BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Jalan

Jalan adalah suatu prasarana yang menghubungkan satu tempat dengan tempat yang lainnya. Yang merupakan suatu kepentingan vital yang harus terpenuhi pada zaman sekarang. Seiring dengan perkembangan zaman, maka kebutuhan akan jalan juga berkembang. Maka mulailah manusia berusaha memenuhi kebutuhan tersebut.

Dalam rangka peranan penting jalan dalam mendorong perkembangan kehidupan bangsa, sesuai dengan UU. No. 13/1980 tentang jalan, pemerintah berkewajiban melakukan pembinaan yang menjurus ke arah profesionalisme dalam bidang pengelolaan jalan, baik di pusat maupun daerah.

2.2 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan dapat dibagi oleh beberapa kelompok yaitu:

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:

      - Dilalui oleh kendaraan berat > 10 ton, 10 ton adalah beban ganda.
      - 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 berikut:

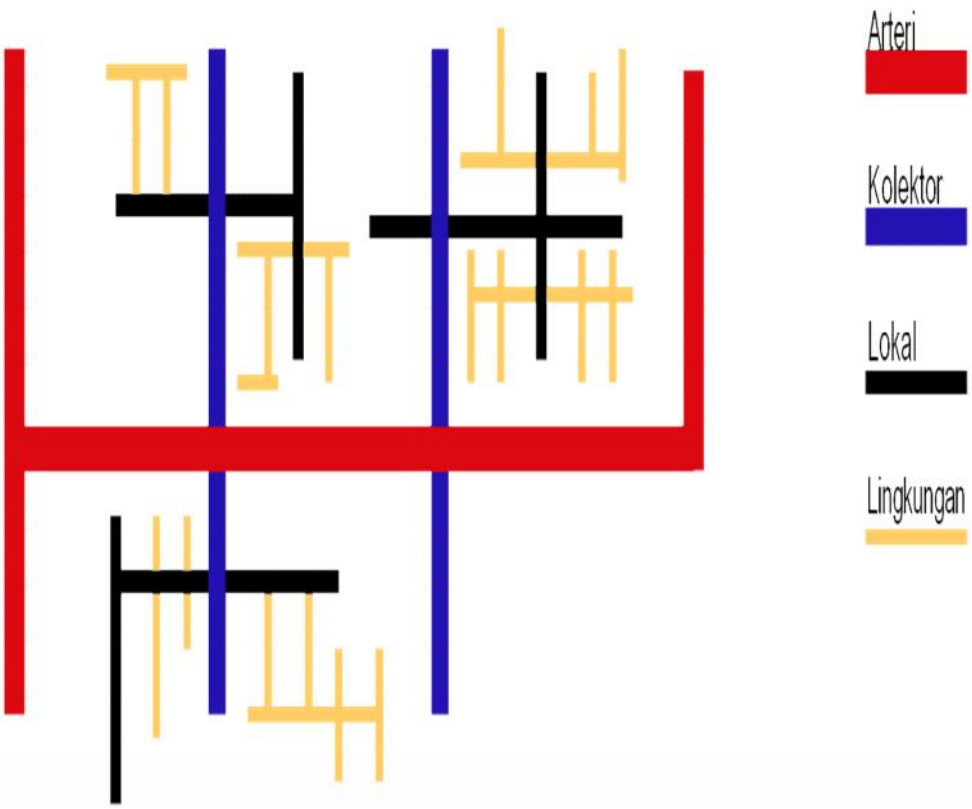
- Kendaraan yang melaluinya yaitu kendaraan ringan < 10 ton.
- Dilalui oleh kendaraan dengan kecepatan sedang (40 - 80 km/jam).

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:

   - Melayani semua jenis pemakai jalan, kendaraan ringan serta kendaraan berat namun dibatasi dari pusat pemukiman ke pusat industri.
   - 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 hanya untuk kendaraan-kendaraan kecil.



Gambar 2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsinya

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 lalulintasnya terdapat lalulintas 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 lalulintasnya, dibagi dalam tiga kelas, yaitu:

a) Kelas II A

Adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur atau lebih dengan konstruksi permukaan jalan dari aspal beton, di mana dalam komposisi lalulintasnya terdapat kendaraan lambat tapi, tanpa kendaraan yang tak bermotor.

b) Kelas II B

Adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur dengan konstruksi permukaan jalan dari penetrasi berganda atau yang setaraf di mana dalam komposisi lalulintasnya terdapat kendaraan lambat, tapi tanpa kendaraan yang tak bermotor.

c) Kelas II C

Adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur dengan konstruksi permukaan jalan dari jenis penetrasi tunggal di mana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat dari kendaraan tak bermotor.

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 lalulintas harian rata-rata dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi Jalan Berdasarkan LHR

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

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1970)

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, antar ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan 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

pelayanan dengan persil, menghubungkan antara persil serta menghubungkan antar pusat permukiman yang berada di dalam kota.

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

4. Klasifikasi Jalan menurut medan tofografi

Berdasarkan kondisi sebagian besar kelandaian-kemiringan medan yang di ukur tegak lurus terhadap garis kontur, maka untuk perencanaan geometrik medan jalan diklasifikasikan sebagai berikut:

Tabel 2.2 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Topografi

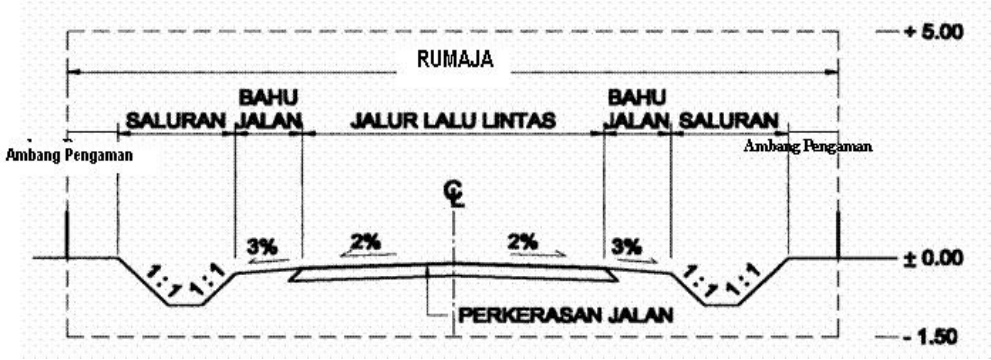
NO	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1	Datar	D	< 3
2	Perbukitan	B	3 – 25
3	Pegunungan	G	> 25

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1970)

5. Klasifikasi menurut tipe jalan

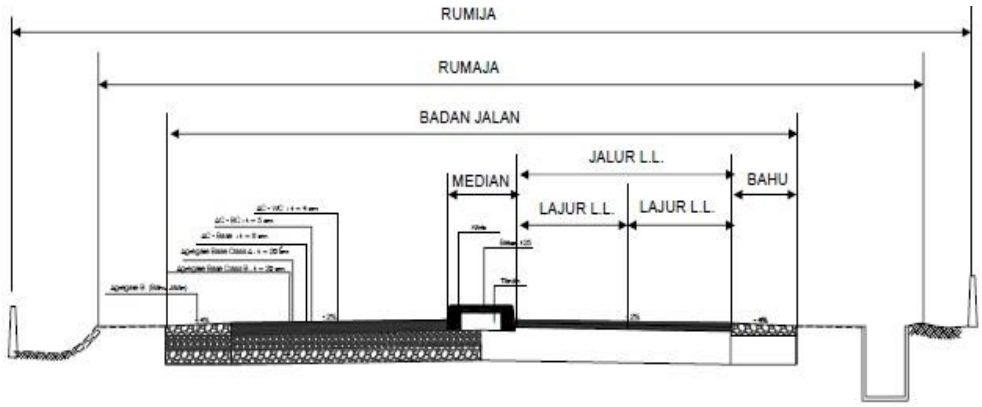
Klasifikasi jalan menurut tipe jalan jalan terdiri atas:

1. Jalan tidak terbagi (TB), yaitu ruas jalan yang pembatas jalurnya berupa marka jalan (terputus-putus atau menerus), seperti pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Jalan tidak terbagi

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, seperti pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Jalan terbagi

6. Klasifikasi jalan berdasarkan sfesifikasi 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 lalulintas menerus yang memberkan 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 dua lajur setiap arah dan dilengkapi dengan median.
2. Jalan raya (*highway*) adalah jalan umum untuk lalulintas 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 lalulintas 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 menitikberatkan pada perencanaan bentuk fisik jalan raya. Tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah untuk memenuhi fungsi dasar jalan, yaitu

memberikan pelayanan kepada pergerakan arus lalu lintas (kendaraan) secara optimum.

Definisi lain dari perencanaan geometrik merupakan bagian dari perencanaan yang dititikberatkan pada perencanaan bentuk fisik jalan sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yaitu memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalulintas dan sebagai akses ke rumah-rumah (Sukirman, 1999).

Secara umum perencanaan geometrik menyangkut perencanaan bagian-bagian jalan seperti lebar badan dan bahu jalan, tikungan, drainase, jarak pandang, kelandaian, kebebasan samping, lengkung vertikal, jalur lalulintas, galian dan timbunan, serta kombinasi antara bagian-bagian tersebut.

Tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalulintas dan memaksimalkan ratio tingkat penggunaan atau 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, ukuran kendaraan, sifat pengemudi dalam mengendalikan gerakan kendaraannya dan karak-teristik arus lalulintas. Hal-hal tersebut haruslah menjadi bahan pertimbangan perencanaan sehingga dihasilkan bentuk dan ukuran jalan, serta ruang gerak kendaraan yang memenuhi tingkat keamanan dan kenyamanan yang diharapkan.

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 kondisi 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 merupakan dasar informasi yang dibutuhkan untuk perencanaan dan desain suatu jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu intas yang akan melalui jalan tersebut. Analisis data lalu lintas pada intinya dilakukan untuk menentukan kapasitas jalan, akan tetapi harus dilakukan bersamaan dengan perencanaan geometrik lainnya, karena saling memiliki keterkaitan satu dengan yang lainnya.

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, namun data volume lalu lintas yang 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 eqivalensi (FE) setiap kendaraan yang melintasi jalan tersebut dengan jumlah kendaraan yang kita peroleh dari hasil pendataan (kend/jam). Volume lalu lintas dalam SMP ini menunjukan besarnya jumlah lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang melintasi jalan tersebut. Dari lalu lintas harian rata-rata yang didapatkan kita dapat merencanakan tebal perkerasan.

