor variasi tingkat lalu lintas per- 15' dalam satu jam.

VJR digunakan untuk menghitung jumlah lajur jalan dan fasilitas lalu lintas lainnya yang diperlukan. Arus lalulintas bervariasi dari jam ke jam berikutnya dalam satu hari. 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. (Hamirhan Saodang, 2010).

Tabel 2.11 Penentuan Faktor – K dan faktor – F Berdasarkan Volume Lalu Lintas Harian Rata-rata.

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: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

4. Jarak Pandang

Jarak pandang adalah 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. Panjang jalan didepan yang masih dapat dilihat dengan jelas diukur dari titik kedudukan pengemudi, disebut dengan jarak pandang. 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 lalu lintas dengan menempatkan rambu-rambu lalu lintas yang diperlukan pada setiap segmen jalan. (Silvia Sukirman, 1999).

Syarat jarak pandang yang diperlukan dalam suatu perencanaan jalan raya untuk mendapatkan keamanan setinggi-tingginya bagi lalu lintas adalah sebagai berikut:

1) Jarak Pandang Henti (Jh)

Jarak pandang henti (Jh) adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman, begitu melihat adanya halangan di depan. Setiap titik di sepanjang jalan harus memenuhi jarak pandang henti (Jh). Jarak pandang henti diukur berdasarkan

asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 15 cm, diukur dari permukaan jalan.

Jarak pandang henti (J_h) terdiri atas dua elemen jarak, yaitu:

- a. Jarak tanggap (J_{ht}) adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu rintangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.
- b. Jarak pengereman (J_{hr}) adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti. Jarak pandang henti diformulasikan dengan berdasar asumsi: tinggi mata pengemudi 105 cm dan tinggi halangan 15 cm di atas permukaan jalan.

Adapun formulasi jarak pandang henti adalah:

$$J_h = J_{ht} + J_{hr}$$

Untuk jalan datar:

$$J_h = 0,694 VR + 0,004 \frac{VR^2}{fp}$$

Untuk jalan dengan kelandaian tertentu:

$$J_h = 0,694 VR + 0,004 \frac{VR^2}{(fp \pm L)} \dots (\text{Hamdi, B.Sc.E, MT:2015})$$

Dimana:

J_h = Jarak pandang henti, (m)

VR = Kecepatan rencana, (km/jam)

T = Waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

G = Percepatan gravitasi, ditetapkan $9,8 \text{ m/detik}^2$

F_p = Koefisien gesek memanjang antara ban kendaraan dengan perkerasan jalan aspal, f_p akan semakin kecil jika kecepatan (VR) semakin tinggi dan sebaliknya. (Menurut Bina Marga, $f = 0,35 - 0,55$ namun sebaliknya nilai f_p diambil berdasar gambar 2.7)

L = Landai jalan dalam (%) dibagi 100

Tabel 2.12 Jarak Pandang Henti (Jh) Minimum untuk Perencanaan Geometrik jalan Antar Kota (meter)

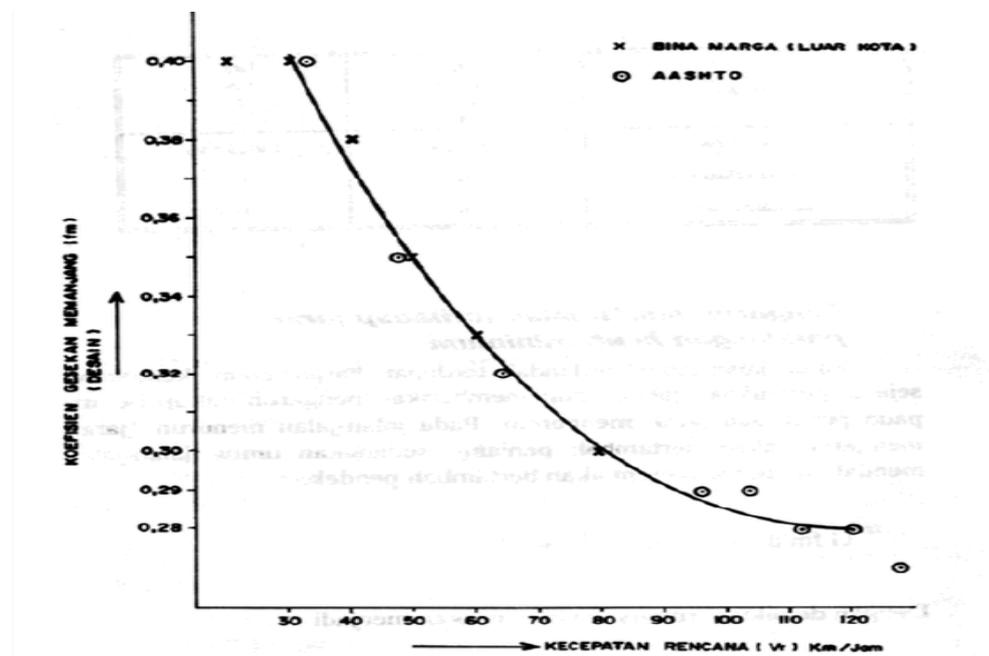
VR (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jh Minimum (m)	250	175	120	75	55	40	27	16

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota,1997)

Tabel 2.13 Jarak Pandang Henti (Jh) Minimum untuk Perencanaan Geometrik Jalan Perkotaan (meter)

Kecepatan Rencana (Km/jam)	Jarak Pandang Henti Minimum (m)
100	165
80	110
60	75
50	55
40	40
30	30
20	20

(Sumber: Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan perkotaan, 1992)



Gambar 2.7 Diagram Koefisien Gesekan Memanjang Jalan (fp)

2) Jarak Pandang Mendahului (Jd)

Pada jalan 2 lajur 2 arah tak terbagi (2/2 TB), kendaraan dengan kecepatan tinggi sering mendahului kendaraan lain dengan kecepatan yang lebih rendah sehingga pengemudi tetap dapat mempertahankan kecepatan sesuai dengan yang diinginkannya. Gerakan mendahului dilakukan dengan mengambil lajur jalan yang diperuntukkan untuk kendaraan dari arah yang berlawanan. Jarak yang dibutuhkan pengemudi sehingga dapat melakukan gerakan mendahului dengan aman dan dapat melihat kendaraan dari arah depan dengan bebas dinamakan jarak pandangan mendahului. Jarak pandang mendahului (Jd) standar dihitung berdasarkan panjang jalan yang diperlukan untuk dapat melakukan gerakan mendahului suatu kendaraan dengan sempurna dan aman berdasarkan asumsi yang diambil. Apabila dalam suatu kesempatan dapat mendahului dua kendaraan sekaligus, hal itu tidaklah merupakan dasar dari perencanaan suatu jarak pandangan mendahului total. Jarak pandangan mendahului (Jd) standar pada jalan dua lajur dua arah dihitung berdasarkan beberapa asumsi terhadap sifat arus lalu lintas yaitu:

- a) Kendaraan yang akan didahului harus mempunyai kecepatan yang tetap.
- b) Sebelum melakukan gerakan mendahului, kendaraan harus mengurangi kecepatannya dan mengikuti kendaraan yang akan siap dengan kecepatan yang sama.
- c) Apabila kendaraan sudah berada pada lajur untuk mendahului, maka pengemudi harus mempunyai waktu untuk menentukan apakah gerakan mendahului dapat diteruskan atau tidak.
- d) Kecepatan kendaraan yang mendahului mempunyai perbedaan sekitar 5 km/jam dengan kecepatan kendaraan yang didahului pada waktu melakukan gerakan mendahului.

- e) Pada saat kendaraan yang mendahului telah berada kembali pada lajur jalannya, maka harus tersedia cukup jarak dengan kendaraan yang bergerak dari arah yang berlawanan.
- f) Tinggi mata pengemudi diukur dari permukaan perkerasan menurut Bina Marga (TPGJAK 1997) sama dengan tinggi objek yaitu 105 cm.
- g) Kendaraan yang bergerak dari arah yang berlawanan mempunyai kecepatan yang sama dengan kendaraan yang mendahului.

Adapun estimasi jarak pandangan mendahului diformulasikan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Jd = d1 + d2 + d3 + d4 \dots\dots\dots \text{(Hamdi, B.Sc.E, MT : 2015)}$$

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 (m)

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

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

$$d2 = 0,278 VR T2$$

$$d3 = \text{antara } 30 - 100 \text{ m}$$

$$d4 = 2/3.d_2 \dots\dots\dots \text{(Hamdi, B.Sc.E, MT : 2015)}$$

dimana:

$$T1 = \text{waktu dalam (detik), } = 2,12 + 0,026 VR$$

T_2 = waktu kendaraan berada di jalur lawan, (detik), = $6,56 + 0,048 VR$

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

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

Syarat untuk menentukan jarak pandang mendahului minimum dapat dilihat pada tabel 2.14

Tabel 2.14 Panjang Jarak Pandang Mendahului Jalan Antar Kota

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

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

Tabel 2.15 Jarak Pandang Mendahului Untuk Antar Kota

Kecepatan (km/jam)	Jarak Pandang Mendahului standar (m)	jarak pandang mendahului minimum (m)
80	550	350
60	350	250
50	250	200
40	200	150
30	150	100
20	100	70

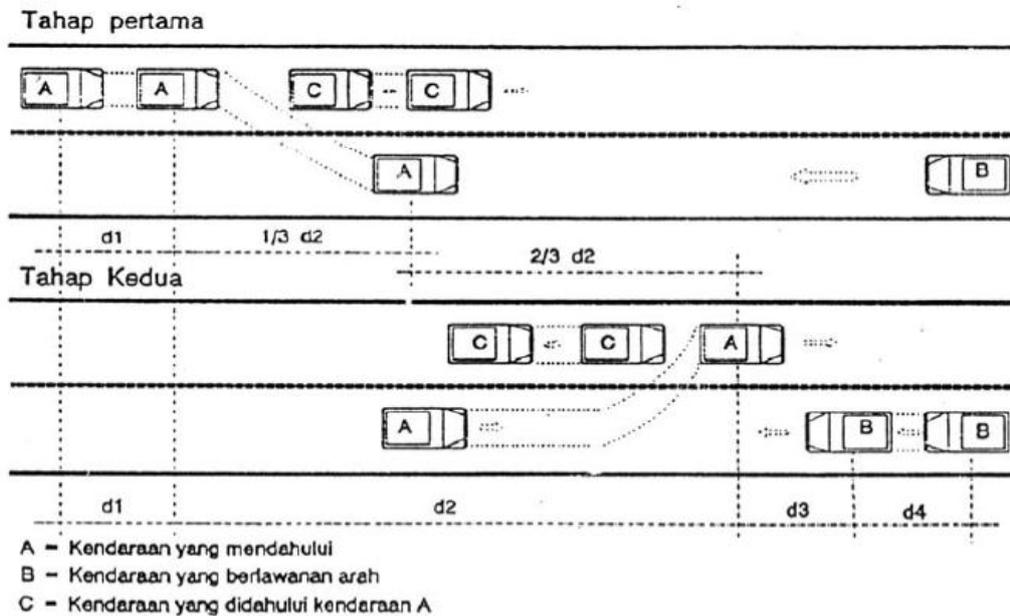
(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/BM/1997)

Tabel 2.16 Jarak Kendaraan Mendahului dengan Kendaraan Datang

VR(km/jam)	50-65	65-80	80-95	95-110
Jh minimum (m)	30	55	75	90

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/BM/1997)

Gambar proses pergerakan mendahului untuk jarak pandang mendahului dapat dilihat pada gambar 2.8



Gambar 2.8 Proses Gerakan Mendahului (2/2 TB)

3) Daerah bebas samping di tikungan

Daerah Bebas Samping di Tikungan (E) adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang pengemudi kendaraan di tikungan, sehingga J_h dapat terpenuhi, dan dimaksudkan untuk memberikan kemudian pandangan pengemudi di tikungan dengan membebaskan obyek – obyek penghalang sejauh E, yang diukur dari garis tengah lajur dalam sampai pada obyek penghalang, sehingga persyaratan untuk J_h terpenuhi. Adapun rumusan Daerah Bebas Samping di Tikungan (E), adalah:

a. Jika $J_h < L_t$:

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

b. Jika $J_h > L_t$:

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

B.Sc.E,MT : 2015)

c. Berdasarkan jarak pandang mendahului

$$M = R (1 - \cos \theta) + \frac{1}{2} (S - L) \sin \theta \dots \dots (\text{Silvia Sukirman, 1999})$$

Dimana :

- M = jarak dari penghalang ke sumbu lajur sebelah dalam (m)
- Θ = setengah sudut pusat sepanjang L, ($^{\circ}$)
- R = radius sumbu lajur sebelah dalam, (m)
- S = jarak pandangan, (m)
- L = panjang tikungan, (m)

2.3.6 Bagian – bagian jalan

Suatu jalan raya terdiri dari bagian-bagian jalan, dimana bagian-bagian jalan tersebut, dibedakan berdasarkan:

1. Daerah manfaat jalan (Damaja)

Daerah manfaat jalan (Damaja) yaitu daerah yang meliputi seluruh badan jalan, saluran tepi jalan, dan ambang pengaman. Daerah manfaat jalan (Damaja) dibatasi antara lain oleh:

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

2. Daerah milik jalan (Damija)

Daerah milik jalan (Damija) adalah ruang yang dibatasi oleh lebar yang sama dengan Damaja ditambah ambang pengaman konstruksi jalan dengan tinggi 5 meter dan kedalaman 1,5 meter.

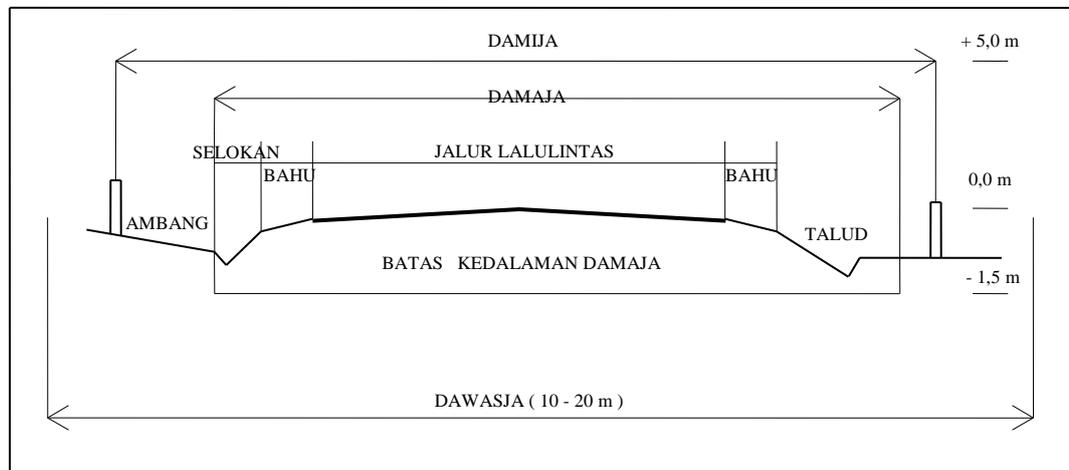
3. Daerah pengawasan jalan (Dawasja)

Daerah pengawasan jalan (Dawasja) adalah ruang sepanjang jalan diluar Damaja yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu, dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. Jalan arteri minimum 20 meter
- b. Jalan kolektor minimum 15 meter
- c. Jalan lokal minimum 10 meter

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

Gambar bagian-bagian jalan seperti yang dijelaskan diatas dapat dilihat pada gambar 2.9 berikut :



Gambar 2.9 Damaja, Damija, dan Dawasja

Dalam pembuatan jalan harus ditentukan juga trase jalan yang harus ditetapkan sedemikian rupa, agar dapat memberikan pelayanan yang baik sesuai dengan fungsinya serta keamanan dan kenyamanan pemakainya. Untuk membuat trase jalan yang baik dan ideal maka harus memenuhi syarat-syarat berikut ini:

1) Syarat ekonomis

Di dalam perencanaan yang menyangkut syarat-syarat ekonomis sebagai berikut:

- a) Penarikan trase jalan yang tidak terlalu banyak memotong kontur, sehingga tidak memakan biaya yang banyak dalam pelaksanaan pekerjaan galian dan timbunan nantinya.
- b) Penyelesaian material dan tenaga kerja yang diharapkan tidak terlalu jauh dari lokasi proyek, sehingga dapat menekan biaya.

2) Syarat teknis

Tujuan dari syarat teknis ini adalah untuk mendapatkan jalan yang memberikan rasa keamanan dan kenyamanan bagi

pemakai jalan tersebut, oleh karena itu, perlu diperhatikan keadaan topografi daerah tersebut, sehingga dapat dicapai perencanaan yang baik sesuai dengan keadaan daerah setempat.

Penampang melintang jalan merupakan bagian-bagian jalan yang terdiri dari:

1. Jalur lalu lintas

Jalur lalu lintas adalah bagian jalan yang diperuntukkan untuk lalu lintas kendaraan yang secara fisik berupa perkerasan jalan. Lebar jalur lalu lintas sangat ditentukan oleh jumlah dan lebar lajur peruntukannya, lebar jalur minimum adalah 4,5 meter, dengan lebar tersebut akan memungkinkan dua kendaraan kecil dapat saling berpapasan. Papasan dua kendaraan besar yang terjadi sewaktu-waktu dapat menggunakan bahu jalan.

Jalur lalu lintas dapat terdiri atas beberapa tipe yaitu:

- a. 1 jalur – 2 lajur – 2 arah (2/2 TB)
- b. 1 jalur – 2 lajur – 1 arah (2/1 TB)
- c. 2 jalur – 4 lajur – 1 arah (4/2 B)
- d. 2 jalur – n lajur – 2 arah (n/2 B)

Pada lajur lalu lintas terdiri dari beberapa lajur yang terletak memanjang, dibatasi oleh marka lajur jalan dan memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai kendaraan rencana. Untuk kelancaran drainase jalan supaya air yang jatuh di atas permukaan jalan cepat dialirkan ke saluran – saluran pembuangan, lajur lalu lintas pada alinyemen lurus memerlukan kemiringan melintang normal sebagai berikut:

- a. 2 – 4% untuk lapisan permukaan menggunakan bahan pengikat aspal atau beton
- b. 5% untuk jalan dengan lapisan permukaan belum mempergunakan bahan pengikat seperti jalan kerikil. (Silvia Sukirman, 1999)

Lebar jalur tergantung pada kecepatan dari kendaraan rencana, yang dalam hal ini dinyatakan dengan fungsi dan kelas jalan seperti ditetapkan dalam tabel 2.17

Tabel 2.17 Lebar Lajur dan Bahu Jalan

VLHR (smp/hari)	ARTERI				KOLEKTOR				LOKAL			
	Ideal		Minimum		Ideal		Minimum		Ideal		Minimum	
	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu
<3000	6	1,5	4,5	1	6	1,5	4,5	1	6	1	4,5	1
3000-10000	7	2	6	1,5	7	1,5	6	1,5	7	1,5	6	1
10001-25000	7	2	7	2	7	2	MENGACU PADA PERSYARATAN IDEAL		TIDAK DITENTUKAN			
>25000	2n x3,5	2,5	2 x 7	2	2nx 3,5	2						
2 n x 3,5 → 2 jalur, n = jumlah lajur per lajur. n x 3,5 = lebar per lajur												

(Sumber : TPGJAK 1997)

2. Median

Median adalah bagian bangunan jalan yang secara fisik memisahkan dua jalur lalu lintas yang berlawanan arah. Secara fisiknya median dapat dibedakan atas median yang direndahkan dan median yang ditinggikan. Lebar minimum median terdiri atas jalur tepian selebar 0,25 – 0,75 meter.

Adapun fungsi dari median tersebut antara lain:

- a) Menyediakan daerah netral yang cukup lebar dimana pengemudi masih dapat mengontrol kendaraannya pada saat-saat darurat.

- b) Menyediakan jarak yang cukup untuk membatasi/mengurangi kesilauan terhadap lampu besar dari kendaraan yang berlawanan arah.
- c) Menambah rasa kelegaan, kenyamanan dan keindahan bagi setiap pengemudi.
- d) Mengamankan kebebasan samping dari masing-masing arah lalu lintas.

3. Bahu jalan

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

- a) Ruang untuk tempat berhenti sementara kendaraan yang mogok atau sekedar berhenti karena pengemudi ingin berorientasi mengenai jurusan yang akan ditempuh atau untuk beristirahat.
- b) Ruang untuk menghindarkan diri dari saat-saat darurat, sehingga dapat mencegah terjadinya kecelakaan.
- c) Memberikan kelegaan pada pengemudi dengan demikian dapat meningkatkan kapasitas jalan yang bersangkutan
- d) Memberikan sokongan pada waktu mengadakan pekerjaan perbaikan atau pemeliharaan jalan (untuk tempat penempatan alat-alat).
- e) Ruang pembantu pada waktu mengadakan pekerjaan perbaikan atau pemeliharaan jalan (untuk tempat penempatan alat-alat dan penimbunan bahan material).
- f) Ruang untuk lintasan kendaraan - kendaraan patroli, ambulans, yang sangat dibutuhkan pada keadaan darurat seperti terjadinya kecelakaan.

4. Jalur pejalan kaki

Jalur pejalan kaki merupakan fasilitas yang berfungsi memisahkan pejalan kaki dari lajur lalu lintas kendaraan guna menjamin keselamatan pejalan kaki dan kelancaran lalu lintas.

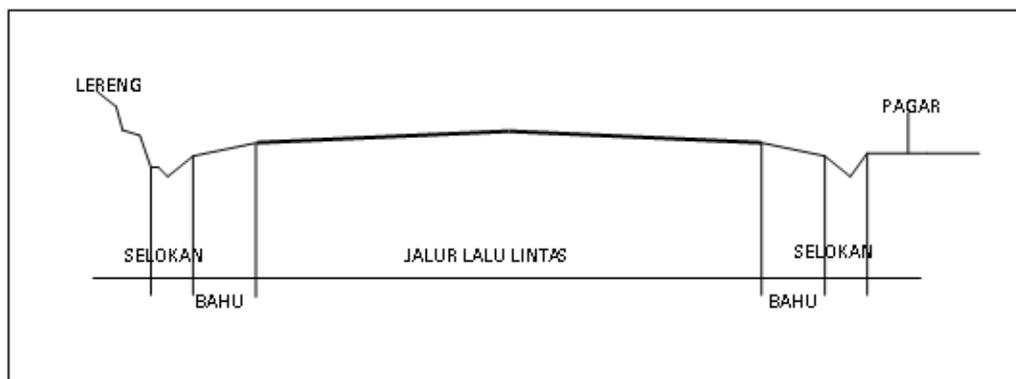
5. Selokan

Selokan dibuat untuk mengendalikan air (limpasan) permukaan akibat air hujan dan bertujuan untuk memelihara agar jalan tidak tergenang air hujan dalam waktu yang cukup lama (yang akan mengakibatkan kerusakan konstruksi jalan).

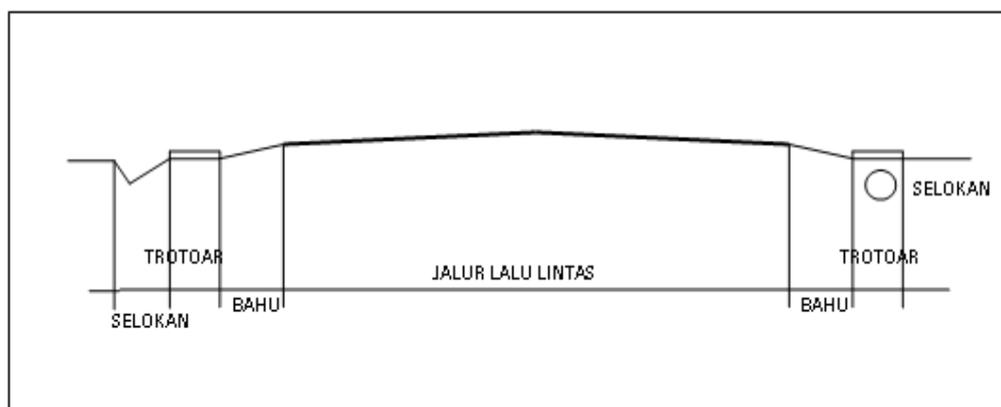
6. Lereng

Lereng merupakan bagian dari kondisi alam yang tidak terkena pengaruh dari perencanaan suatu ruas jalan. Lereng alam ini biasanya berupa bukit yang harus diperkuat untuk melindungi lereng timbunan atau galian dan menahan gerusan air.

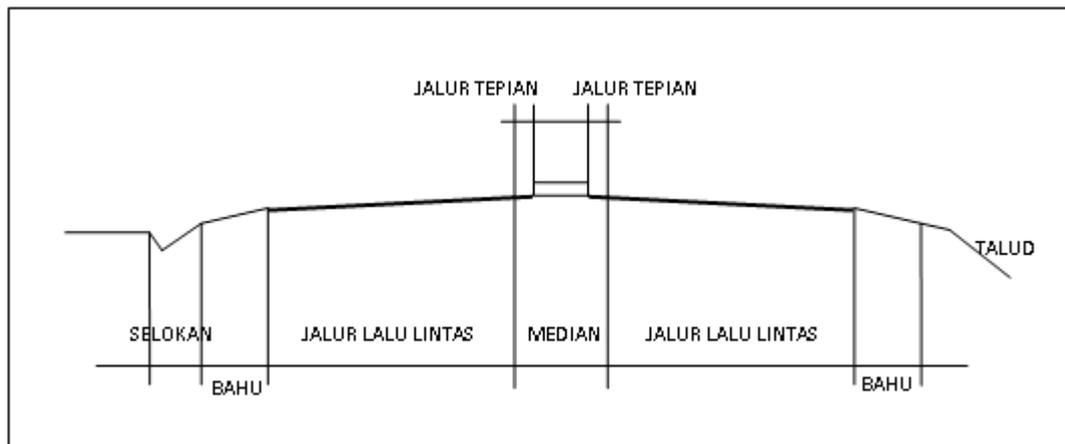
Gambar penampang melintang jalan dengan tipikal-tipikal diatas dilihat pada gambar 2.10, 2.11 dan 2.12



Gambar 2.10 Tipikal Penampang Melintang Jalan



Gambar 2.11 Tipikal Penampang Melintang Jalan yang Dilengkapi Trotoar



Gambar 2.12 Tipikal Penampang Melintang Jalan yang Dilengkapi Median

2.4 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah menjelaskan kondisi jalan yang lurus menikung ke kiri-menikung ke kanan; dimana sumbu jalan tampak berupa rangkaian garis lurus, atau lengkung berbentuk lingkaran dan lengkung peralihan dari bentuk lurus ke bentuk busur lingkaran. Perencanaan geometrik jalan memfokuskan pada pemilihan letak dan panjang dari bagian-bagian ini sesuai dengan kondisi medan sehingga terpenuhi kebutuhan akan pengoperasian lalu lintas dan keamanan. Ditinjau secara umum penempatan alinyemen horizontal harus dapat menjamin keselamatan dan kenyamanan bagi pengguna jalan. Untuk itu perlu diperhatikan hal-hal berikut:

1. Sedapat mungkin menghindari *broken back*, artinya tikungan searah yang hanya dipisahkan oleh tangen yang sangat pendek yang dapat mengurangi keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan.
2. Pada bagian yang relatif lurus dan pajang jangan tiba-tiba terdapat tikungan yang tajam yang dapat membahayakan pengemudi.
3. Kalau tidak terpaksa jangan menggunakan radius minimum sebab jalan tersebut akan sulit mengikuti perkembangan yang akan terjadi dimasa yang akan datang.

4. Apabila terpaksa menghadapi tikungan ganda maka dalam perencanaan harus diusahakan agar jari-jari (R_1) lebih kecil atau sama dengan jari-jari lengkung kedua (R_2) x 1,5.
5. Hindari sedapat mungkin lengkung yang terbalik dengan mendadak.
6. Hindarkan lengkung yang tajam pada timbunan yang tinggi.