Untuk perencanaan teknik jalan baru, survey lalu lintas tidak dapat dilakukan karena belum ada jalan. Untuk itu hal yang harus dilakukan sebagai berikut:

- Survei perhitungan lalu lintas dilakukan pada jalan yang sudah ada, yang diperkirakan mempunyai bentuk, kondisi dan keadaan komposisi lalulintas akan serupa dengan jalan yang direncanakan.
- Survei asal dan tujuan yang dilakukan pada lokasi yang dianggap tepat dengan cara melakukan wawancara kepada pengguna jalan untuk mendapatkan gambaran rencana jumlah dan komposisi kendaraan.

Ekivalen mobil penumpang adalah angka satuan kendaraan dalam hal kapasitas jalan. Nilai emp untuk kendaraan rencana pada jalan antar kota seperti pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Nilai EMP Kendaraan Rencana Untuk Geometrik Jalan Antar Kota

No	Jenis Kendaraan	Medan Datar/Perbukitan	Pegunungan
1	Sedan, Jeep, 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 2.4.

Tabel 2.4 Nilai EMP Kendaraan Rencana Untuk Geometrik Jalan Antar Kota

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 , 1997)

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.

Indonesian *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 digunakan untuk mengumpulkan data topografi yang menentukan kecepatan sesuai dengan daerahnya. Pengukuran peta topografi dilakukan pada sepanjang trase jalan rencana dengan mengadakan tambahan dan pengukuran detail pada tempat yang memerlukan realinyemen 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:
   - Penentuan titik kontrol vertikal dan horizontal yang dipasang setiap interval 100 meter pada rencana as jalan.
   - Pengukuran situasi selebar kiri dan kanan dari jalan yang dimaksud dan disebutkan serta tata guna tanah disekitar trase jalan.
   - Pengukuran penampang melintang (*cross section*) dan penampang memanjang.
   - Perhitungan perencanaan desain jalan dan penggambaran peta topografi berdasarkan titik koordinat kontrol di atas.

2.3.3 Data penyelidikan tanah

Data penyelidikan tanah didapat dengan cara melakukan penyelidikan tanah di lapangan, meliputi pekerjaan:

1. Penelitian

   Penelitian data tanah yang terdiri dari sifat-sifat indeks, klasifikasi USCS (*Unified soil classification system*) dan AASHTO (*The American Assosiation of State Highway and Transportation Officials*), pemadatan dan nilai CBR (*California Bearing Ratio*). Pengambilan data CBR dilapangan dilakukan disepanjang ruas jalan rencana, dengan interval 100 meter dengan menggunakan DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*). Hasil tes *Dynamic Cone Penetro-*

meter ini dievaluasi melalui penampilan grafik yang ada, sehingga menampakkan hasil nilai CBR disetiap titik lokasi. Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara analitis dan cara grafis.

a. Cara Analitis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah:

$$\text{CBR Segmen} = \text{CBR}_{\text{Rata}-\text{rata}} - \frac{\text{CBR maks} - \text{CBR min}}{R} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2.1)$$

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

Tabel 2.5 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:

- Tentukan nilai CBR terendah.
- 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 terbesar.
- Angka terbanyak diberi nilai 100%, angka yang lain merupakan persentase dari 100%.
- Diberi grafik hubungan antara harga CBR dengan persentase nilai tadi.
- Nilai CBR segmen merupakan nilai pada keadaan 90%.

- Hasil pengamatan di sepanjang jalan didapat nilai CBR sebagai berikut : 3; 4; 3; 6; 6; 5; 11; 10; 6; 6 dan 4.

Tabel 2.6 Contoh Tabulasi Nilai CBR

No.	CBR	Jumlah yang Sama atau Lebih Besar	Persentase yang Sama atau Lebih Besar (%)
1.	3	11	(11/11) x 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, juga terhadap bahan konstruksi, dengan menggunakan ketentuan ASTM (*American Standard Testing and Material*) dan AASHTO (*The American Association of State Highway and Transportation Officials*) maupun standar yang berlaku di Indonesia.

3. Pengujian Laboratorium

   Uji bahan konstruksi untuk mendapatkan:

   1. Sifat-sifat indeks (*Indeks Properties*) yaitu meliputi Gs (*Specific Gravity*), wN (*Natural Water Content*), γ (Berat Isi), e (*Voidratio*/angka pori), n (*porositas*), Sr (derajat kejenuhan).
   2. Klasifikasi USCS dan AASHTO
      a) Analisa Ukuran Butir (*Grain Size Analysis*)
         - Analisa saringan (*Sieve Analysis*)
         - Hidrometer (*Hydrometer Analysis*)
      b) Batas-batas (*Atteberg Atteberg Limits*)
         - *Liquid Limit* (LL) = batas cair
         - *Plastic Limit* (PL)= batas plastis

- IP = LL – PL ……(2.2)

c) Pemadatan: γd maks dan Woptimum
   - Pemadatan standar/*proctor*
   - Pemadatan modifikasi
   - Dilapangan dicek dengan *sandcone* ± 100% γd maks

d) CBR laboratorium (CBR rencana), berdasarkan pemadatan γd maks dan Woptimum
   - CBR lapangan: DCP → CBR lapangan

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 langsung di lapangan maupun dengan pemerikasaan di laboratorium.
2. Penyelidikan lokasi sumber daya 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 di lapangan hanya berdasarkan gradasi butiran dan karakteristik keplastisannya saja yaitu:

1. 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 yang mencolok, yaitu:

   - Sangat baik berfungsi sebagai material penyangga bangunan atau jalan raya, kecuali pasir lepas (*loose sands*). Tanah berbutir kasar umumnya

mempunyai daya dukung tinggi dengan penurunan (*settlement*) kecil dan berlangsung dalam waktu pendek setelah pembebanan.

- Sangat baik sebagai material tanggul, karena berketahanan geser (*shear strength*) tinggi, mudah dipadatkan dan tidak mudah mengalami pembekuan (*frost action* di daerah iklim dingin).
- 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).
- Tidak baik digunakan (tanpa tanah halus) untuk tanggul penahan air, reservoir (waduk) karena permeabilitas tinggi. Penggalian tanah seperti ini di bawah permukaan memerlukan pemompaan air (*dewatering*) yang baik.
- Sangat peka terhadap penurunan akibat beban bergetar, misalnya di bawah bangunan pabrik bermesin yang terus bergetar.

2. 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 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 megandung 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:

   - Memiliki yang rendah, plastis dan mudah dimampatkan.
   - Kehilangan sebagian ketahanan gesernya akibat pembasahan dan akibat adanya ganguan.
   - Mengalami deformasi secara plastis dibawah beban konstan.
   - Kembang-susut, yaitu mengembang bila basah dan mengerut bila kering.
   - Tidak baik sebagai material ruangan karena bertekanan lateral tinggi.

- Tidak baik juga untuk material urugan tanggul, karena ketahanan geser yang rendah dan sulit dipadatkan.
- Sangat kedap air (*partically impeurous*).

2.3.5. Kriteria perencanaan

Sasaran perencanaan geometrik jalan adalah untuk menghasilkan design infrastruktur jalan raya yang aman, efisien dalam pelayanan arus lalulintas dan memaksimumkan ratio tingkat penggunaan. Dasar-dasar dalam perencanaan geometrik jalan diantaranya adalah sifat gerakan dan ukuran kendaraan, sifat pengemudi dalam mengendalikan kendaraan, karakteristik arus lalu lintas.

Elemen dalam perencanaan geometrik jalan, yaitu:

- Penampang melintang, menjelaskan bagian-bagian jalan seperti lebar dan jumlah lajur, ada atau tidaknya median, drainase permukaan, kelandaian lereng tebing galian dan timbunan, serta bangunan pelengkap lainnya.
- Alinyemen horizontal trase jalan, memperlihatkan 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.
- Alinyemen vertikal (penampang memanjang), memperlihatkan kondisi jalan yang datar (0 %), mendaki (+ g%) atau menurun (- g%); dimana kondisi ini berkait erat terhadap sifat operasi kendaraan, keamanan, jarak pandang dan fungsi jalan. Pada kelandaian jalan yang lurus dan panjang, sebaiknya tidak dibuat lengkung vertikal cekung, karena pandangan pengemudi akan terhalang oleh puncak alinemen vertikal. Pemilihan alinyemen vertikal berkaitan dengan pekerjaan tanah yang mungkin timbul akibat adanya galian dan timbunan yang harus dilakukan.

Dalam perencanaan geometrik jalan terdapat beberapa parameter perencana-an yang merupakan penentu tingkat kenyamanan dan keamanan yang dihasilkan

oleh geometrik jalan. Adapun parameter perencanaan geometrik jalan, sebagai berikut:

1. Kendaraan rencana, adalah kendaraan yang dimensi (termasuk radius putar-nya) dipilih sebagai acuan dalam perencanaan geometrik jalan raya. Dilihat dari bentuk, ukuran dan daya dari kendaraan-kendaraan yang mempergunakan jalan, kendaraan-kendaraan tersebut dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelompok, dibedakan menurut sumber & implementasinya sebagai berikut:
   a. Geometrik jalan antar kota

      Pengelompokan kendaraan rencana untuk perencanaan geometrik jalan antar kota adalah sebagai berikut:

      - Kendaraan kecil : mobil penmpang
      - Kendaraan sedang : truk 2 as tandem, bus 2as
      - Kendaraan besar : truk semi trailer

      Dimensi masing-masing jenis kendaraan rencana, dijelaskan pada tabel 2.7, adapun sketsa dimensi kendaraan rencana dapat dilihat pada gambar 2.4, 2.5, dan 2.6.

Tabel 2.7 Dimensi Kendaraan Rencana

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

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

Gambar 2.4 Kendaraan Kecil

Gambar 2.5 Kendaraan Sedang

Gambar 2.6 Kendaraan Besar

b. Geometrik jalan perkotaan

Pengelompokan kendaraan rencana untuk perencanaan geometrik jalan perkotaan adalah sebagai berikut:

- Kendaraan kecil : mobil penumpang
- Kendaraan sedang : unit tunggal truk/bus
- Kendaraan besar : truk semi trailer

Dimensi masing-masing jenis kendaraan rencana tersebut, dijelaskan pada tabel 2.8.