2.4.1 Bagian lurus

Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pengguna jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu $\leq 2,5$ menit (sesuai VR). Nilai panjang bagian lurus maksimum dapat dilihat pada tabel 2.18.

Tabel 2.18 Panjang Bagian Lurus Maksimum

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

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/BM/1997)

2.4.2 Tikungan

Bagian yang sangat kritis pada alinyemen horizontal adalah bagian tikungan, dimana terdapat gaya sentrifugal ini mendorong kendaraan secara radial keluar jalur. Atas dasar ini maka perencanaan tikungan agar dapat memberikan keamanan dan kenyamanan perlu memperhatikan hal-hal berikut:

1) Jari-jari Minimum

Agar kendaraan stabil pada saat melalui tikungan, perlu dibuat suatu kemiringan melintang jalan pada tikungan yang disebut superelevasi. Pada saat kendaraan melalui daerah superelevasi, 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 2.19

Tabel 2.19 Panjang Jari-jari Minimum untuk $e_{maks} = 10\%$

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

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/BM/1997)

2) Jenis-jenis Tikungan

Didalam suatu perencanaan garis lengkung maka perlu diketahui hubungan kecepatan rencana dengan kemiringan melintang jalan (superelevasi) karena garis lengkung yang direncanakan garis dapat mengurangi gaya sentrifugal secara berangsur-angsur mulai dari nol sampai nol kembali. Bentuk tikungan dalam perencanaan tersebut adalah:

a. Tikungan *Full Circle*

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. Jari-jari tikungan untuk tikungan jenis *full circle* ditunjukkan pada tabel 2.20 berikut ini:

Tabel 2.20 Jari-jari yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

V (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Rmin (m)	2500	1500	900	500	350	250	130	60

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/BM/1997)

Rumus yang digunakan pada tikungan *full circle* yaitu:

$$Tc = R \tan \frac{\Delta}{2}$$

$$E = T \tan \frac{\Delta}{4}$$

$$Lc = \frac{\Delta}{180} \pi R \dots\dots\dots(\text{Hamdi, B.Sc.E, MT: 2015})$$

Dimana:

Δ = sudut tangen ($^{\circ}$)

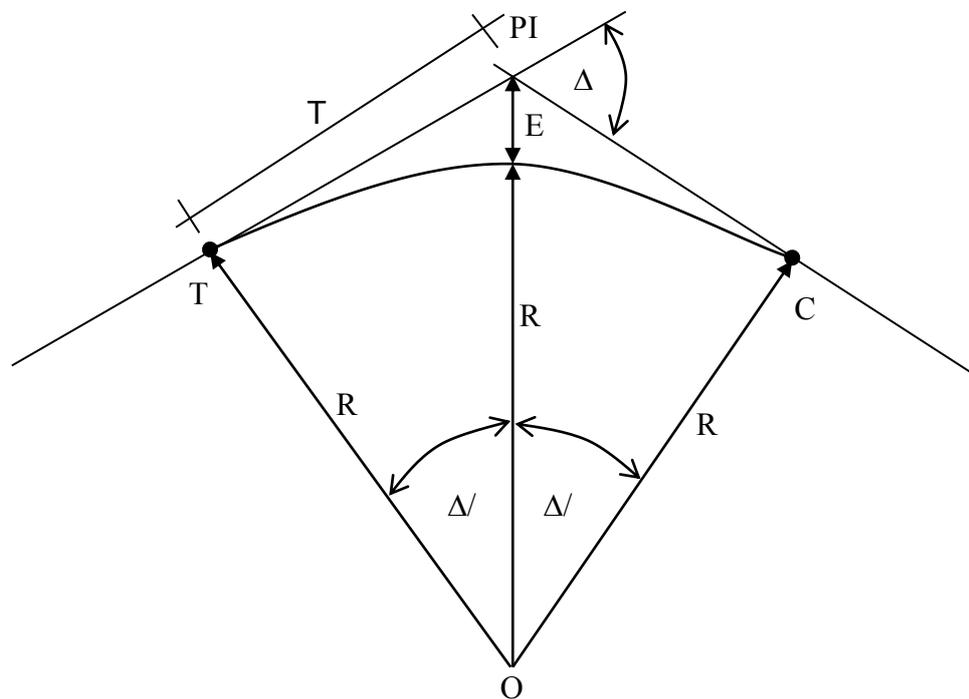
T_c = panjang tangen jarak dari TC ke PI atau PI ke CT

R_c = jari-jari lingkaran (m)

E_c = jarak luar dari PI ke busur lingkaran (m)

L_c = panjang busur lingkaran (m)

Komponen-komponen untuk lingkaran *full circle* dapat dilihat pada gambar 2.13



Gambar 2.13 Komponen *Full Circle*

b. Lengkung peralihan (*Spiral – Circle – Spiral = S – C – S*)

Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen yang tiba-tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran, jadi lengkung peralihan ini diletakkan antara bagian lurus dan bagian lingkaran (*circle*), yaitu sebelum dan sesudah tikungan berbentuk busur lingkaran. Lengkung peralihan dengan bentuk spiral banyak digunakan juga oleh Bina Marga. Dengan adanya lengkung peralihan (L_s), menurut Tata Cara Perencanaan

Geometrik Jalan Antar Kota, (1997), diambil nilai terbesar dari tiga persamaan dibawah ini:

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

$$L_s = \frac{V_R}{3.6} \times T \dots\dots\dots(\text{Shirley L. Herdarsin: 2000})$$

- 2) Berdasarkanantisipasi gaya sentrifugal

$$L_s = 0.022 \frac{V_R^3}{R_c \cdot C} - 2.727 \frac{V_R - e}{C} \dots\dots(\text{Shirley L. Herdarsin: 2000})$$

- 3) Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_s = \frac{e_m - e_n}{3.6 \Gamma_e} \times V_R \dots\dots\dots(\text{Shirley L. Herdarsin: 2000})$$

Dimana:

T = waktu tempuh pada lengkung peralihan, ditetapkan 3 detik.

VR = kecepatan rencana (km/jam)

E = superelevasi

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

R = jari- jari busur lingkaran (m)

e_m = superelevasi maksimum

e_n = superelevasi normal

Γ_e = tingkat pencapaian perubahan kemiringan melintang jalan (m/m/detik)

Untuk VR = 70 km/jam nilai r mak = 0,035 m/m/det

Untuk VR = 80 km/jam nilai r mak = 0,025 m/m/det

Adapun rumus-rumus yang digunakan pada tikungan *spiral-circle-spiral*, yaitu:

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

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

$$\theta_s = \frac{90}{\pi} \frac{L_s}{R}$$

$$\Delta_c = \Delta - 2\theta_s \left[1 - \frac{L_s^2}{40 R^2} \right]$$

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

$$k = L_s - \frac{L_s^2}{40 R^2} - R(1 - \sin \theta_s)$$

$$L_c = \frac{\Delta_c}{180} \cdot \pi \cdot R$$

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

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

$$L = L_c + 2 \cdot L_s \dots\dots\dots(\text{Hamdi, B.Sc.E, MT : 2015})$$

Kontrol : $L_{tot} < 2 \cdot T_s$

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)

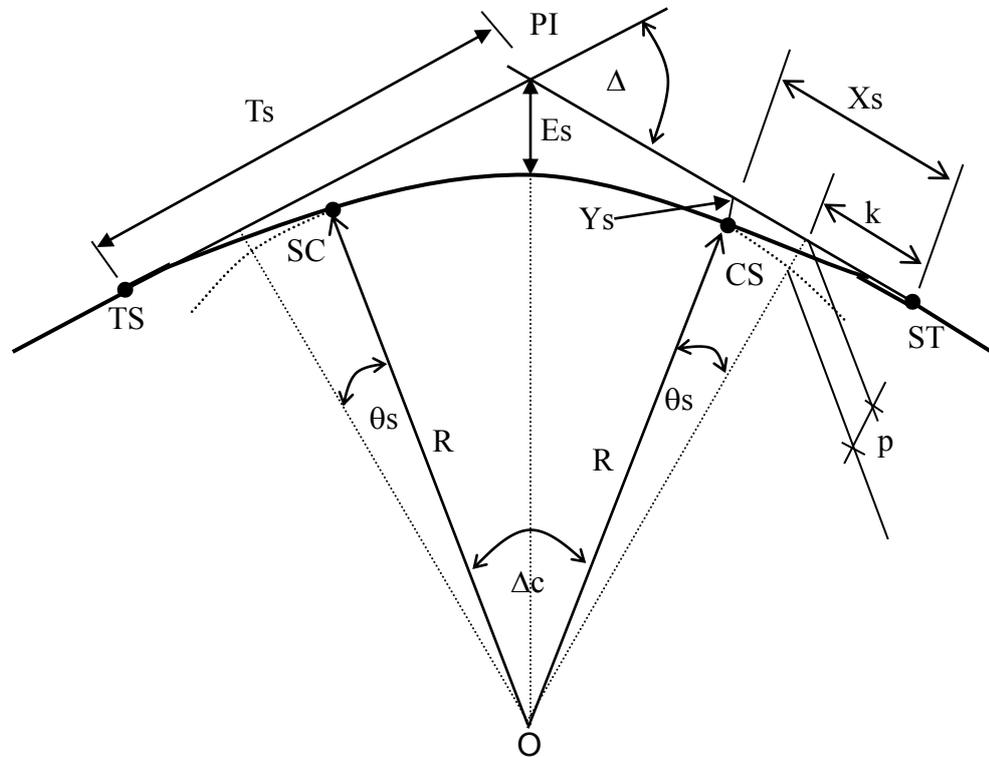
p = pergeseran tangen terhadap spiral, (m)

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

L = panjang tikungan SCS, (m)

Jika diperoleh $L_c < 25$ m, maka sebaiknya tidak digunakan bentuk S – C – S, tetapi digunakan lengkung S – S, yaitu lengkung yang terdiri dari dua buah lengkung peralihan.

Komponen-komponen untuk tikungan *spiral – circle – spiral* dapat dilihat pada gambar 2.14



Gambar 2.14 Komponen *Spiral-Circle-Spiral*

c. Tikungan *Spiral-Spiral*

Bentuk tikungan ini digunakan pada tikungan yang tajam. Adapun rumus-rumus yang digunakan pada tikungan spiral-spiral, yaitu:

$$\theta_s = \frac{1}{2} \Delta, L_c = 0$$

$$L_s = \frac{2\pi R}{360} 2\theta_s \text{ atau } L_s = \frac{\theta_s R}{28,648}$$

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

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

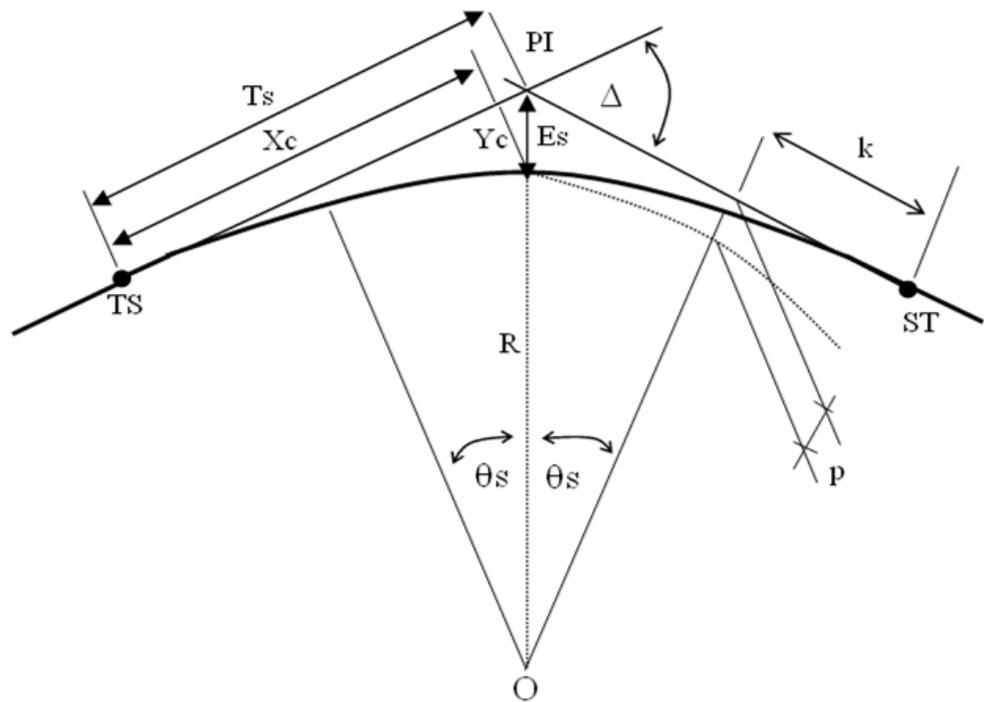
$$k = k^* \times L_s$$

$$p = p^* \times L_s \dots \dots \dots (\text{Hamdi, B.Sc.E, MT : 2015})$$

Dimana k^* , p^* dapat dilihat pada tabel untuk $L_s = 1$

Kontrol : $L_{tot} < 2 \cdot T_s$

Komponen-komponen untuk tikungan spiral-spiral dapat dilihat pada gambar 2.15



Gambar 2.15 Komponen *Spiral-Spiral*

Tabel 2.21 Nilai p* dan k* untuk Ls = 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 : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1997)

3) Pencapaian Superelevasi

Penggambaran superelevasi dilakukan untuk mengetahui kemiringan-kemiringan jalan pada bagian tertentu, yang berfungsi untuk mempermudah dalam pekerjaannya atau pelaksanaannya dilapangan. Adapun ketentuan-ketentuan dalam pencapaian superelevasi semua jenis tikungan tersebut antara lain:

- a. Superelevasi dapat dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.
- b. 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).
- c. Pada bagian *full circle*, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bagian lurus sepanjang $2/3 L_s$ sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang $1/3 L_s$.
- d. Pada tikungan *spiral-spiral*, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.
- e. Superelevasi tidak diperlukan jika radius cukup besar, untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LN) atau bahkan tetap lereng normal (LN).

4) Diagram Superelevasi

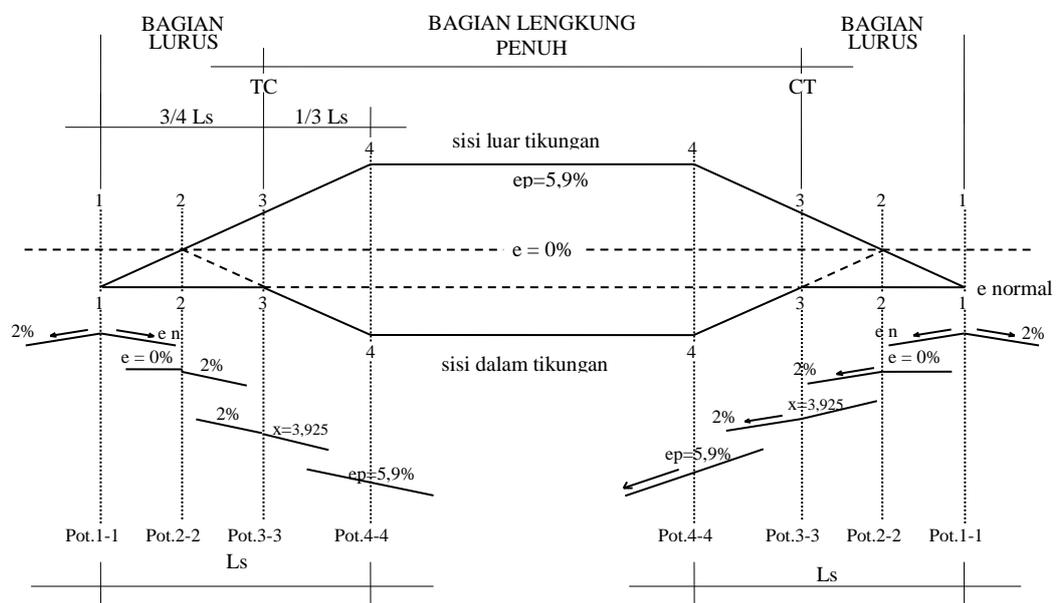
Diagram superelevasi digambarkan berdasarkan elevasi sumbu jalan sebagai garis nol. Ada tiga cara dalam menggambarkan diagram superelevasi yaitu:

- a. Sumbu jalan dipergunakan sebagai sumbu putar.
- b. Tepi perkerasan jalan sebelah dalam digunakan sebagai sumbu putar.
- c. 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.(Hamirhan Saodang, 2010)

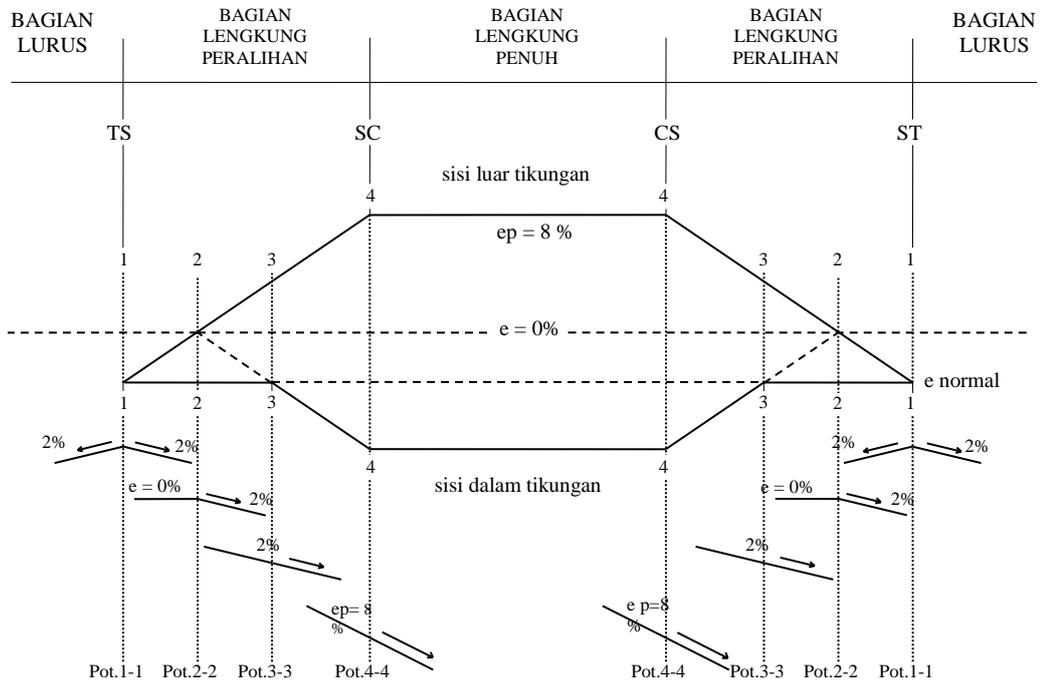
Adapun diagram pencapaian superelevasi pada tikungan *full circle* dapat dilihat pada gambar 2.16



Gambar 2.16 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Full Circle*

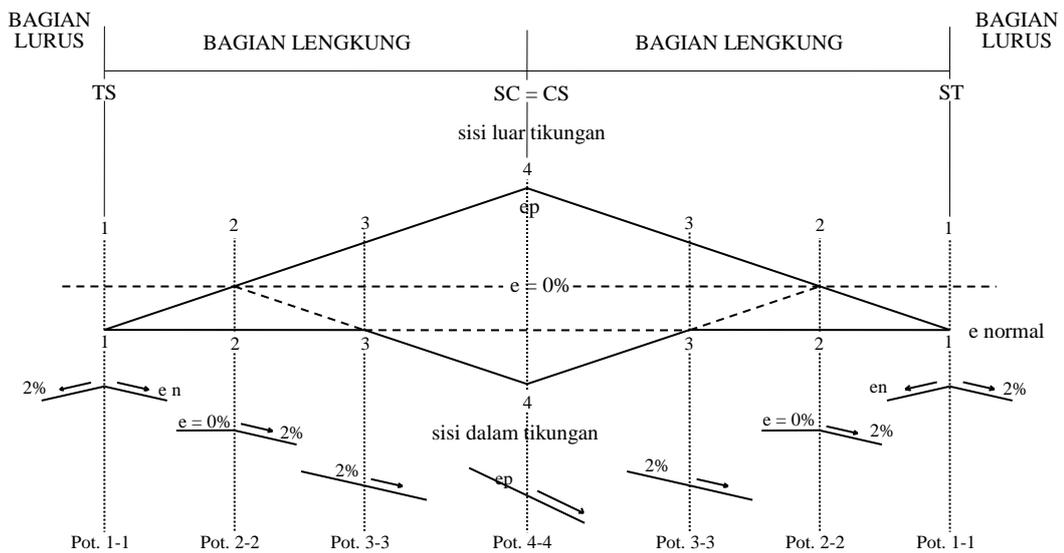
(contoh untuk tikungan ke kanan)

Untuk tikungan *spiral - circle - spiral*, diagram pencapaian superelevasi dapat dilihat pada gambar 2.17.



Gambar 2.17 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*
(contoh untuk tikungan ke kiri)

Untuk tikungan *spiral – spiral*, diagram pencapaian superelevasi dapat dilihat pada gambar 2.18



Gambar 2.18 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-Spiral*

5) Kemiringan Melintang

Pada jalan yang lurus kendaraan bergerak tanpa membutuhkan kemiringan melintang jalan. Namun demikian 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. 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 jalan berkisar antara 2 - 4%. Bentuk kemiringan melintang normal jalan pada jalan dengan 2 lajur 2 arah umumnya berbentuk *crown* dan pada jalan yang mempunyai median kemiringan melintang dibuat untuk masing-masing jalur. 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.

$$\frac{1}{m} = \frac{(e + e_n) B}{L_s} \dots\dots\dots(\text{Hamirhan Saodang: 2010})$$

Dimana :

$$\frac{1}{m} = \text{landai relatif}$$

L_s = panjang lengkung peralihan

B = lebar jalur 1 arah (m)

e = superelevasi (m/m')

e_n = kemiringan melintang normal (m/m')

6) Pelebaran perkerasan di tikungan

Kendaraan yang bergerak dari jalan lurus menuju tikungan, seringkali tidak dapat mempertahankan lintasannya pada lajur yang telah disediakan. Hal ini disebabkan :

- a. Pada waktu membelok yang diberikan sudut belokan hanya roda depan sehingga lintasan roda belakang menjalani lintasan lebih kedalam dari roda depan (*of tracking*).
- b. Jejak lintasan kendaraan tidak lagi berimpit karena bumper depan dan belakang kendaraan mempunyai lintasan yang berbeda antara roda depan dan roda belakang.
- c. Pengemudi akan mengalami kesukaran dalam mempertahankan lintasannya untuk tetap pada lajur jalannya terutama pada tikungan - tikungan yang tajam atau pada kecepatan yang tinggi.

Untuk menghindari hal tersebut diatas, maka pada tikungan yang tajam perlu diadakan pelebaran perkerasan jalan. Secara praktis perkerasan harus diperlebar, bila radius lengkungan lebih kecil dari 120 m untuk menjaga agar pandangan bebas kearah samping terhadap kendaraan-kendaraan lain sedangkan pelebaran tidak diperlukan lagi bilamana kecepatan rencana kurang dari 30 km/jam. (Hamirhan Saodang, 2010)

Rumus yang digunakan :

$$B = n(b' + C) + (n - 1) Td + Z$$

$$b' = B + R - \sqrt{R^2 - P^2}$$

$$Td = \sqrt{R^2 - A(2P + A - R)}$$

$$Z = \frac{0,105V}{\sqrt{R}}$$

$$Bt = n(B + C) + Z$$

$$\Delta b = Bt - Bn \dots \dots \dots (\text{Silvia Sukirman, 1999})$$

Dimana:

$$B = \text{lebar kendaraan (m)}$$

$$b' = \text{lebar lintasan truck pada tikungan, (m)}$$

T_d	= lebar tonjolan depan kendaraan, (m)
R	= radius lajur sebelah dalam / jari-jari tikungan, (m)
V	= kecepatan, (km/jam)
Z	= lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi di tikungan, (m)
B_t	= lebar total perkerasan di tikungan, (m)
B_n	= lebar total perkerasan pada bagian lurus, (m)
n	= jumlah lajur
B	= lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan di tikungan pada lajur sebelah dalam, (m)
C	= kebebasan samping, (m). 0,5 untuk lebar lajur 6 m, 0,8 untuk lebar lajur 7 m, dan 1,25 untuk lebar lajur 7,5 m
Δb	= tambahan lebar perkerasandi tikungan, (m)

2.5 Alinyemen Vertikal

Alinyemen Vertikal adalah perencanaan elevasi sumbu jalan pada setiap titik yang ditinjau, berupa profil memanjang.

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). (Shirley L. Hendarsin, 2000).

2.5.1 Landai maksimum dan panjang landai maksimum

- 1) Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti.
- 2) Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah.

Tabel 2.22 Kelandaian Maksimum

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

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/BM/1997)

2.5.2 Panjang kritis suatu kelandaian

Panjang kritis landai adalah panjang kelandaian yang mengakibatkan pengurangan kecepatan kendaraan tidak lebih dari separuh kecepatan rencananya. Lama perjalanan pada panjang kritis tidak lebih dari 1 menit. (Hamdi, B.Sc.E, MT : 2013)

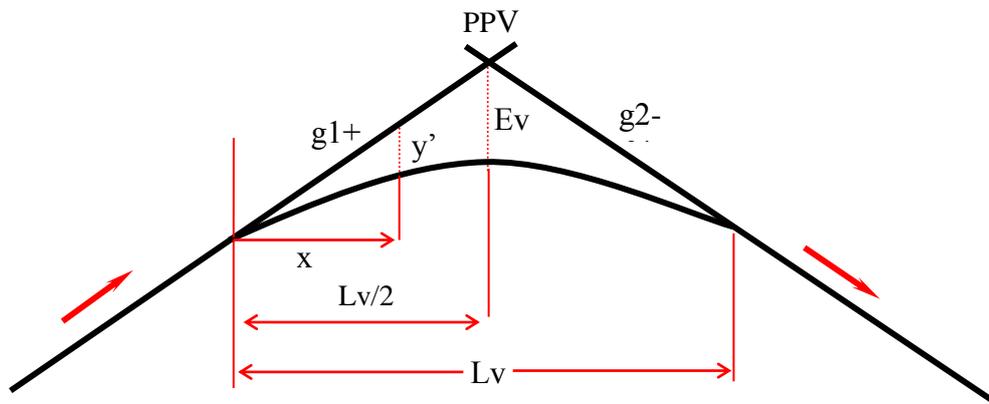
Tabel 2.23 Panjang Kritis Kelandaian

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: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/BM/1997)

2.5.3 Lengkung vertikal

Lengkung vertikal adalah garis yang menghubungkan antara dua kelandaian arah memanjang jalan 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 didapat dengan perbandingan dari offset vertikal dari PPV yang bernilai tertentu 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 :

PLV = titik awal lengkung parabola.

PPV = titik perpotongan kelandaian g_1 dan g_2

PTV = titik akhir lengkung parabola.

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

Δ = perbedaan aljabar landai ($g_1 - g_2$) %.

EV = pergeseran vertikal titik tengah busur lingkaran (PV1 - m) meter.