Tabel 2.8 Dimensi Kendaraan Rencana untuk Jalan Perkotaan (meter)

Jenis Kendaraan	Panjang Total	Lebar Total	Tinggi	Depan Tergantung	Jarak Gandar	Belakang Tergantung	Radius Putar
Kendaraan Penumpang	4.7	1.7	2.0	0.8	2	1.2	6
Truk Bus Tanpa Gandengan	12.0	2.5	4.5	1.5	6	4.0	1.2
Kombinasi	16.5	2.5	4.0	1.3	4.0	2.2	1.2

(*Sumber: Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan, 1997*)

c. Pengelompokan jenis kendaraan menurut karakteristik kendaraan berdasarkan jenis kendaraan yang dilayani jalan raya, Peraturan Pemerintah Nomor 43 Tahun 1993 mengelompokan jenis kendaraan dengan sistem kelas kendaraan sebagai berikut:
   - Kendaraan kelas I, yaitu kendaraan berukuran lebar = 2.50 meter, panjang = 18 meter dan muatan sumbu terberat (MST) > 10 ton.
   - Kendaraan kelas II, yaitu kendaraan berukuran lebar = 2.50 meter, panjang = 18 meter dan muatan sumbu terberat (MST) = 10 ton.
   - Kendaraan kelas IIIA, yaitu kendaraan berukuran lebar = 2.50 meter, panjang = 18 meter dan muatan sumbu terberat (MST) = 8 ton.
   - Kendaraan kelas IIIB, yaitu kendaraan berukuran lebar = 2.50 meter, panjang = 12 meter dan muatan sumbu terberat (MST) = 8 ton.
   - Kendaraan kelas IIIC, yaitu kendaraan berukuran lebar = 2.10 meter, panjang = 9 meter dan muatan sumbu terberat (MST) = 8 ton.

d. Pengelompokan jenis kendaraan menurut *Indonesian Highway Capacity Manual* (IHCM), 1997. Berdasarkan tingkat pelayanan jalan (ruas jalan, simpang dan bundaran), sebagai berikut:
   - Kendaraan ringan (*light vehicle* : LV)
   - Kendaraan berat (*heavy vehicle* : HV)
   - Sepeda motor (*motor cycle* : MC)

2. Volume arus lalulintas, adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu penampang tertentu pada suatu ruas jalan tertentu dalam satuan waktu tertentu. Sebagai pertimbangan untuk menetapkan jumlah lajur beserta fasilitas lalu lintasnya, maka diperlukan estimasi arus lalu lintas yang dilayani. Teori arus lalulintas adalah suatu kajian tentang gerakan pengemudi dan kendaraan antara dua titik dan interaksi mereka membuat satu sama lain. Perencanaan geometrik jalan antar kota, volume arus lalu lintas harian rencana (VLHR) adalah prakiraan volume arus lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas, dinyatakan dalam satuan smp/hari. Sedangkan volume arus lalu lintas jam rencana (VJR) adalah prakiraan volume arus lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalulintas, dinyatakan dalam satuan smp/jam, yang diestimasikan dengan formulasi sebagai berikut:

Tabel 2.9 Penentuan faktor - K dan faktor - F berdasarkan Volume Lalu lintas Harian Rata-rata

VLHR	FAKTOR - K (%)	FAKTOR - F (%)
> 50.000	4 – 6	0.9 – 1
30.000 - 50.000	6 – 8	0.8 – 1
10.000 - 30.000	6 – 8	0.8 – 1
5.000 - 10.000	8 – 10	0.6 - 0.8
1.000 - 5.000	10 – 12	0.6 - 0.8
< 1.000	12 – 16	< 0.6

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

$$VLHR = VJR \times \frac{K}{F} \ldots\ldots\ldots\ldots (2.3)$$

Dimana:

K : faktor volume arus lalu lintas jam sibuk

F : faktor fariasi tingkat lalu lintas per-15’ dalam satu jam

Untuk perencanaan geometrik jalan perkotaan, volume arus lalu lintas rencana (*daily traffic volume* - DTV) merupakan volume harian lalu lintas total kedua arah. Pada kondisi lain, dimana elemen perencanaan geometrik jalan bergantung terhadap volume arus lalu lintas pada jam puncak, yang dinyatakan

dalam volume/jam perencanaan (*design hour volume* - DHV), maka dalam Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan (1992) menurut dengan jumlah lajurnya, diformulasikan sebagai berikut:

- Untuk jalan 2 lajur,

$$DHP = DTV \times \frac{K}{100} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2.4)$$

Untuk jalan berlajur banyak,

$$DHP = DTV \times \frac{K}{100} \times \frac{D}{100} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2.5)$$

Dimana:

DHP : volume arus lalulintas perjam rencana (smp/2 arah/jam untuk 2 lajur; smp/arah/jam untuk jalan berlajur banyak)

DTV : volume arus lalu lintas rencana (smp/2 arah/hari)

K : koefisien puncak (%), perbandingan volume arus lalulintas pada jam ke-13 dibagi dengan AADT (LHR tahunan), namun bila data tersebut di atas tidak tersedia, maka dapat dipergunakan nilai koefisien 10%.

D : koefisien arah (%), hasil dari pengamatan lapangan bila data lapangan tidak tersedia maka dapat dipergunakan D = 60%.

3. Kecepatan Rencana (VR), adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan, yang memungkinkan kendaraan dapat bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca cerah, lalulintas lengang dan pengaruh samping jalan tidak berarti. Jalan dengan kecepatan rencana paling rendah 60 km/jam adalah jalan yang didesain dengan persyaratan-persyaratan geometrik yang diperhitungkan terhadap kecepatan minimum 60 km/jam, sehingga pada volume jam perencanaan (*design hourly volume*) kendaraan bermotor dapat menggunakan kecepatan 60 km/jam dengan aman.

Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya kecepatan rencana antara lain:

1. Kondisi pengemudi dan kendaraan yang bersangkutan
2. Sifat fisik jalan dan keadaan median sekitarnya
3. Sifat dan tingkat penggunaan daerah
4. Cuaca
5. Adanya gangguan dari kendaraan lain

6. Batasan kecepatan yang diizinkan

Persyaratan kecepatan rencana diambil angka paling rendah dengan maksud untuk memberikan kebebasan bagi perencana jalan dalam menetapkan kecepatan rencana yang paling tepat, disesuaikan dengan kondisi lingkungan-nya, sama atau lebih besar dari persyaratan tersebut, agar dicapai kapasitas jalan yang paling tinggi. Semakin tinggi kecepatan rencana ditetapkan semakin mahal biaya untuk pembangunan jalannya karena dibutuhkan radius tikung yang semakin besar dan tanjakan/turunan yang semakin kecil, jalan tol biasanya direncanakan pada kecepatan rencana yang tinggi yaitu 100 km/jam. Untuk perencanaan jalan antar kota, nilai VR ditetapkan dengan berdasarkan pada klasifikasi fungsi dan medan jalan, sebagaimana disajikan pada tabel 2.10.

Tabel 2.10 Kecepatan Rencana (VR) Menurut Klasifikasi Fungsi dan Medan Jalan Antar Kota

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, 1997*)

Catatan: Untuk kondisi medan yang sulit, VR suatu segmen jalan dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20 km/jam.

Tabel 2.11 Kecepatan Rencana (VR) Menurut Tipe dan Kelas Jalan Perkotaan

Tipe Jalan	Kelas	Kecepatan Rencana (VR - Km/jam)
Tipe I	1	100;80
	2	80;60*
Tipe II	1	60;
	2	60;50
	3	40;30
	4	30;20

(*Sumber : Standar Perencanaan Jalan Perkotaan, 1992*)

Catatan : *pada kondisi khusus

4. Jarak pandang, adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian rupa sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan sesuatu (antisipasi) untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman. Jarak pandang terdiri dari:

   a. 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 didepan. Setiap titik disepanjang jalan harus memenuhi Jh. Jh diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dari permukaan jalan.

      Jh terdiri atas 2 elemen jarak, yaitu:

      1. Jarak tanggap (Jht) adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus sampai saat pengemudi menginjak rem.
      2. Jarak pengereman (Jhr) adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi rem menginjak 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:

      Jh = Jht + Jhr ……(2.6)

      Untuk jalan datar:

      $Jh = 0{,}694\ VR + 0{,}004 \frac{VR^2}{fp}$ ……(2.7)

      Untuk jalan dengan kelaidaian tertentu:

      $Jh = 0{,}694\ VR + 0{,}004 \frac{VR^2}{fp \pm L}$ ……(2.8)

      Dimana:

      Jh = jarak pandang henti, (m)

      VR = kecepatan rencana, (km/jam)

      T = waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

G = percepatan gravitasi, ditetapkan 9,8 m/detik²

Fp = koefisien gesek memanjang antara ban kendaraan dengan perkerasan jalan aspal, fp akan semakin kecil jika kecepatan (VR) semakin tinggi dan sebaliknya. (menurut Bina Marga, f = 0,35 - 0,55, namun sebaiknya nilai fp diambil berdasar gambar 3.1)

L = landai jalan dalam (%) dibagi 100

Tabel 2.12 Jarak Pandang Henti (Jh) Minimum untuk Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (m)

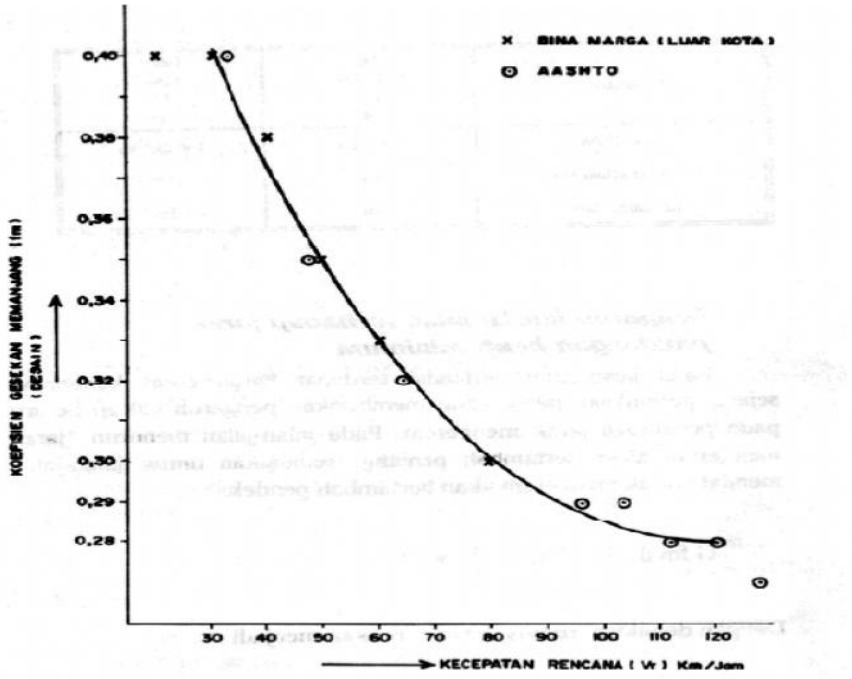
VR (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jh Minimum (m)	250	175	120	75	55	40	27	16

(*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)

b. 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 lalulintas yaitu:

- Kendaraan yang akan didahului harus mempunyai kecepatan yang tetap.
- Sebelum melakukan gerakan mendahului, kendaraan harus mengurangi kecepatannya dan mengikuti kendaraan yang akan disiap dengan kecepat-an yang sama.
- Apabila kendaraan sudah berada pada lajur untuk mendahului, maka pengemudi harus mempunyai waktu untuk menentukan apakah gerakan mendahului dapat diteruskan atau tidak.
- Daerah yang mendahului harus disebar di sepanjang jalan dengan jumlah panjang minimum 30% dari panjang total ruas jalan tersebut.
- Bila saat penyiapan tiba, penyiap memerlukan waktu berpikir mengenai amannya daerah penyiapan.
- Kecepatan kendaraan yang mendahului mempunyai perbedaan sekitar 15 km/jam dengan kecepatan kendaraan yang didahului pada waktu melakukan gerakan mendahului.
- Pada saat kendaraan yang mendahului telah berada kembali pada lajur jalannya, maka harus tersedia cukup jarak dengan kendaraan yang bergerak dari arah yang berlawanan.
- Tinggi mata pengemudi diukur dari permukaan perkerasan menurut Bina Marga (TPGJAK, 1997) sama dengan tinggi objek yaitu 105 cm.
- Penyiapan dilakukan dengan "*start* terlambat" dan bersegera untuk kembali ke jalur semula dengan kecepatan rata-rata 10 mph lebih tinggi dari kendaraan yang disiap. Pada waktu kendaraan penyiap telah kembali ke jalur asal, masih ada jarak dengan kendaraan lawan.
- Kendaraan yang bergerak dari arah yang berlawanan mempunyai kecepatan yang sama dengan kendaraan yang mendahului.

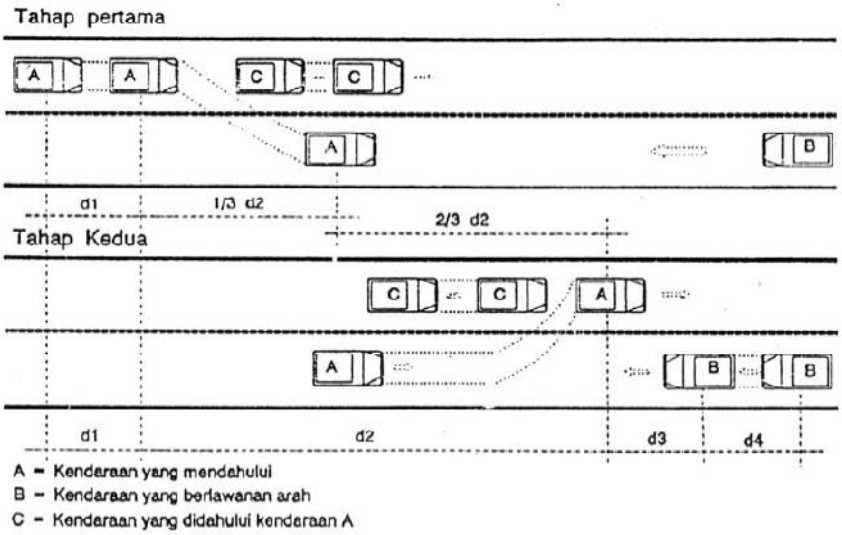
Syarat untuk menentukan jarak pandang mendahului minimum dapat dilihat pada tabel 2.14.

Tabel 2.14 Panjang Jarak Mendahului

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

(*Sumber : Ditjen Bina Marga, 1997*)

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



Gambar 2.8 Proses Gerakan Mendahului (2/2 TB)

c. Daerah Bebas Samping Di Tikungan

Daerah Bebas Samping Di Tikungan (E) adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang pengemudi kendaraan di tikungan, sehingga Jh dapat terpenuhi, dan dimaksudkan untuk memberikan kemudahan 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 Jh terpenuhi.

- Ada dua bentuk Daerah Bebas Samping Di Tikungan, yaitu: Jarak Pandang Henti (Jh)
- Jarak Pandang Menyiap (Jd)
- Panjang Tikungan (Lt)
- Jari-jari Tikungan (R)
- Jari-jari Sumbu Lajur Dalam (R')

Adapun rumusan Daerah Bebas Samping Di Tikungan (E), adalah:

- Jika Jh < Lt,

$$E = R' \left[1 - \cos \frac{28{,}65\ Jh}{R'} \right] \qquad \text{.....(2.9)}$$

- Jika Jh > Lt,

$$E = R' \left[1 - \cos \frac{28{,}65\ Jh}{R'} \right] + \left[\frac{Jh - Lt}{2} \sin \frac{28{,}65}{R'} \right] \quad \text{.....(2.10)}$$

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 di kedua sisi jalan
   b. Tinggi 5 meter di atas permukaan perkerasan pada sumbu jalan
   c. Kedalaman ruang bebas 1,5 meter di bawah muka jalan

2. Daerah milik jalan (Damija)

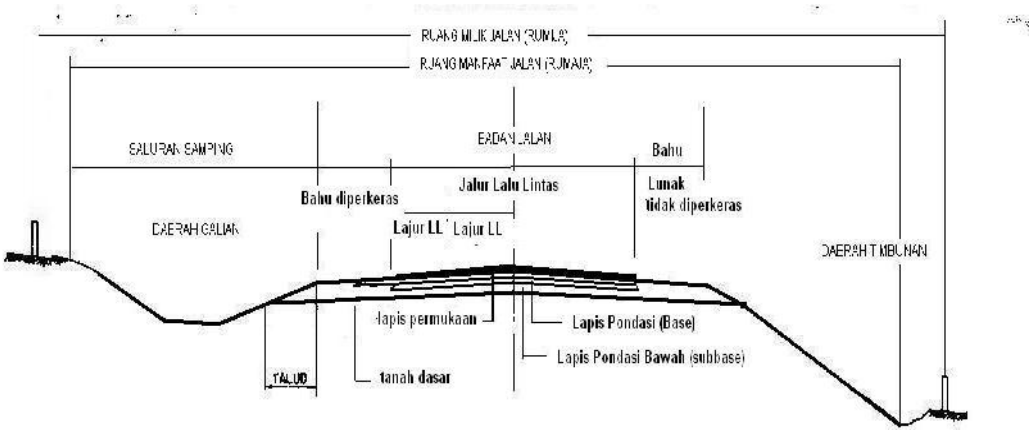
   Daerah milik jalan (Damija) adalah ruang yang dibatasi oleh lebar yang sama dengan Damaja ditambah ambang pengaman konstruksi jalan dengan tinggi 5 meter dan kedalaman 1,5 meter.

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 di daerah tikungan ditentukan oleh jarak pandang bebas. Gambar bagian-bagian jalan seperti yang dijelaskan di atas dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Bagian dari struktur jalan

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:

a. Syarat ekonomis

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

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

b. 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 dipergunakan untuk lalu lintas kendaraan yang secara fisik berupa perkerasan jalan. Lebar jalur lalulintas 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 - l arah (2/1 TB)
c. 2 jalur - 4 lajur - 2 arah (4/2 B)
d. 2 jalur - n lajur - 2 arah (n12 B)

Pada jalur lalulintas 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 permukaan, lajur lalu lintas pada alinyemen lurus memerlukan kemiringan melintang normal sebagai berikut:

- 2 – 3% untuk perkerasan aspal dan perkerasan beton
- 4 – 5% untuk perkerasan kerikil

Lebar lajur tergantung pada kecepatan dari kendaraan rencana, yang dalam hal ini dinyatakan dengan fungsi dan kelas jalan seperti ditetapkan dalam tabel 2.15.

Tabel 2.15 Lebar Lajur Jalan Ideal

Fungsi	Kelas	Lebar Lajur Ideal (m)
Arteri	I	3,75
	II, III A	3,50
Kolektor	IIIA, III B	3,00
Lokal	III C	3,00

(*Sumber: Ditjen Bina Marga,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 – 0.50 meter.

Adapun fungsi dari median tersebut antara lain:

a. Memisahkan dua aliran lalulintas yang berlawanan arah
b. Ruang lapak tunggu penyeberang jalan
c. Penempatan fasilitas jalan
d. Tempat prasarana kerja sementara
e. Penghijauan
f. Mengurangi silau dari sinar lampu kendaraan dari arah yang berlawanan

3) Bahu jalan

Bahu jalan adalah bagian daerah manfaat jalan yang terletak ditepi jalur lalu lintas dan harus diperkeras yang berdampingan dengan jalur lalulintas untuk menampung kendaraan yang berhenti, keperluan darurat, dan untuk pendukung samping bagi lapis pondasi bawah, lapis pondasi, dan lapis permukaan dengan kemiringan normal antara 3 - 5%.

4) Jalur pejalan kaki

Jalur pejalan kaki merupakan fasilitas yang berfungsi memisahkan pejalan kaki dari jalur lalulintas kendaraan guna menjamin keselamatan pejalan kaki dan kelancaran lalulintas.

5) Selokan

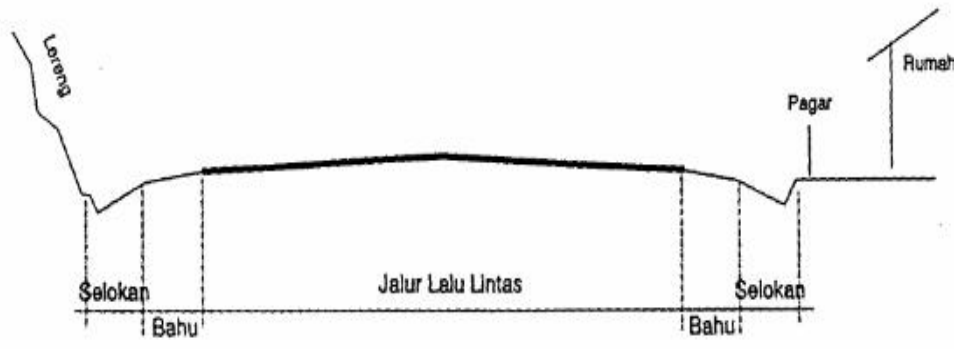
Selokan dibuat untuk mengendalikan air (limpasan) permukaan akibat air hujan dan bertujuan untuk memelihara agar jalan tidak tergenang air hujan dalam waktu yang cukup lama (yang akan mengakibatkan kerusakan konstruksi jalan).