L_v = panjang lengkung vertikal

V = kecepatan rencana (km/jam)

J_h = jarak pandang henti

f = koefisien gesek memanjang menurut Bina Marga, $f = 0,35$

Tabel 2.24 Panjang Lengkung Vertikal

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

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/BM/1997)

Adapun rumus yang digunakan untuk lengkung vertikal adalah sebagai berikut :

$$x = \frac{1}{2} L_v$$

$$y' = \frac{(g_2^2 - g_1^2)}{200 \cdot L_v} \cdot x^2$$

$$A = g_1 \pm g_2$$

$$E_v = \frac{(g_2 - g_1) L_v}{800} \dots\dots\dots(\text{Hamdi, B.Sc.E, MT : 2015})$$

Dimana :

x = jarak dari titik PLV ke titik yang ditinjau

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

g_1, g_2 = besar kelandaian (kenaikan / penurunan)

L_v = panjang lengkung vertikal

Panjang Lengkung Vertikal (L_v)

a. Syarat keluwesan bentuk

$$L_v = 0,6 \times V$$

b. Syarat drainase

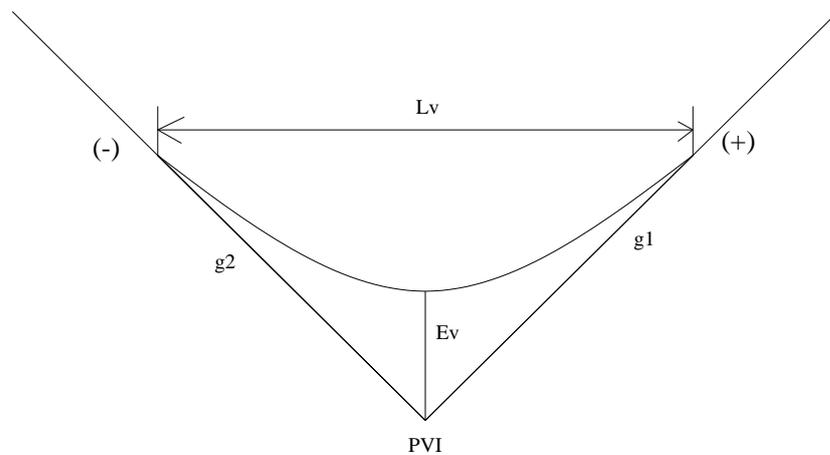
$$L_v = 40 \times A$$

c. Syarat kenyamanan

$$E_v = \frac{A \times V^2}{390} \dots\dots\dots(\text{Hamirhan Saodang: 2010})$$

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

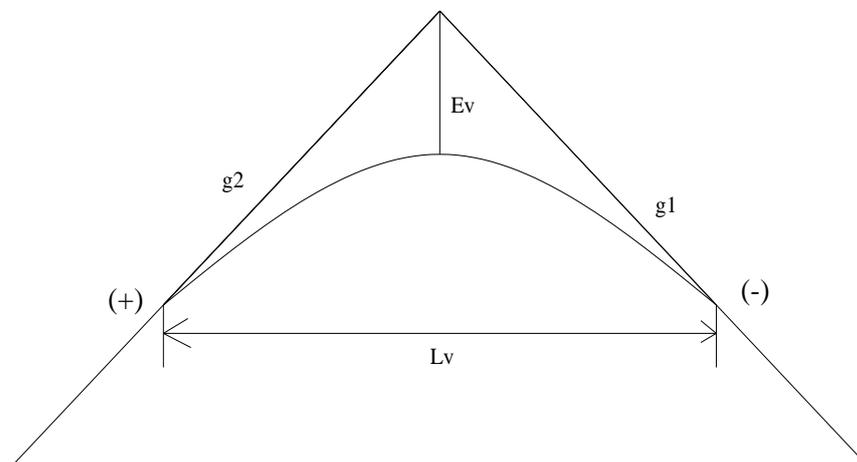
- 1) Lengkung vertikal cekung, adalah suatu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan. Tidak ada dasar yang dapat digunakan untuk menentukan panjang lengkung cekung vertikal (L), akan tetapi ada 4 kriteria sebagai pertimbangan yang dapat dipertimbangkan yaitu:
 - a) arah sinar lampu besar dari kendaraan
 - b) Kenyamanan pengemudi
 - c) Ketentuan *drainase*
 - d) Penampilan secara umum



Gambar 2.20 Lengkung Vertikal Cekung

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/BM/1997)

- 2) Lengkung vertikal cembung, adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan yang bersangkutan.



Gambar 2.21 Lengkung Vertikal Cembung

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/BM/1997)

2.5.4 Koordinasi alinyemen

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:

- 1) Alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal terletak pada satu fase, dimana alinyemen horizontal sedikit lebih panjang dari alinyemen vertikal.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) Lengkung vertikal dua atau lebih pada satu lengkung horizontal, sebaiknya dihindarkan.
- 5) Tikungan tajam yang terletak diantara bagian jalan yang lurus dan panjang harus dihindarkan.

2.6 Stationing

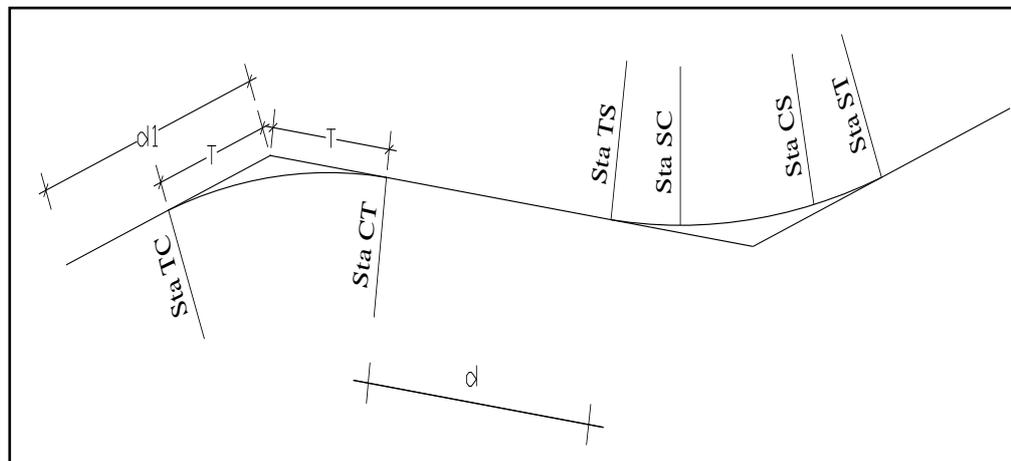
Penomoran (*stationing*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberikan nomor pada interval-interval tertentu dari awal pekerjaan. Nomor jalan (STA jalan) dibutuhkan sebagai sarana komunikasi untuk dengan cepat mengenali lokasi yang sedang dibicarakan, selanjutnya menjadi panduan untuk lokasi 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.

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

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. Sistem penomoran jalan pada tikungan dapat dilihat pada gambar 2.22



Gambar 2.22 Sistem Penomoran Jalan

2.6.1 Perencanaan galian dan timbunan

Dalam perencanaan jalan raya diusahakan agar volume galian sama dengan volume timbunan. Dengan mengkombinasikan alinyemen vertikal dan horizontal memungkinkan kita untuk menghitung banyaknya volume

galian dan timbunan. Langkah-langkah dalam perhitungan galian dan timbunan, antara lain :

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

2.6.2 Perencanaan tebal perkerasan

Perkerasan jalan raya adalah bagian jalan raya yang diperkeras dengan lapis konstruksi tertentu, yang memiliki ketebalan, kekuatan, dan kekakuan, serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar secara aman. Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar perkerasan jalan yang sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan (Silvia Sukirman, 1995). Secara umum perkerasan jalan mempunyai persyaratan yaitu kuat, awet, kedap air, rata, tidak licin, murah dan mudah dikerjakan. Oleh karena itu bahan perkerasan jalan yang paling cocok adalah pasir, kerikil, batu dan bahan pengikat (aspal atau semen).

Berdasarkan suatu bahan ikat, lapisan perkerasan jalan dibagi menjadi dua kategori, yaitu :

1. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran beton bertulang, atau bahan-bahan yang bersifat kaku.

2. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

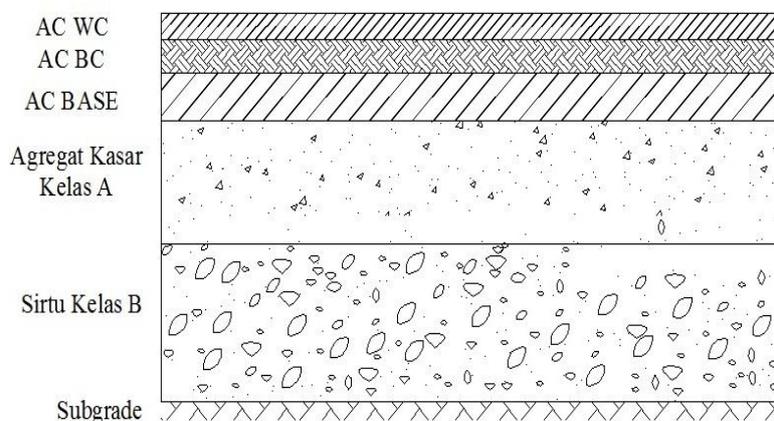
Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal dan agregat atau bahan-bahan yang bersifat tidak kaku/lentur.

3. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Yaitu perkerasan dengan memakai dua bahan, dengan maksud menggabungkan dua bahan yang berbeda yaitu aspal dan beton.

2.6.3 Jenis dan fungsi konstruksi perkerasan lentur

Konstruksi perkerasan terdiri dari lapisan – lapisan yang diletakkan diatas permukaan tanah dasar yang telah dipadatkan. Konstruksi perkerasan terdiri dari:



Gambar 2.23 Lapisan Perkerasan Lentur

(Sumber: Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, Kementerian Pekerjaan Umum)

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari empat lapisan, yaitu:

1. Lapis Permukaan (LP)

Lapis permukaan adalah bagian perkerasan yang paling atas. Lapisan permukaan dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal sehingga menghasilkan lapisan yang kedap air dengan

stabilitas yang tinggi dan daya tahan lama. Fungsi lapis permukaan dapat meliputi:

a) Struktural:

Ikut mendukung dan menyebarkan beban kendaraan yang diterima oleh perkerasan, baik beban vertikal maupun beban horizontal (gaya geser). Untuk hal ini persyaratan yang dituntut adalah kuat, Kokoh, dan stabil.

b) Non Struktural, dalam hal ini mencakup:

- Lapis kedap air, mencegah masuknya air ke dalam lapisan perkerasan yang ada di bawahnya dan melemah lapisan-lapisan tersebut.
- Menyediakan permukaan yang tetap rata, agar kendaraan dapat berjalan dan memperoleh kenyamanan yang cukup.
- Membentuk permukaan yang tidak licin, sehingga tersedia koefisien gerak (*skid resistance*) yang cukup untuk menjamin tersedianya keamanan lalu lintas.
- Sebagai lapisan aus, yaitu lapis yang dapat aus yang selanjutnya dapat diganti lagi dengan yang baru.

Lapis permukaan itu sendiri masih bisa dibagi lagi menjadi dua lapisan lagi, yaitu:

a) Lapis Aus (*Wearing Course*)

Lapis aus (*baring course*), yaitu lapisan yang langsung mengalami gesekan akibat rem kendaraan, sehingga mudah aus. Lapis aus (*wearing course*) merupakan bagian dari lapis permukaan yang terletak di atas lapis antara (*binder course*). Fungsi dari lapis aus adalah:

- Mengamankan perkerasan dari pengaruh air.
- Menyediakan permukaan yang halus.
- Menyediakan permukaan yang kesat.

b) Lapis Antara (*Binder Course*)

Lapis antara (*binder course*) merupakan bagian dari lapis permukaan yang terletak di antara lapis pondasi atas (*base course*) dengan lapis aus (*wearing course*). Fungsi dari lapis antara adalah (Nono,2007):

- Mengurangi tegangan.
- Menahan beban paling tinggi akibat beban lalu lintas sehingga harus mempunyai kekuatan yang cukup.

2. Lapis Pondasi (LP) atau *Base Course*

Lapis pondasi adalah bagian dari perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah atau dengan nah apabila tidak menggunakan lapis pondasi bawah. Fungsi lapis ini adalah:

- a) Lapis pendukung bagi lapis permukaan.
- b) Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan dibawahnya.
- c) Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.

3. Lapisan Pondasi Bawah (LPB) atau *Subbase Course*

Lapisan perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas (*base course*) dan lapisan tanah dasar (*subgrade*). Lapisan pondasi bawah ini berfungsi sebagai berikut, antara lain:

- Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
- Efisiensi penggunaan material, material pondasi bawah relatif murah dibandingkan dengan lapis perkerasan diatasnya.
- Mengurangi tebal lapisan diatasnya yang harganya cenderung lebih mahal.
- Lapis peresap, agar air tanah tidak berkumpul dipondasi.
- Lapis pertama, agar pekerjaan dapat berjalan lancar, sehubungan dengan kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca, atau lemahnya daya dukung tanah dasar menahan beban alat berat.

- Lapis untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas.

4. Lapis tanah dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah dasar adalah lapisan tanah setebal 50 – 100 cm tempat diletakkannya lapisan pondasi bawah, dapat berupa tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya memenuhi syarat, atau tanah yang didatangkan dari tempat lain lalu dipadatkan atau tanah yang distabilisasi dengan kapur atau bahan lainnya.

Mutu dan daya tahan konstruksi perkerasan tak lepas dari sifat tanah dasar. Tanah dasar yang baik untuk konstruksi perkerasan jalan adalah tanah dasar yang berasal dari lokasi itu sendiri serta kemampuan mempertahankan perubahan volume selama masa pelayanan walaupun terdapat perbedaan kondisi lingkungan dan jenis tanah setempat. Sifat masing-masing tanah tergantung dari tekstur, kadar air dan kondisi lingkungan. Tanah dasar (*subgrade*) adalah permukaan tanah semula, permukaan tanah galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan tanah dasar untuk perletakan bagian – bagian perkerasan lainnya. Perkerasan lentur yaitu perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal dan agregat atau bahan-bahan yang bersifat tidak kaku atau lentur. Pada umumnya perkerasan lentur baik digunakan untuk jalan yang melayani beban lalu lintas ringan sampai dengan sedang, seperti jalan perkotaan, jalan dengan sistem utilitas terletak di bawah perkerasan jalan, perkerasan bahu jalan, atau perkerasan dengan konstruksi bertahap. Bahan penyusun lapisan untuk perkerasan lentur yang utama terdiri atas bahan ikat dan bahan pokok. Bahan pokok bisa berupa pasir, kerikil, batu pecah/agregat dan lain-lain. Sedangkan untuk bahan ikat untuk perkerasan bisa berbeda-beda, tergantung dari jenis perkerasan jalan yang akan dipakai. Bisa berupa tanah liat, aspal/bitumen, *Portland cement*, atau kapur/lime.

a) Aspal

Aspal merupakan senyawa hidrokarbon berwarna cokelat gelap atau hitam pekat yang dibentuk dari unsur-unsur *asphathenes*, *resin*, dan *Oils*. Aspal pada lapis perkerasan berfungsi sebagai bahan pengikat antara agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan pada masing-masing agregat. Selain sebagai bahan pengikat, aspal juga berfungsi untuk mengisi rongga antara butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri. Pada temperatur ruang aspal bersifat *termoplastik*, sehingga aspal akan mencair jika dipanaskan sampai pada temperatur tertentu dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4–10% berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran (Silvia Sukirman, 1995). Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan atas aspal alam dan aspal minyak. Aspal alam yaitu aspal yang didapat di suatu tempat di alam, dan dapat digunakan sebagaimana diperolehnya atau dengan sedikit pengolahan. Aspal alam yang diperoleh di gunung-gunung seperti aspal di pulau Buton. dan ada pula yang diperoleh di danau seperti di Trinidad. Asbuton merupakan campuran antara bitumen dengan bahan mineral lainnya dalam bentuk batuan. Aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu pengilangan minyak bumi. Untuk perkerasan jalan umumnya digunakan aspal minyak jenis *asphaltic base crude oil*.

2.6.4 Parameter perencanaan tebal perkerasan

Yang menjadi pertimbangan dalam perencanaan tebal perkerasan antara lain:

1. Umur Rencana

Umur rencana adalah jangka waktu dalam tahun sampai perkerasan harus diperbaiki atau ditingkatkan. Perbaikan terdiri dari pelapisan ulang, penambahan, atau peningkatan.

- a) Lapisan perkerasan aspal baru, 20 - 25 tahun
- b) Lapisan Perkerasan kaku baru, 20 - 40 tahun
- c) Lapisan tambahan (aspal, 10 - 15 tahun) dan (batupasir, 10 - 20 tahun)

2. Data penyelidikan tanah

Penentuan nilai CBR untuk perencanaan jalan perlu mempertimbangkan segi ekonomis namun tidak mengorbankan segi kekuatan untuk konstruksi jalan yang akan dibangun. Pada kenyataannya, besarnya harga CBR pada setiap titik pengujian disepanjang jalur jalan tidaklah sama. Hal ini disebabkan oleh tidak seragamnya jenis dan kondisi tanah yang ada. Apabila perencanaan tebal lapis perkerasan hanya berdasarkan nilai CBR yang paling kecil, maka dapat dipastikan akan menghabiskan biaya yang cukup mahal. Sebaliknya apabila diambil nilai CBR terbesar. Maka dipastikan hasil perencanaan tidak akan memenuhi syarat. Sebaliknya sepanjang jalan tersebut dibagi atas segmen-segmen jalan, dimana setiap segmennya mempunyai daya dukung yang hampir sama. Jadi segmen jalan adalah bagian dari sepanjang jalan yang mempunyai sifat-sifat tanah yang sama, antara lain daya dukung tanah, jenis tanah dan keadaan lingkungannya. Setiap segmen jalan mempunyai satu nilai CBR yang mewakili daya dukung tanah dasar dan digunakan untuk perencanaan tebal lapis perkerasan pada segmen jalan tersebut. Nilai CBR segmen dapat ditentukan dengan menggunakan cara analitis. Untuk penelitian,

pengambilan data CBR di lapangan dilakukan se-panjang ruas jalan rencana dengan interval 100 m dengan menggunakan *Dynamic Penetrometer* (DCP). Hasil tes DCP ini dievaluasi melalui penampilan grafik yang ada, sehingga menampakkan hasil nilai CBR di setiap titik lokasi. Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu:

a) Cara Analitis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah:

$$\text{CBR segmen} = \frac{(\text{CBR rata} - \text{CBR Min})}{R}$$

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam suatu segmen. Tabel nilai R untuk perhitungan CBR segmen adalah :

Tabel 2.25 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 : Sukirman, 1994)

b) Cara grafis

Prosedur dalam menetapkan nilai CBR segmen yaitu:

- Tentukan berapa banyak nilai CBR terendah
- Tentukan berapa banyak nilai CBR yang sama atau lebih besar dari masing-masing nilai CBR kemudian disusun secara tabelaris, mulai dari CBR terkecil sampai CBR yang terbesar.
- Angka terbanyak diberi 100%, sedangkan angka yang lain merupakan persentase dari 100%.
- Beri grafik hubungan antara harga CBR dengan persentase nilai tadi.

- Nilai CBR segmen adalah nilai pada keadaan 90%.

3. Lalu lintas rencana

Lalu lintas rencana untuk perkerasan lentur dipengaruhi oleh.:

a) Persentase kendaraan pada lajur rencana

Jalur rencana merupakan jalur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya yang terdiri dari suatu jalur atau lebih. jika jalan tidak memiliki batas lajur, maka jumlah lajur ditentukan dari lebar perkerasan.

b) Angka ekivalen (E) beban sumbu kendaraan

Angka ekivalen masing-masing golongan sumbu kendaraan dapat dihitung dengan menggunakan rumus.

Angka ekivalen sumbu tunggal:

$$E = \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam kg}}{8160} \right)^4$$

Angka ekivalen sumbu ganda

$$E = 0,086 \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam kg}}{8160} \right)^4 \dots \dots (\text{Shirley}$$

L.Herdarsin, 2000)

2.6.5 Metode perencanaan tebal perkerasan

Metode perencanaan yang diambil untuk menentukan tebal lapisan perkerasan didasarkan perkiraan sebagai berikut :

- a. Kekuatan lapisan tanah dasar yang dinamakan nilai 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 (*sub base*) 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.

Terdapat banyak metode yang telah dikembangkan dan dipergunakan di berbagai Negara untuk merencanakan tebal perkerasan. Metode tersebut kemudian secara spesifik diakui sebagai standar perencanaan tebal perkerasan yang dilakukan oleh negara yang bersangkutan. Beberapa standar yang telah dikenal adalah :

1) Metode AASHTO, Amerika Serikat

Yang secara terus menerus mengalami perubahan sesuai dengan penelitian yang telah diperoleh. Perubahan terakhir dilakukan pada edisi 1986 yang dapat dibaca pada buku “AASHTO – *Guide For Design of Pavement Structure, 1986*”.

2) Metode NAASRA, Australia Yang dapat dibaca “*Interin Guide to Pavement Thicknexe Design*”.

3) Metode Road Note 29 dan Road Note 21

Road Note 29 diperuntukan bagi perencanaan tebal perkerasan di Inggris, sedangkan *Road Note 31* diperuntukan bagi perencanaan tebal perkerasan di negara-negara beriklim subtropis dan tropis.

4) Metode Asphalt Institute

Yang dapat dibaca pada *Thickness Design Asphalt Pavement for Highways and streets, MS-1*.

5) Metode Bina Marga, Indonesia

Yang merupakan modifikasi dari metode AASHTO 1972 revisi 1981. Metode ini dapat dilihat pada buku petunjuk perencanaan tebal perkerasan jalan raya dengan metode analisa komponen, SKBI-2.3.26.1987 UDC : 625.73(02).

2.6.6 Langkah – langkah perencanaan tebal perkerasan

a) Koefisien Kekuatan Relative (a)

Koefisien kekuatan relative bahan jalan , baik campuran beraspal sebagai lapis permukaan (lapis aus dan lapis permukaan antara), lapis pondasi serta lapis pondasi bawah dapat dilihat pada tabel 2.26.

Tabel 2.26 Koefisien Kekuatan Relatif Bahan Jalan (a)

Jenis Bahan	Kekuatan bahan						Koefisien Kekuatan Relatif		
	Modulus Elastis		Stabilitas Marshal (kg)	Kuat Tekan bebas (kg/cm ²)	ITS (kPa)	CBR (%)	a1	a2	a3
	(MPa)	(x 1000 psi)							
Lapis Permukaan									
Laston Modifikasi									
Lapis aus modifikasi	3.200 ⁽⁵⁾	460	1000				0,414		
Lapis antara modifikasi	3500 ⁽⁵⁾	508	1000				0,360		
- Laston									
- Lapis Aus	3.000 ⁽⁵⁾	435	800				0,400		
- Lapis Antara	3.200 ⁽⁵⁾	464	800				0,344		
- Lataston									
- Lapis Aus	2.300 ⁽⁵⁾	340	800				0,350		
2. Lapis Pondasi									
Lapis Pondasi Laston Modifikasi	3.700 ⁽⁵⁾	536	2250 ⁽²⁾					0,305	
Lapis Pondasi Laston	3.300 ⁽⁵⁾	480	1800 ⁽²⁾					0,290	
Lapis Pondasi Lataston	2.400 ⁽⁵⁾	350	800						
Lapis Pondasi Lapen								0,190	
CMRFB (Cold Mix Recycling Foam Bitumen)					300			0,270	
Beton Padat Giling	5.900	850		70 ⁽³⁾				0,230	
CTB	5.350	776		45				0,210	

CTRB	4.450	645		35				0,170	
CTSB	4.450	645		35				0,170	
CTRSB	4.270	619		30				0,160	
Tanah Semen	4.000	580		24 ⁽⁴⁾				0,145	
Tanah Kapur	3.900	566		20 ⁽⁴⁾				0,140	
Agregat Kelas A	200	29				90		0,135	
Lapis Pondasi Bawah									
Agregat Kelas B	125	18				60			0,125
Agregat Kelas C	103	15				35			0,112
Konstruksi Telford									
Pemadatan Mekanis						52			0,104
Pemadatan Manual						32			0,074
Material Pilihan	84	12				10			0,080

Keterangan:

1. Campuran beraspal panas yang menggunakan bahan pengikat aspal modifikasi atau modified asphalt (seperti aspal polimer, aspal yang dimodifikasi asbuton, multigrade, aspal pen 40 dan aspal pen 60 dengan aditif campuran seperti asbuton butir), termasuk asbuton campuran panas.
2. Diameter benda uji 6 inchi
3. Kuat tekan beton untuk umur 28 hari
4. Kuat tekan bebas umur 7 hari dan diameter 7 cm
5. Pengujian modulus elastis menggunakan alat UMATTA pada temperature 25° c, beban 2500 N dan rise time 60 ms serta pembuatan benda uji dikondisikan sesuai AASHTO designation R 30 – 02 (2006)

b) Pemilihan Tipe Lapisan Beraspal

Tipe Lapisan beraspal yang digunakan sebaiknya disesuaikan dengan kondisi jalan yang akan ditingkatkan, yaitu sesuai dengan lalu lintas rencana serta kecepatan kendaraan (terutama kendaraan truk) pada tabel 2.27 disajikan pemilihan tipe lapisan beraspal sesuai lalu lintas rencana dan kecepatan kendaraan.

Tabel 2.27 Pemilihan Tipe Lapisan Beraspal Berdasarkan Lalu Lintas Rencana dan Kecepatan Kendaraan

Lalu Lintas Rencana (juta)	Tipe Lapisan Beraspal	
	Kecepatan kendaraan 20 – 70 km/jam	Kecepatan kendaraan \geq 70 km/jam
< 0,3	Perancangan perkerasan lentur untuk lalu lintas rendah	
0,3 – 1,0	Lapis tipis beton aspal (Laston/HRS)	Lapis tipis beton aspal (Laston/HRS)
10 – 30	Lapis Beton Aspal (Laston/AC)	Lapis Beton Aspal (Laston/AC)
\geq 30	Lapis Beton Aus Modifikasi (Laston Mod/AC-Mod)	Lapis Beton Aspal (Laston/AC)

Catatan: Untuk lokasi setempat setempat dengan kecepatan kendaraan < 20 km/jam sebaiknya menggunakan perkerasan kaki

c) Ketebalan Minimum Lapisan Perkerasan

Pada saat menentukan tebal lapis perkerasan, perlu dipertimbangkan keefektifannya dari segi biaya, pelaksanaan konstruksi, dan batasan pemeliharaan untuk menghindari kemungkinan dihasilkannya perancangan yang tidak praktis. Pada tabel 2.28 disajikan tabel minimum untuk lapis permukaan, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah

Tabel 2.28 Tebal Minimum Lapisan Perkerasan

Jenis Bahan	Tebal Minimum	
	(inchi)	(cm)
1. Lapis Permukaan		
Laston Modifikasi		
- Lapis aus modifikasi	1,6	4,0
- Lapis antara modifikasi	2,4	6,0
Laston		

- Lapis Aus	1,6	4,0
- Lapis Antara	2,4	6,0
Lataston		
- Lapis Aus	1,2	3,0
2. Lapis Pondasi		
Lapis Pondasi Laston Modifikasi	2,9	7,5
Lapis Pondasi Laston	2,9	7,5
Lapis Pondasi Lataston	1,4	3,5
Lapis Pondasi Lapen	2,5	6,5
Agregat Kelas A	4,0	10,0
CTB	6,0	15,0
CTRB	6,0	15,0
CMRFB	6,0	15,0
CTSB	6,0	15,0
CTRSB	6,0	15,0
Beton Padat Giling	6,0	15,0
Beton Kurus	6,0	15,0
Tanah Semen	6,0	15,0
Tanah Kapur	6,0	15,0
4. Lapis Pondasi Bawah		
Agregat Kelas B	6,0	15,0
Agregat Kelas C	6,0	15,0
Konstruksi Telford	6,0	15,0
Material Pilihan (selected Material)	6,0	15,0

d) Persamaan dasar

Untuk suatu kondisi tertentu, penentuan nilai struktur perkerasan lentur (Indeks Tebal Perkerasan, SN) dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan :

$$\text{Log (W18)} = \text{ZR} \cdot \text{S0} + 9,36 \times \log_{10} (\text{SN} + 1) - 0,2 + \frac{\text{Log}_{10} \left[\frac{\Delta \text{IP}}{\text{IP}_{0} - \text{IP}_{f}} \right]}{0,4 + \frac{1094}{(\text{SN} + 1)^{5,19}}}$$

2,32 . log₁₀ (MR) – 8,07(Silvia Sukirman, 1999)

Sesuai dengan persamaan di atas, penentuan nilai structural mencakup penentuan besaran – besaran sebagai berikut :

W18 (Wt) = volume kumulatif lalu lintas selama umur rencana.