6) Lereng

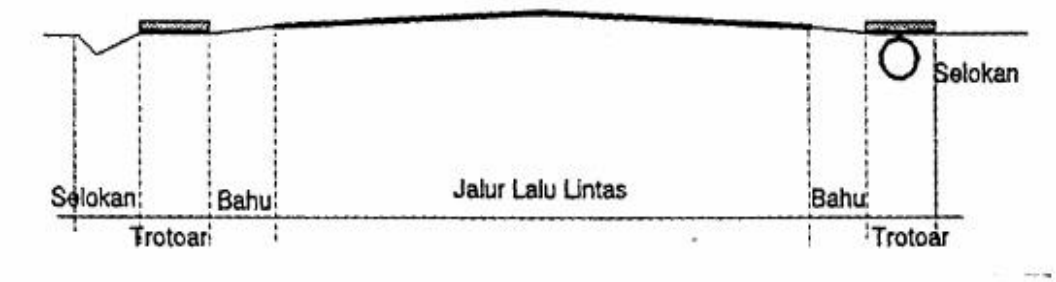
Lereng merupakan bagian dari kondisi alam yang tidak terkena pengaruh dari perencanaan suatu ruas jalan. Lereng alam ini biasanya

berupa bukit yang harus diperkuat untuk melindungi lereng timbunan atau galian dan menahan gerusan air.

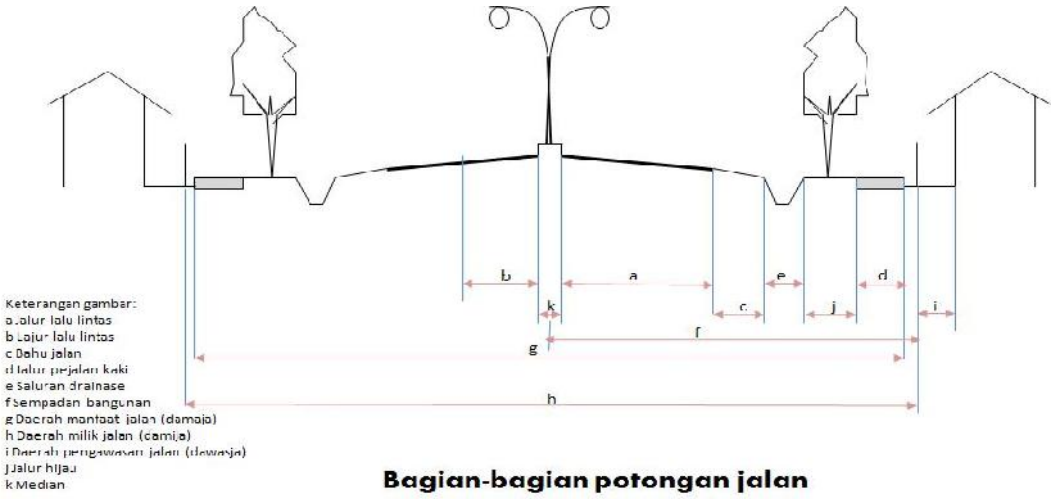
Gambar penampang melintang jalan dengan tipikal-tipikal di atas dapat dilihat pada gambar 2.10, 2.11, dan 2.12.



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

2.3.7 Alinyemen horizontal

Alinyemen horizontal/trase jalan merupakan gambaran badan jalan yang tegak lurus bidang. Pada gambar tersebut akan terlihat apakah jalan tersebut akan merupakan jalan lurus, berbelok kekiri/kekanan. Pada perencanaan alinyemen horizontal, umumnya akan ditemui dua jenis bagian jalan, yaitu: bagian lurus, dan bagian lengkung atau umum disebut tikungan.

Adapun bagian-bagian tersebut antara lain:

1. Bagian lurus

   Panjang maksimum bagian lurus harus dapat ditempuh dalam waktu ≤ 2,5 menit (sesuai VR), dengan pertimbangan keselamatan pengemudi akibat dari kelelahan.

2. Tikungan

   Dalam merencanakan sebuah tikungan, haruslah memenuhi beberapa kriteria, antara lain:

   1) Jari-jari lengkung minimum

      Kendaraan pada saat melalui tikungan dengan kecepatan (V) akan menerima gaya sentrifugal yang menyebabkan kendaraan tidak stabil. Untuk meng-imbangi gaya sentrifugal tersebut, perlu dibuat suatu kemiringan melintang jalan pada tikungan yang disebut superelevasi (e). Pada saat kendaraan melalui daerah superelevasi, akan terjadi gesekan arah melintang jalan antara ban kendaraan dengan permukaan aspal yang menimbulkan gaya gesekan melintang.

      Untuk pertimbangan perencanaan, panjang jari-jari minimum untuk berbagai variasi kecepatan dapat dilihat pada tabel 2.16.

Tabel 2.16 Panjang Jari-jari Minimum (dibulatkan) untuk e_{mak} = 10%

VR (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
R Minimum (m)	600	370	280	210	115	80	50	15

(*Sumber: Ditjen Bina Marga, 1997*)

2) Jenis-jenis tikungan

Pada perencanaa alinyemen horizontal, umumnya akan ditemui dua jenis bagian jalan, yaitu: bagian lurus dan bagian lengkung atau umum disebut tikungan yang terdiri dari tiga jenis tikungan yang digunakan. Jenis tikungan yang umum digunakan dalam perencanaan suatu jalan antara lain:

a) Bentuk lingkaran (*Full Circle* = FC)

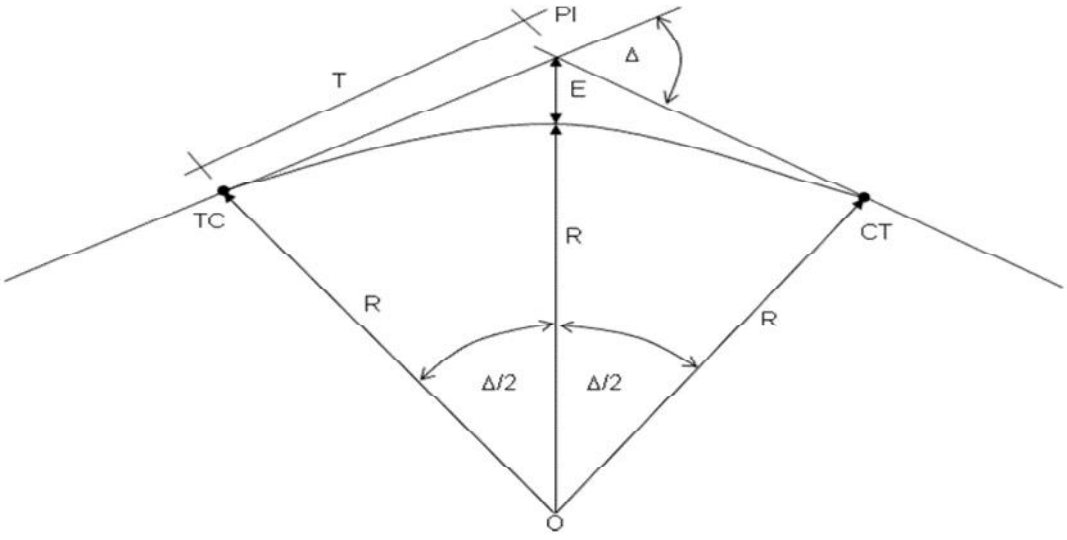
Full circle adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja. Tikungan *full circle* hanya digunakan untuk R (jari-jari tikungan) yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil maka diperlukan superelevasi yang besar. Jari-jari tikungan untuk tikungan jenis *full circle* ditunjukkan pada tabel 2.17.

Tabel 2.17 Jari-jari Tikungan Yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

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

(*Sumber: Perencanaan Teknik Jalan Raya, 2000*)

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



Gambar 2.13 Komponen *Full Circle*

Dimana:

Δ = sudut tangen (º)

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

Rc = jari-jari lingkaran (m)

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

Lc = panjang busur lingkaran (m)

Rumus yang digunakan pada tikungan *full circle* yaitu:

$Tc = Rc \tan ½ \Delta$ ……..(2.11)

$Ec = Tc \tan ½ \Delta$ ……..(2.12)

$Lc = \frac{\Delta}{180} \pi Rc = 0{,}01745 \Delta Rc$ ……..(2.13)

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 pada sebelum dan sesudah tikungan berbentuk busur lingkaran. Lengkung peralihan dengan bentuk spiral banyak di-gunakan juga oleh Bina Marga. Dengan adanya lengkung peralihan, maka tikungan menggunakan S - C - S. Panjang lengkung peralihan (Ls), menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, (1997), diambil nilai terbesar dari tiga persamaan dibawah ini:

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

  $Ls = \frac{VR}{3{,}6} T$ (m) ……..(2.14)

- Berdasarkan antisipasi gaya *sentrifugal*, digunakan rumus *modifikasi Shortt*, sebagai berikut:

  $Ls = 0{,}22 \frac{VR^2}{Rc \cdot C} - 2{,}727 \frac{VR \cdot e}{C}$ (m) ……..(2.15)

- Berdasarkan tingkat pencapaian kelandaian:

  $Ls = \frac{(em - en)}{3{,}6\, re} VR$ (m) ……..(2.16)

Dimana :

T = Waktu tempuh (3 detik)

VR = Kecepatan rencana (km/jam)

Rc = Jari-jari lingkaan (m)

C = Perubahan percepatan (0,3 - 1,0) disarankan 0,4 m/det

e = Superelevasi (%)

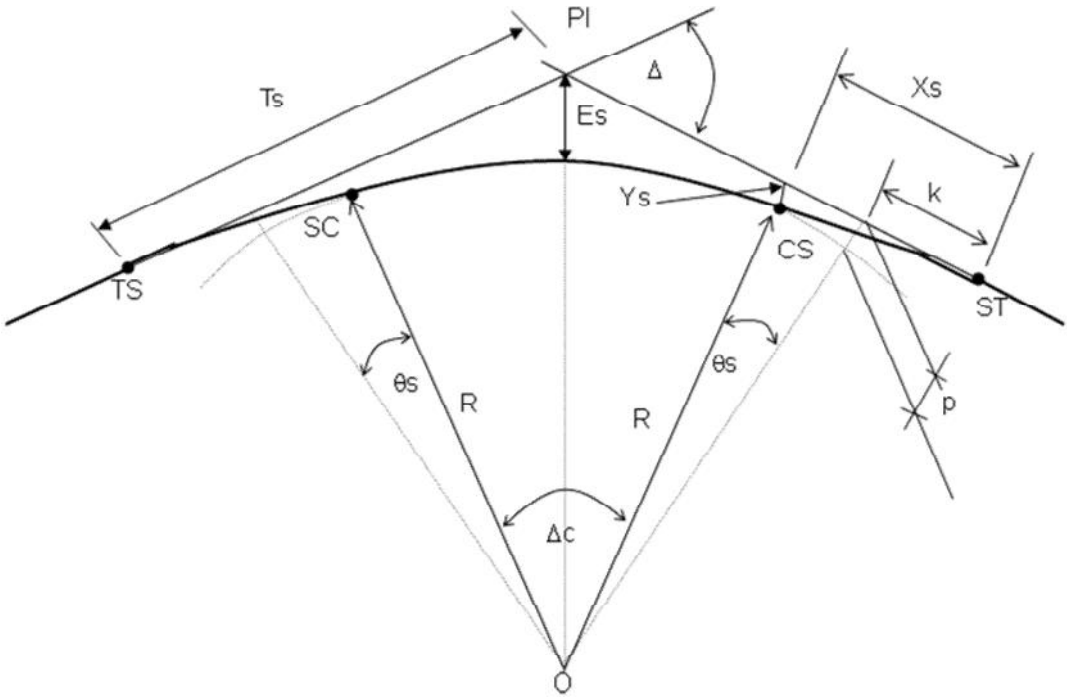
em = Superelevasi maksimum (%)

en = Superelevasi normal (%)

re = Tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan, sebagai berikut:

- 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

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



-

Gambar 2.14 Komponen *Spiral* - *Circle* - *Spiral*

Dimana:

Ls = panjang lengkung peralihan (m)

Xs = absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS ke SC (m)
Ys = ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen (m)

Lc = panjang busur lingkaran (m)

Ts = panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST (m)

Es = jarak dari PI ke busur lingkaran (m)

θs = sudut lengkung *spiral* (º)

Δ = sudut lingkaran (º)

Δc = sudut lengkung circle (º)

Rc = jari-jari lingkaran (m)

p = pergeseran tangen terhadap *spiral* (m)

k = absis dari p pada garis tangen *spiral* (m)

L = panjang tikungan SCS (m)

Adapun rumus yang digunakan untuk menentukan tikungan *spiral - circle - spiral* yaitu:

$Xs = Ls \left[1 - \frac{Ls^2}{40\ R^2} \right.$ ……..(2.17)

$Es = (R + p) \sec \frac{\Delta}{2} - R$ ……..(2.18)

$\theta s = \frac{90}{\pi} \frac{Ls}{R}$ ……..(2.19)

$\Delta c = \Delta - 2\theta s \left[1 - \frac{Ls^2}{40\ R^2} \right]$ ……..(2.20)

$p = \frac{Ls^2}{6\ R} - R\ (1 - \cos \theta s)$ ……..(2.21)

$k = Ls - \frac{Ls^3}{40\ R^2} - R \sin \theta s$ ……..(2.22)

$Lc = \frac{\Delta c}{180} . \pi . R$ ……..(2.23)

$Ts = (R + p) . \tan \frac{\Delta}{2} + k$ ……..(2.24)

$Es = (R + p) . \sec \frac{\Delta}{2} - R$ ……..(2.25)

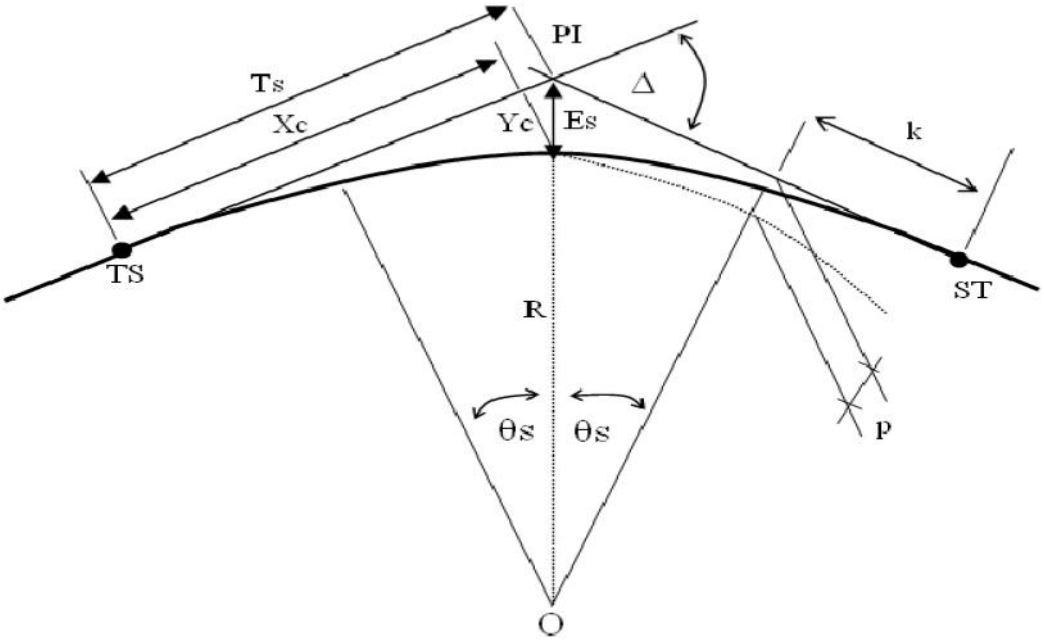
L = Lc + 2.Ls ……..(2.26)

Kontrol : Ltot < 2.Ts

c) Bentuk lengkung peralihan (*Spiral* - *Spiral* = S - S)

Spiral - *Spiral* (S - S) yaitu bentuk tikungan yang digunakan pada keadaan yang sangat tajam.

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



Gambar 2.15 Komponen *Spiral* - *Spiral*

Untuk spiral - spiral ini berlaku rumus sebagai berikut:

$\theta s = \frac{1}{2}$ □, Lc = 0 ……..(2.27)

$Ls = \frac{2\pi R}{360} 2\theta s$ atau $Ls = \frac{\theta s \, R}{28{,}648}$ ……..(2.28)

$Ts = (R + p) \tan \frac{\Delta}{2} + k$ ……..(2.29)

$Es = (R + p) \text{Sec} \frac{\Delta}{2} - R$ ……..(2.30)

$k = k^* \times Ls$ ……..(2.31)

$p = p^* \times Ls$ ……..(2.32)

dimana k*, p* dapat pada tabel 2.18 untuk Ls = 1

Kontrol: Ltot < 2.Ts

Tabel 2.18 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	0.05103	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 Peremcanaan Geometrik Jalan Raya, 1997*)

3) Pencapaian superelevasi

Adapun ketentuan-ketentuan dalam pencapaian superelevasi untuk semua jenis tikungan tersebut antara lain:

a) Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai kekemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.
b) Pada tikungan S - C - S, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bentuk normal sampai awal lengkung peralihan (TS) yang berbentuk pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh pada akhir bagian lengkung peralihan (SC).
c) Pada tikungan F - C, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bagian lurus sepanjang 2/3 Ls sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang 1/3 Ls.
d) Pada tikungan S - S, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.
e) Superelevasi tidak diperlukan jika radius (R) cukup besar, untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LP), atau bahkan tetap lereng normal (LN).

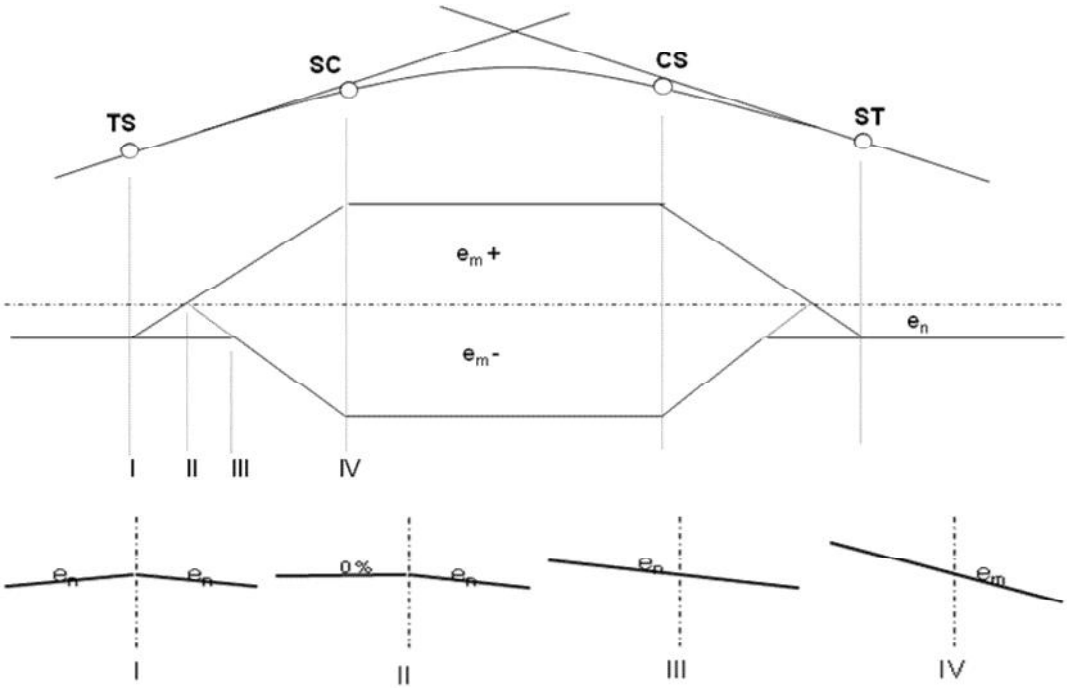
4) Diagram superelevasi

Metoda untuk melakukan superelevasi yaitu merubah lereng potongan melintang, dilakukan dengan bentuk profil dari tepi perkerasan yang dibundarkan, tetapi disarankan cukup untuk mengambil garis lurus saja.

Ada tiga cara untuk superelevasi yaitu:

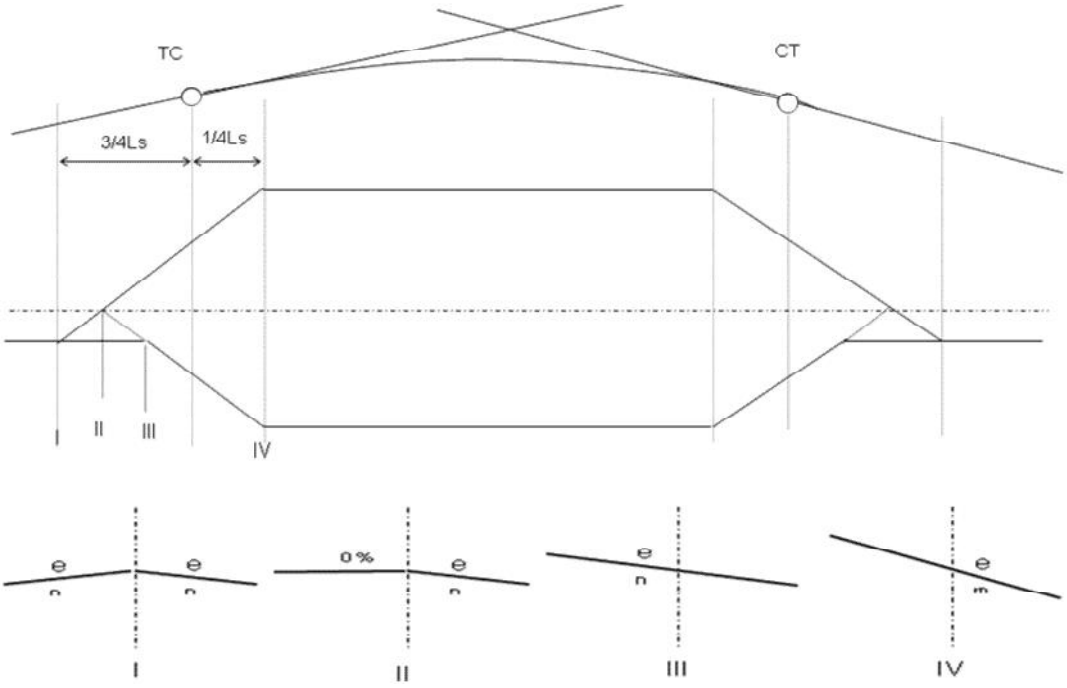
1. Memutar perkerasan jalan terhadap profil sumbu
2. Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah dalam
3. Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah luar

Adapun diagram pencapaian superelevasi pada tikungan *spiral - circle - spiral* dapat dilihat pada gambar 2.16.



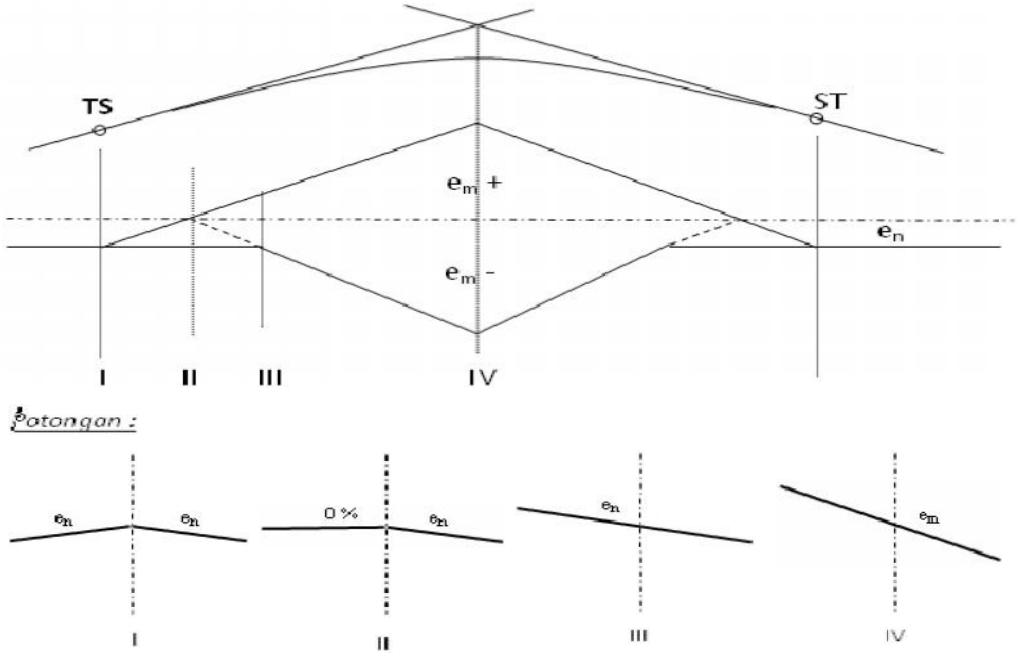
Gambar 2.16 Metoda Pencapaian Superelevasi pada Tikungan *Spiral - Circle - Spiral* (contoh untuk tikungan ke kanan)

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



Gambar 2.17Metoda Pencapaian Superelevasi pada Tikungan *Full Circle* (contoh untuk tikungan ke kiri)

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



Gambar 2.18 Metoda Pencapaian Superelevasi pada Tikungan *Spiral* - *Spiral* (contoh untuk tikungan ke kanan)

5) Landai relatif

Kemiringan melintang atau kelandaian pada penampang jalan diantara tepi perkerasan luar dan sumbu jalan sepanjang lengkung peralihan disebut landai relatif. Pencapaian tikungan jenis *full circle* untuk dapat menggambarkan pencapaian kemiringan dari lereng normal ke kemiringan penuh, kita harus hitung dulu lengkung peralihan fiktif (Ls'), adapun Ls' dihitung berdasarkan landai relatif maksimum. Ls' dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\frac{1}{m} = \frac{(e+en)}{Ls} B \qquad \text{.....(2.33)}$$

Dimana:

$\frac{1}{m}$ = landai relatif, (%)

e = superelevasi, (m/m')

en = kemiringan melintang normal, (m/m')

B = lebar lajur, (m)

6) Pelebaran perkerasan di tikungan

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

Pelebaran perkerasan jalan pada tikungan sangat tergantung pada :

R = jari – jari tikungan

Δ = sudut tangen

V = kecepatan rencana

Adapaun rumus – rumus yang berlaku untuk menghitung pelebaran pada tikungan :

$$Rc = R - \frac{1}{4}Bn + \frac{1}{2}b \qquad \text{.....(2.34)}$$

$$B = \sqrt{\left\{\sqrt{Rc^2 - 64} + 1{,}25\right\}^2 + 64} - \sqrt{Rc^2 - 64} + 1{,}25 \qquad \text{.....(2.35)}$$

$$Z = \frac{0{,}105 \times V}{\sqrt{R}} \qquad \text{.....(2.36)}$$

$$Bt = n\,(B+C) + Z \qquad \text{.....(2.37)}$$

Dimana:

B = lebar perkerasan pada tikungan , (m)

Bn = lebar total perkerasan pada bagian lurus, (m)

b = lebar kendaraan rencana, (m)

Rc = radius lengkung untuk lintasan luar roda depan, (m)

Z = lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi di tikungan, (m)

R = radius lengkung, (m)

n = jumlah lajur

C = kebebasan samping, (1,0)

7) Daerah bebas samping di tikungan

Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandangan pengemudi dari halangan benda-benda di sisi jalan (daerah bebas samping). Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh M (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan Jh dipenuhi.

Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

- Berdasarkan jarak pandang henti

$$M = R (1 - \cos \theta) \quad \text{.....(2.38)}$$

- Berdasarkan jarak pandang mendahului

$$M = R (1 - \cos \theta) + ½ (S – L) \sin \theta \quad \text{.....(2.39)}$$

Dimana:

M = jarak dari penghalang ke sumbu lajur sebelah dalam, (m)

θ = setengah sudut pusat sepanjang L, (°)

R = radius sumbu lajur sebelah dalam, (m)

S = jarak pandangan, (m)

L = panjang tikungan, (m)

2.3.8. Alinyemen vertikal

Alinyemen vertikal merupakan garis potong yang dibentuk oleh bidang vertikal melalui sumbu jalan atau tepi dalam masing-masing perkerasan jalan yang bersangkutan. Pada pemilihan alinyemen ini juga berkaitan dengan adanya pekerjaan galian dan timbunan tanah.

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 pula kelandaian = 0 (datar).

Adapun faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam alinyemen vertikal sebagai berikut:

- Topografi
- Kecepatan rencana
- Fungsi jalan
- Tebal perkerasan
- Tanah dasar
- Kedudukan tinggi landai kendaraan

Pada alinyemen vertikal akan ditemui berbagai keadaan antara lain:

a. Kelandaian

Kelandaian pada alinyemen vertikal jalan dapat dibedakan atas:

1. Kelandaian maksimum

Kelandaian maksimum yang ditentukan untuk berbagai variasi kecepatan rencana, dimaksudkan agar kendaraan dapat bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan mampu bergerak dengan kecepatan tidak kurang dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah.

Kelandaian maksimum untuk berbagai kecepatan rencana dapat dilihat pada tabel 2.19.

Tabel 2.19 Kelandaian Maksimum yang diizinkan

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

(*Sumber: Ditjen Bina Marga, 1997*)

Panjang maksimum landai yang masih dapat diterima tanpa mengakibatkan gangguan jalannya arus arus lalulintas yang berarti, atau biasa disebut dengan istilah panjang kritis landai, adalah panjang yang mengakibatkan pengurangan kecepatan maksimum sebesar 25 km/jam. Panjang kritis landai tersebut ditunjukkan pada tabel 2.20.

Tabel 2.20 Panjang Kritis Landai

Landai (%)	3	4	5	6	7	8	10	12
Panjang Kritis (m)	480	330	250	200	170	150	135	120

(*Sumber: Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1970*)

2. Kelandaian minimum

Berdasarkan kepentingan arus lalulintas, landai ideal adalah landai datar (0%). Sebaliknya ditinjau dari kepentingan drainase jalan, jalan ber-landailah yang ideal. Dalam perencanaan disarankan menggunakan:

- Landai datar untuk jalan-jalan diatas tanah timbunan yang tidak mempunyai kerb.
- Landai 0,15% dianjurkan untuk jalan-jalan diatas tanah timbunan dengan medan datar dan mempergunakan kerb.
- Landai minimum sebesar 0,3 - 0,5% dianjurkan dipergunakan untuk jalan-jalan di daerah galian atau jalan yang memakai kerb.

b. Lengkung vertikal

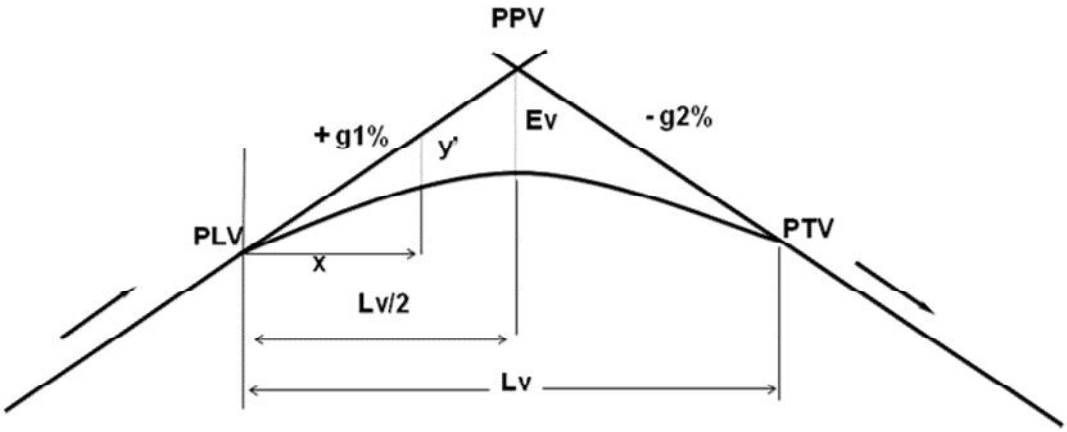
Lengkung vertikal direncanakan untuk mengubah secara bertahap perubahan dari dua macam kelandaian arah memanjang jalan pada setiap lokasi yang diperlukan. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi goncangan akibat perubahan kelandaian dan menyediakan jarak pandang henti yang cukup, untuk keamanan dan kenyamanan.