ZR = deviasi normal standar sebagai fungsi dari tingkat kepercayaan (R), yaitu dengan menganggap bahwa

semua parameter masukan yang digunakan adalah nilai rata – ratanya.

S_0 = gabungan standard error untuk perkiraan lalu lintas dan kinerja.

ΔIP = perbedaan antara indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP0) dengan indeks pelayanan pada akhir umur rencana (IPf).

MR = modulus resilien tanah dasar efektif (psi).

IPf = indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,5).

e) Estimasi lalu lintas

Untuk mengestimasi volume kumulatif lalu lintas selama umur rencana (W18) adalah sesuai prosedur.

f) Tingkat kepercayaan dan pengaruh drainase

Untuk menetapkan tingkat kepercayaan atau reabilitas dalam proses perancangan dan pengaruh drainase.

g) Modulus resilien tanah dasar efektif

Untuk menentukan modulus resilien akibat variasi musim, dapat dilakukan dengan pengujian di laboratorium dan pengujian CBR lapangan kemudian dikorelasikan dengan nilai modulus resilien.

h) Perhitungan :

$$SN = a_{1.1} \times D_{1.1} + a_{1.2} \times D_{1.2} + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times M_3 \dots \dots \dots (\text{Silvia Sukirman, 1999})$$

Keterangan :

$a_1 a_2 a_3$ = koefisien kekuatan lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah

$D_1 D_2 D_3$ = tebal lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah (inchi) dan tebal minimum untuk setiap jenis bahan

$m_1 m_2$ = koefisien drainase lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah

Angka 1-1, 1-2, 2 dan 3, masing – masing untuk lapis permukaan, lapis permukaan antara, lapis pondasi, dan lapis pondasi bawah.

i) Analisis perancangan tebal perkerasan.

Perlu dipahami bahwa untuk perkerasan lentur, struktur perkerasan terdiri atas beberapa lapisan bahan yang perlu dirancang dengan seksama. Struktur perkerasan hendaknya dirancang menurut prinsip yang ada. Tahapan perhitungan adalah sebagai berikut :

- a. Tetapkan umur rencana perkerasan dan jumlah lajur lalu lintas yang akan dibangun.
- b. Tetapkan indeks pelayanan akhir (IPt) dan susunan struktur perkerasan rancangan yang diinginkan.
- c. Hitung CBR tanah dasar yang mewakili segmen, kemudian hitung modulus reaksi tanah dasar efektif (MR).
- d. Hitung lalu lintas rencana selama umur rencana yang telah ditetapkan, yaitu berdasarkan volume, beban sumbu setiap kelas kendaraan, perkembangan lalu lintas. Untuk menganalisis lalu lintas selama umur rencana diperlukan coba – coba nilai SN dengan indeks pelayanan akhir (IPt) yang telah dipilih. Hasil iterasi selesai apabila prediksi lalu lintas rencana relatif sama dengan (sedikit di bawah) kemampuan konstruksi perkerasan rencana yang diinterpretasikan dengan lalu lintas.
- e. Tahap berikutnya adalah menentukan nilai structural seluruh lapis perkerasan di atas tanah dasar. Dengan cara yang sama, selanjutnya menghitung nilai structural bagian perkerasan di atas lapis pondasi bawah dan di atas lapis pondasi atas, dengan menggunakan kekuatan lapis pondasi bawah dan lapis pondasi atas. Dengan menyelisihkan hasil perhitungan nilai structural yang diperlukan di atas setiap lapisan, maka tebal maksimum yang diizinkan untuk suatu lapisan dapat dihitung. Contoh, nilai structural maksimum yang diizinkan untuk lapis pondasi bawah akan sama dengan nilai structural perkerasan di atas tanah dasar

dikurangi dengan nilai bagian perkerasan di atas lapis pondasi bawah. Dengan cara yang sama, maka nilai structural lapisan yang lain dapat ditentukan.

Perlu diperhatikan bahwa prosedur tersebut hendaknya tidak digunakan untuk menentukan nilai structural yang dibutuhkan oleh bagian perkerasan yang terletak di atas lapis pondasi bawah atau lapis pondasi atas dengan modulus resilien lebih dari 40.000 psi atau sekitar 270 MPa. Untuk kasus tersebut, tebal lapis perkerasan di atas lapisan yang mempunyai modulus elastis tinggi harus ditentukan berdasarkan pertimbangan efektivitas biaya serta tebal minimum yang praktis.

Tabel 2.29 Faktor Ekuivalen Beban untuk Sumbu Tunggal dan $IPt = 2$

Axle Load		Pavement Structural Number (SN)					
(kips)	(kg)	1	2	3	4	5	6
2	908	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
4	1816	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002
6	2724	0,009	0,012	0,011	0,010	0,009	0,009
8	3632	0,030	0,035	0,036	0,033	0,031	0,029
10	4540	0,075	0,085	0,900	0,085	0,079	0,076
12	5448	0,165	0,177	0,189	0,183	0,174	0,168
14	6356	0,325	0,338	0,354	0,350	0,338	0,331
16	7264	0,591	0,613	0,646	0,645	0,623	0,606
18	8172	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20	9080	1,61	1,59	1,56	1,55	1,57	1,59
22	9988	2,49	2,44	2,35	2,31	2,35	2,41
24	10896	3,71	3,62	3,43	3,33	3,40	3,51
26	11804	5,36	5,21	4,88	4,68	4,77	4,96
28	12712	7,54	7,31	6,78	6,42	6,52	6,83
30	13620	10,4	10,0	9,2	8,6	8,7	9,2
32	14528	14,0	13,5	12,4	11,5	11,5	12,1
34	15436	18,5	17,9	16,3	15,0	14,9	15,6
36	16344	24,2	23,3	21,2	19,3	19,0	19,9
38	17252	31,1	29,9	27,1	24,6	24,0	25,1
40	18160	39,6	38,0	34,3	30,9	30,0	31,2
42	19068	49,7	47,7	43,0	38,6	37,2	38,5
44	19976	61,8	59,3	53,4	47,6	45,7	47,1
46	20884	76,1	73,0	65,6	58,3	55,7	57,0

48	21792	92,9	89,1	80,0	70,9	67,3	68,6
50	22700	113,0	108,0	97,0	86,0	81,0	82,0

Tabel 2.30 Faktor Ekuivalen Beban untuk Sumbu Ganda dan IPT = 2

Axle Load		Pavement Structural Number (SN)					
(kips)	(kg)	1	2	3	4	5	6
2	908	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	1816	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002
6	2724	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
8	3632	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002
10	4540	0,007	0,008	0,008	0,007	0,006	0,006
12	5448	0,013	0,016	0,016	0,014	0,013	0,012
14	6356	0,024	0,029	0,029	0,026	0,024	0,023
16	7264	0,041	0,048	0,050	0,046	0,042	0,040
18	8172	0,066	0,077	0,081	0,075	0,069	0,066
20	9080	0,103	0,117	0,124	0,117	0,109	0,105
22	9988	0,156	0,171	0,183	0,174	0,164	0,158
24	10896	0,227	0,244	0,260	0,252	0,239	0,231
26	11804	0,322	0,340	0,360	0,353	0,338	0,329
28	12712	0,447	0,465	0,487	0,481	0,466	0,455
30	13620	0,607	0,623	0,646	0,643	0,627	0,617
32	14528	0,810	0,823	0,843	0,842	0,829	0,819
34	15436	1,06	1,07	1,08	1,08	1,08	1,07
36	16344	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38
38	17252	1,76	1,75	1,73	1,72	1,73	1,74
40	18160	2,22	2,19	2,15	2,13	2,16	2,18
42	19068	2,77	2,37	2,64	2,62	2,66	2,70
44	19976	3,42	3,36	3,23	3,18	3,24	3,31
46	20884	4,20	4,11	3,92	3,83	3,91	4,02
48	21792	5,10	4,98	4,72	4,58	4,68	4,83
50	22700	6,15	5,99	5,64	5,44	5,56	5,77
52	23608	7,37	7,16	6,71	6,43	6,56	6,83
54	24516	8,77	8,51	7,93	7,55	7,69	8,03
56	25424	10,4	10,1	9,3	8,8	9,0	9,4
58	26332	12,2	11,8	10,9	10,3	10,4	10,9
60	27240	14,3	13,8	12,7	11,9	12,0	12,6
62	28148	16,6	16,0	14,7	13,7	13,8	14,5
64	29056	19,3	18,6	17,0	15,8	15,8	16,6
66	29964	22,2	21,4	19,6	18,0	18,0	18,9

68	30872	25,5	24,6	22,4	20,6	20,5	21,5
70	31780	29,2	28,1	25,6	23,4	23,2	24,3
72	32688	33,3	32,0	29,1	26,5	26,2	27,4
74	33596	37,8	36,4	33,0	30,0	29,4	30,8
76	34504	42,8	41,2	37,3	33,8	33,1	34,5
78	35412	48,4	46,5	42,0	38,0	37,0	38,6
80	36320	54,4	52,3	47,2	42,5	41,3	43,0
82	37228	61,6	58,7	52,9	47,6	46,0	47,8
84	38136	68,4	65,7	59,2	53,0	51,2	53,0
86	39044	76,3	73,3	66,0	59,0	56,8	58,6
88	39952	85,0	81,6	73,4	65,5	62,8	64,7
90	40860	94,4	90,6	81,5	72,6	69,4	71,3

Tabel 2.31 Faktor Ekuivalen Beban untuk Sumbu Triple dan $I_{Pt} = 2$

Axle Load		Pavement Structural Number (SN)					
(kips)	(kg)	1	2	3	4	5	6
2	908	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	1816	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
6	2724	0,0004	0,0004	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
8	3632	0,0009	0,0010	0,0009	0,0008	0,0007	0,0007
10	4540	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
12	5448	0,004	0,004	0,004	0,003	0,003	0,003
14	6356	0,006	0,007	0,007	0,006	0,006	0,005
16	7264	0,010	0,012	0,012	0,010	0,009	0,009
18	8172	0,016	0,019	0,019	0,017	0,015	0,015
20	9080	0,024	0,029	0,029	0,026	0,024	0,023
22	9988	0,034	0,042	0,042	0,038	0,035	0,034
24	10896	0,049	0,058	0,060	0,055	0,051	0,048
26	11804	0,068	0,080	0,083	0,077	0,071	0,068
28	12712	0,093	0,107	0,113	0,105	0,098	0,094
30	13620	0,125	0,140	0,149	0,140	0,131	0,126
32	14528	0,164	0,182	0,194	0,184	0,173	0,167
34	15436	0,213	0,233	0,248	0,238	0,225	0,217
36	16344	0,273	0,294	0,313	0,303	0,288	0,279
38	17252	0,346	0,368	0,390	0,381	0,364	0,353
40	18160	0,434	0,456	0,481	0,473	0,454	0,443
42	19068	0,538	0,560	0,587	0,580	0,561	0,548
44	19976	0,662	0,682	0,710	0,705	0,686	0,673
46	20884	0,807	0,825	0,852	0,849	0,831	0,818
48	21792	0,976	0,992	1,015	1,014	0,999	0,987

50	22700	1,17	1,18	1,20	1,20	1,19	1,18
52	23608	1,40	1,40	1,42	1,42	1,41	1,40
54	24516	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66
56	25424	1,95	1,95	1,93	1,93	1,94	1,94
58	26332	2,29	2,27	2,24	2,23	2,25	2,27
60	27240	2,67	2,64	2,59	2,57	2,60	2,63
62	28148	3,10	3,06	2,98	2,95	2,99	3,04
64	29056	3,59	3,53	3,41	3,37	3,42	3,49
66	29964	4,13	4,05	3,89	3,83	3,90	3,99
68	30872	4,73	4,63	4,43	4,34	4,42	4,54
70	31780	5,40	5,28	5,03	4,90	5,00	5,15
72	32688	6,15	6,00	5,68	5,52	5,63	5,82
74	33596	6,97	6,79	6,41	6,20	6,33	6,56
76	34504	7,88	7,67	7,21	6,94	7,08	7,36
78	35412	8,88	8,63	8,09	7,75	7,90	8,23
80	36320	9,98	9,69	9,05	8,63	8,79	9,18
82	37228	11,2	10,8	10,1	9,6	9,8	10,2
84	38136	12,5	12,1	11,2	10,6	10,8	11,3
86	39044	13,9	13,5	12,5	11,8	11,9	12,5
88	39952	15,5	15,0	13,8	13,0	13,2	13,8
90	40860	17,2	16,6	15,3	14,3	14,5	15,2

2.6.7 Bangunan Pelengkap

Kemampuan struktur perkerasan jalan mengalirkan air merupakan hal penting dalam perencanaan tebal perkerasan jalan. Air masuk ke struktur perkerasan jalan melalui banyak cara antara lain retak pada muka jalan, Sambungan, infiltrasi perkerasan, akibat kapilaritas, atau air setempat. Air yang terperangkap dalam struktur perkerasan jalan dapat menjadi penyebab:

- 1) Berkurangnya daya dukung lapisan dengan material tanpa pengikat.
- 2) Berkurangnya daya dukung tanah dasar.
- 3) Naiknya butiran halus sebagai dampak dari efek pompa ke dalam struktur perkerasan jalan.
- 4) Lepas ikatan aspal dari agregat sebagai awal terjadinya lubang.

Untuk memenuhi persyaratan kelancaran lalu lintas dan menghindari kerusakan akibat air yang berdampak pada kenyamanan pemakai jalan secepat mungkin agar tidak merusak lapisan perkerasan jalan, diperlukan adanya bangunan pelengkap jalan. Bangunan – bangunan tersebut antara lain:

1) Drainase

Drainase digunakan sebagai bangunan pelengkapan jalan digunakan untuk mengalirkan air pada permukaan jalan secepat mungkin agar lalu lintas tetap lancar.

Ada dua jenis drainase yaitu:

1) Drainase permukaan

Drainase permukaan berfungsi untuk mengalirkan air hujan yang ada dipermukaan agar tidak menghambat arus lalu lintas di jalan tersebut dan juga untuk mencegah air agar tidak merusak lapisan perkerasan jalan.

Menurut fungsinya drainase permukaan dibedakan menjadi:

I. Saluran samping

Saluran samping adalah saluran yang berada di sisi jalan yang dapat langsung menampung air dari badan jalan dan mengalirkannya keluar dari badan jalan.

II. Saluran pembuang

Saluran pembuang berfungsi untuk mengalirkan air dari saluran samping ke tempat pembuangan yang lebih rendah seperti sungai, rawa atau kolam.

III. Saluran penangkap

Saluran penangkap berfungsi untuk mengalirkan air permukaan dari daerah yang lebih tinggi, sebelum air mencapai badan jalan.

IV. Gorong-gorong

Gorong-gorong adalah saluran melintang dan memotong badan jalan yang berada dibawah permukaan jalan yang berfungsi untuk penunjang utama dalam mengalirkan air.

V. Drainase bawah

Drainase bawah harus dikerjakan terlebih dahulu sebelum pekerjaan badan jalan karena letaknya ada di bawah permukaan jalan yang biasa berfungsi sebagai penunjang utama dalam mengalirkan air.

Tabel 2.32 Menunjukkan Kelompok Kualitas Drainase Berdasarkan AASHTO 1993.

Tabel 2.32 Kelompok Kualitas Drainase

Kualitas Drainase	Air Hilang dalam
Baik sekali	2 jam
Baik	1 hari
Sedang	1 minggu
Jelek	1 bulan
Jelek sekali	Air tidak mengalir

(Sumber : AASHTO'93)

Pengaruh kualitas drainase dalam proses perencanaan tebal perkerasan dinyatakan dengan menggunakan koefisien drainase (m) seperti pada Tabel 2.33.

Tabel 2.33 Koefisien Drainase (m)

Kualitas Drainase	Persen waktu struktur perkerasan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh			
	< 1%	1-5%	5-25%	>25%
Baik sekali	1,40 – 1,35	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Baik	1,35 – 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00

Sedang	1,25 - 1,15	1,15 - 1,05	1,00 - 0,80	0,80
Jelek	1,15 - 1,05	1,05 - 0,80	0,80 - 0,60	0,60
Jelek sekali	1,05 - 0,95	0,95 - 0,75	0,75 - 0,40	0,40

(Sumber: AASHTO'93)

2) Jembatan

Jembatan merupakan bangunan yang dibuat untuk memenuhi persyaratan kelancaran lalu lintas perhubungan dan kegunaannya adalah sebagai penyambung badan jalan yang terputus karena adanya aliran sungai yang melintasi badan jalan tersebut. Untuk perencanaan tebal perkerasan jalan kualitas drainase ditentukan berdasarkan kemampuan menghilangkan air dari struktur perkerasan.

2.7 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 kerekayasa konstruksi, rekayasa konstruksi, rekayasa manajemen konstruksi, sebagaimana dalam definisi yang dikemukakan oleh AACE (*The American 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 *Owner Estimasi* (OE) digunakan oleh pemilik sebagai patokan biaya untuk menentukan 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 perencana.
- 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:

- a) 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.
- b) 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:

1. Metode Satuan luas (m^2), metode ini mengandalkan data dari proyek sejenis yang pernah dibangun. Metode ini bersifat garis besar dan ketelitiannya rendah.
2. Metode Satuan isi (m^3) dapat dipakai pada bangunan dimana volume sangat dipentingkan. Metode ini hanya dapat diandalkan untuk fase awal perencanaan dan perancangan untuk bangunan yang kurang lebih identik.
3. Metode Harga Satuan Fungsional, yang menggunakan fungsi dari fasilitas sebagai dasar penetapan biaya.
4. 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.
5. 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.

2.7.1 Membuat daftar harga satuan bahan dan upah

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

2.7.2 Menghitung analisa satuan harga pekerjaan

Yang dimaksud dengan analisa harga satuan adalah perhitungan-perhitungan biaya yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek. Gunanya 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 digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya. Adapun yang termasuk di dalam analisa satuan harga ini adalah:

1. 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:

- a. Bahan yang digunakan
- b. Alat yang digunakan
- c. 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:

- a. Lokasi pekerjaan
- b. Ketersediaan bahan, peralatan, atau pekerja
- c. Waktu

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

a) Biaya *Over had*

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.

2. Analisa satuan alat berat

Perhitungan analisa satuan alat berat dilakukan dengan dua cara pendekatan yaitu:

- a. 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 di dapat dari pengamatan/*observasi* lapangan.
- b. Pendekatan *off the job*, yaitu pendekatan yang dipakai untuk memperoleh hasil perhitungan berdasarkan standar yang biasanya ditetapkan oleh pabrik pembuat.

2.7.3 Menghitung volume pekerjaan

Volume pekerjaan adalah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukkan banyaknya suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga satuan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada di dalam suatu proyek tersebut.

2.7.4 Menghitung rencana anggaran biaya

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):

1. 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.
2. 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*.

3. 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.
4. 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.

Keuntungan-keuntungan yang didapatkan dengan adanya RAB: berdasarkan pengalaman yang ada, ketika seseorang melaksanakan pembangunan rumah ataupun proyek-proyek lainnya, mereka merasa terbantu dengan adanya Rencana Anggaran Biaya. Seseorang akan terbantu dengan adanya RAB dimana akan menjadi dasar dan pelaksanaan pekerjaan baik saat pembelian material dan pemilihan kontraktor dan bilamana ada perubahan jenis material saat sedang berlangsung. Kesulitan-kesulitan pembiayaan juga dapat terbantu dan disederhanakan jika kita mempunyai detail RAB. Berikut adalah beberapa catatan yang dapat membantu anda membantu anda untuk mengerti apa pentingnya Rencana Anggaran Biaya tersebut:

1. Saat pelaksanaan pembangunan sedang berlangsung, tanpa didasari uang yang kita keluarkan cukup besar mengalir. Dengan adanya RAB yang kita miliki, maka kita akan mengatur penyediaan dan pengeluaran berdasarkan *schedule* pekerjaan. Kita dapat menghitung jumlah pengeluaran berkala dari RAB yang ada untuk pembayaran upah tukang, pembelian material dan pembelian peralatan. Jika pekerjaan dilakukan oleh suatu kontraktor dimana upah dan material langsung ditangani oleh kontraktor, maka kita dapat mengatur pengeluaran berdasarkan termin (jumlah prosentase pekerjaan).
2. Dari detail-detail yang tertuang dalam RAB maka akan didapatkan informasi semua tipe kebutuhan material yang diperlukan untuk masing-masing bagian pekerjaan, dan juga akan didapatkan jumlah aktual material yang diperlukan. Berdasarkan jenis dan jumlah material yang ada dalam RAB maka kita dapat mempelajarinya dan membuatkan suatu kerja sama dengan pihak *supplier* untuk mengatasi atau menjaga bilamana terjadi fluktuasi harga. Sebagai contoh kita dapat terlebih dahulu menempatkan uang kita ke suatu toko/*supplier* untuk pemesanan jenis dan jumlah material yang sudah ada tertera di RAB.
3. Dengan detail RAB yang ada, anda dapat mengatur jenis dan jumlah material yang akan dipergunakan sesuai dengan kebutuhannya dilapangan. Ini akan membantu penyimpanan material yang tidak diperlukan digudang dimana akan menjaga bertumpuknya material dan juga menjaga perputaran uang anda. Juga akan mengamankan barang-barang anda tertumpuk lama sehingga akan bisa mengakibatkan material tidak bisa terpakai.
4. Dengan pengaturan jumlah material yang dibutuhkan sesuai dengan kebutuhan pemakaian maka akan memperlancar jalannya pekerjaan dan juga akan menghindari terbuangnya material oleh pekerja.
5. RAB juga memberikan spesifikasi masing-masing material yang dibutuhkan dalam tahapan konstruksi, dimana hal ini juga

membantu untuk memeriksa apakah standar dan kualitas bahan yang masuk sudah sesuai dengan kebutuhan bangunan anda.

6. Jika semua material dan gudang dapat disesuaikan dengan kebutuhannya maka juga akan membantu waktu penyelesaian dari pembangunan rumah yang juga akan mengurangi biaya yang akan dikeluarkan misalnya biaya penjaga gudang.
7. Jika anda kurang mahir dalam menghitung RAB terhadap rumah yang ingin anda bangun, anda dapat meminta kepada sebuah konsultan yang biasa dalam membuat RAB, atau dapat juga anda lakukan dengan meminta kepada kontraktor yang akan mengerjakan untuk membuat RAB terhadap pekerjaan yang akan dibangun. Dengan RAB yang ada anda dapat membandingkan harga antara harga yang dibuat oleh si konsultan dengan harga yang dibuat oleh calon kontraktor.
8. Jika anda mempunyai dana yang terbatas, maka anda dapat menggunakan RAB ini sebagai dasar perhitungan untuk meminjam besar dana yang akan anda pinjam.
9. RAB akan membantu kecepatan pekerjaan, dimana pemilik dan pekerja akan mempunyai acuan untuk kelulusan berlangsungnya pekerjaan. Semakin cepat rumah anda selesai dibangun maka anda akan semakin cepat dapat menempatinnya.

Dalam penyusunan anggaran biaya suatu rancangan bangunan biasanya dilakukan 2 (dua) tahapan yaitu:

- a) Estimasi biaya kasar, yaitu penaksiran biaya secara global dan menyeluruh yang dilakukan sebelum rancangan bangunan dibuat.
- b) Perhitungan anggaran biaya, yaitu penghitungan biaya secara detail dan terinci sesuai dengan perencanaan yang ada.
- c) Penaksiran anggaran biaya yang dilakukan adalah melakukan proses penghitungan volume bangunan yang akan dibuat, harga satuan standar dari tipe bangunan dan kualitas finishing bangunan yang akan dikerjakan. Karena taksiran dibuat sebelum dimulainya

rancangan bangunan, maka jumlah biaya yang diperoleh adalah taksiran kasar biaya bukan biaya sebenarnya atau aktual.

2.7.5 Rekapitulasi biaya

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikannya dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok-pokok pekerjaan beserta biayanya.

2.7.6 Rencana kerja (*Time schedule*)

Rencana kerja yaitu pembagian waktu secara rinci yang disediakan 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

Cara menyusun rencana kerja:

1) Daftar bagian-bagian pekerjaan

Berisi semua bagian pekerjaan pokok yang ada dan pembangunan yang akan dilaksanakan, termasuk didalamnya perincian jenis-jenis pekerjaan dari masing-masing pekerjaan

2) Urutan kegiatan

Disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan penentuan/pemilihan dari bagian pekerjaan yang harus dilakukan lebih dahulu dan bagian-bagian pekerjaan yang dapat dilaksanakan bersamaan.

3) Waktu pelaksanaan pekerjaan

Jangka waktu pelaksanaan dari seluruh pekerjaan yang dihitung dari permulaan pekerjaan sampai dengan seluruh pekerjaan selesai, dimana waktu pelaksanaan pekerjaan diperoleh dari waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan bagian-bagian pekerjaan yang

didapat dari penjumlahan dari waktu untuk menyelesaikan jenis-jenis pekerjaan dari bagian-bagian pekerjaan yang bersangkutan.

Rencana kerja terdiri dari:

a) 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.

b) *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:

1. Mudah dibaca
2. Mudah dibuat
3. Bersifat sederhana

Kekurangan *barchart* sebagai berikut:

1. Sulit digunakan untuk pekerjaan yang besar
2. Tidak terperinci
3. Apabila terdapat kesalahan sukar untuk mengadakan perbaikan
4. Tidak menunjukkan secara spesifik adanya hubungan ketergantungan

c) *Network Planning* (NWP)

Yaitu suatu teknik baru dalam bidang perencanaan dan pengawasan suatu proyek dan juga merupakan salah satu model yang digunakan dalam penyelenggaraan proyek. Fungsi dari NWP adalah lebih

menekankan kepada pengaturan jadwal kerja proyek, jumlah hari kerja, mengkoordinasikan berbagai pekerjaan serta dapat mengetahui apakah suatu pekerjaan bebas atau tergantung dengan pekerjaan lain. Suatu diagram jaringan kerja terdiri dari (a) sejumlah *nodes* atau *event* (kejadian) masing-masing adalah sasaran-sasaran yang harus diselesaikan agar proyek selesai, dan (b) garis-garis yang menghubungkan satu *node* dengan *node* yang lainnya yang merupakan kegiatan. Perkiraan waktu untuk melaksanakan tiap-tiap kegiatan diperlihatkan pada diagram. Kegiatan-kegiatan ini adalah Paket-paket pekerjaan. Jadi diagram jaringan kerja memperlihatkan urutan-urutan kronologis dimana *event* harus diselesaikan dalam rangka menyelesaikan keseluruhan proyek. NWP memiliki beberapa tipe yaitu:

- 1) *Critical Path Method* (CPM)
- 2) *Precedence Path Method* (PDM)
- 3) *Program Evaluation and Review Technique* (PERT)
- 4) *Graf Evaluation and Technique* (GERT)

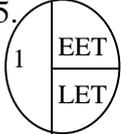
Langkah-langkah dalam pembuatan NWP:

- 1) Tentukan jenis-jenis kegiatan yang ada
- 2) Urutan jenis-jenis kegiatan tersebut
- 3) Tentukan kaitan jenis kegiatan yang mempunyai hubungan
- 4) Tentukan lamanya waktu penyelesaian setiap jenis kegiatan
- 5) Buat NWP/diagram jaringan kerjanya

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pembuatan NWP:

- 1) Dalam penggambaran NWP harus jelas dan mudah dibaca
- 2) Harus dimulai dari *event* atau kejadian dan diakhiri pada *event* atau kejadian
- 3) Kegiatan disimbolkan dengan anak panah yang lurus dan tidak boleh patah
- 4) Diantara dua kejadian hanya boleh ada satu anak panah
- 5) Penggunaan *dummy* digunakan seperlunya saja

Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran NWP:

1.  (*Arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Simbol ini merupakan 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 waktu.
2.  (*Node / event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu kegiatan.
3.  (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critikcal path*).
4.  (*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.
5.  1 = 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.
6. A, B, C, D, E, F, G, H merupakan kegiatan, sedangkan La, Lb, Lc, Ld, Le, Lf, Lg dan Lh merupakan durasi dari kegiatan tersebut.