Lengkung vertikal terdiri dari dua jenis, yaitu:

1. Lengkung vertikal cembung, adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan.
2. Lengkung vertikal cekung, adalah 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 pertimbagan yang dapat dipertimbangkan yaitu:
   - arak sinar lampu besar dari kendaraan
   - Kenyaman pengemudi
   - Ketentuan drainase

- Penampilan secara umum

Tipikal lengkung vertikal dapat dilihat pada gambar 2.19.



Gambar 2.19 Tipikal Lengkung Vertikal Bentuk Parabola

Adapun rumus yang digunakan untuk lengkung vertikal adalah sebagai berikut:

$x = ½ Lv$ ……..(2.40)

$y = \frac{(g2-g1)}{200.Lv} . x^2$ ……..(2.41)

$A = (g1 \pm g2)$ ……..(2.42)

$Ev = \frac{(g2-g1)Lv}{800}$ ……..(2.43)

Dimana:

x = jarak dari titik P ke titik yang ditinjau dari Sta, (m)

y = perbedaan elevasi antara titik P dan titik yang ditinjau pada Sta, (m)

Lv = panjang lengkung vertikal parabola, yang merupakan jarak proyeksi dari titik P dan titik Q, (m)

g1 = kelandaian tangen dari titik P, (%)

g2 = kelandaian tangen dari titik Q, (%)

A = perbedaan aljabar untuk kelandaian, (%)

Ev = penyimpangan dari titik potong kedua tangen kelengkungan vertikal, (m)

Kelandaian menaik (pendakian) diberi tanda (+), sedangkan kelandaian menurun (penurunan) diberi tanda (-). Ketentuan pendakian atau penurunan ditinjau dari kiri.

2.3.9 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 perencana-an alinyemen horizontal, alinyemen vertikal dan potongan melintang dalam suatu paduan sehingga menghasilkan produk perencanaan teknik sedemikian yang mematuhi unsur aman, nyaman, dan ekonomis. Beberapa ketentuan atau syarat sebagai panduan yang dapat digunakan untuk proses koordinasi alinyemen, sebagai berikut:

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

2.4 Penentuan *Stationing*

Penentuan (*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. 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:

- Setiap 100 m, untuk daerah datar
- Setiap 50 m, untuk daerah bukit
- 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.

2.4.1 Perhitungan 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).

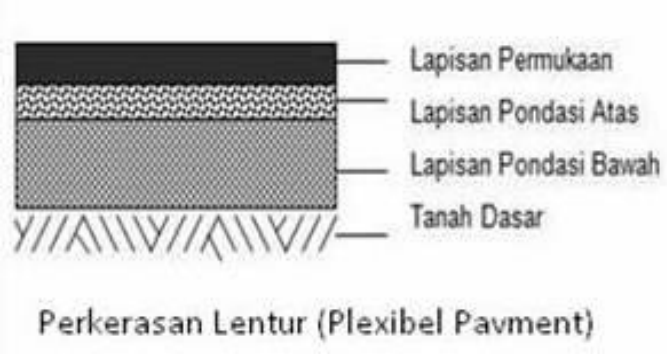
b. Gambarkan profil memanjang (alinyemen vertikal) yang memperlihatkan perbedaan beda tinggi muka tanah asli dengan muka tanah rencana.
c. Gambar potongan melintang (*cross section*) pada titik *stationing*, sehingga didapatkan luas galian dan timbunan.
d. Hitung volume galian dan timbunan dengan mengalikan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

2.4.2 Jenis konstruksi 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 diatasnya 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).

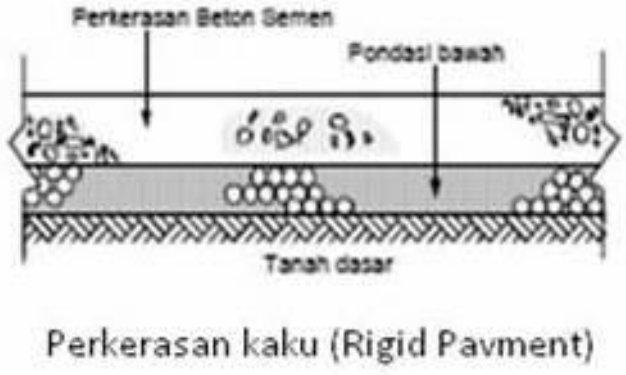
Konstruksi perkerasan terdiri dari beberapa jenis sesuai dengan bahan ikat yang digunakan serta komposisi dari komponen konstruksi perkerasan itu sendiri, antara lain:

1. Konstruksi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)
   a. Memakai bahan pengikat aspal dan agregat atau bahan-bahan yang bersifat tidak kaku atau lentur
   b. Sifat dari perkerasan ini adalah memikul dan menyebarkan beban lalulintas ke tanah dasar.
   c. Pengaruhnya terhadap repetisi beban adalah timbulnya *rutting* (lendutan pada jalur roda).
   d. Pengaruhnya terhadap penurunan tanah dasar yaitu, jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar).



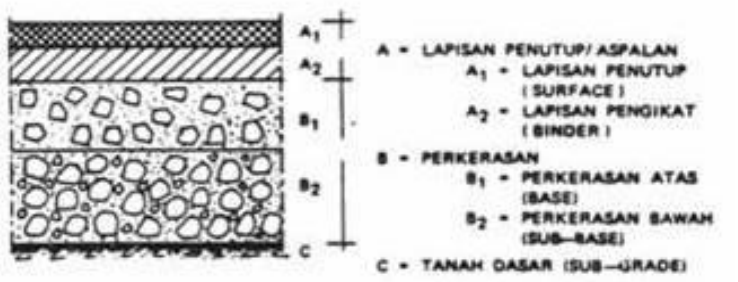
Gambar 2.20 Komponen Perkerasan Lentur

2. Konstruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)
   a. Memakai bahan pengikat semen *portland* (PC) atau menggunakan bahan campuran beton bertulang.
   b. Sifat lapisan utama (plat beton) yaitu memikul sebagian besar beban lalulintas.
   c. Pengaruhnya terhadap repetisi beban adalah timbulnya retak-retak pada permukaan jalan.
   d. Pengaruhnya terhadap penurunan tanah dasar yaitu, bersifat sebagai balok di atas permukaan.



Gambar 2.21 Komponen Perkerasan Kaku

3. Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)
   a. Kombinasi antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur, yaitu aspal dan beton.
   b. Perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau sebaliknya.



Perkerasan Komposit

Gambar 2.22 Komponen Perkerasan Komposit

2.4.3 Jenis dan fungsi lapisan perkerasan lentur

Supaya perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai, tetapi tetap ekonomis, maka perkerasan jalan raya dibuat berlapis-lapis. Lapis paling atas disebut sebagai lapis permukaan, merupakan lapisan yang paling baik mutunya. Di bawahnya terdapat lapis pondasi, yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan.

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 yang 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:

- Lapis Aus (*Wearing Course*)

Lapis aus (*wearing course*), yaitu lapisan yang langsung meng-alami 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.

- 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 tanah 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. Lapis 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 peresapan, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
   - Lapisan 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.
   - Lapisan untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas.

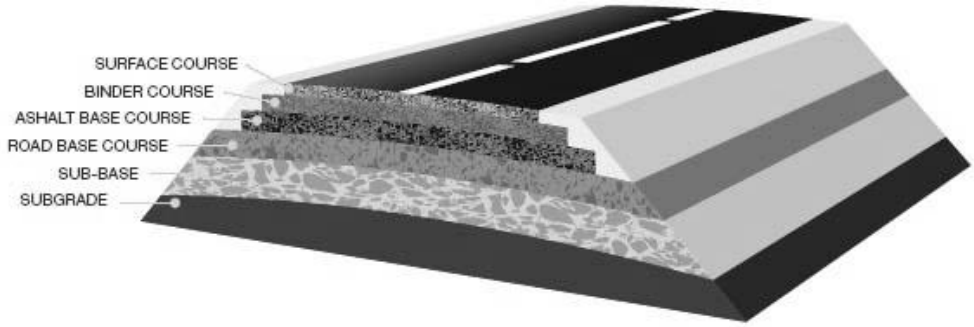
4. Lapisan tanah dasar (*Subgrade*)

   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 lalulintas ringan sampai dengan sedang, seperti jalan perkotaan, jalan dengan sistem utilitas terletak di bawah perkerasan jalan, pererasan bahu jalan, atau perkerasan dengan konstruksi bertahap.

Susunan untuk masing-masing lapisan pada perkerasan lentur dapat dilihat pada gambar 2.23.



Gambar 2.23 Susunan Lapisan Konstruksi Perkerasan Lentur

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. Sedang 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.

- Aspal

  Aspal merupakan senyawa hidrokarbon berwarna coklat gelap atau hitam pekat yang dibentuk dari unsur-unsur *asphathenes*, *resins*, dan *oils*. Aspal pada lapis perkerasan berfungsi sebagai bahan ikat antara agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan member-kan kekuatan masing-masing agregat. Selain sebagai bahan ikat, aspal juga berfungsi untuk mengisi rongga antara butir agragat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri.

  Pada temperatur ruang aspal bersifat *thermoplastis*, 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 peng-olahan. Aspal alam ada 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*.

2.4.4 Parameter - parameter Metode Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur tahun 2012 Kementerian Pekerjaan Umum

Adapun parameter - parameter yang ada dalam merencanakan tebal suatu perkerasan menggunakan metode Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur tahun 2012 Kementerian Pekerjaan Umum adalah sebagi berikut :

a. Repetisi beban lalu lintas

Dalam Metode Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur tahun 2012 Kementerian Pekerjaan Umum ini sama seperti pada metode PT T-01-2002-B beban lalu lintas yang dipakai mengacu pada metode AASTHO 1993 yaitu dinyatakan dalam repetisi lintasan sumbu standar selama umur rencana (W_{18}).

$W_{18} = \Sigma LHRi \times Ei \times D_A \times D_L \times 365 \times N$ .....(2.44)

$W_{18} = 365 \times D_L \times W_{18}$ .....(2.45)

$W_{18} = \sum_i^n BSiLEFi$ .....(2.46)

Keterangan :

W_{18} = repitisi beban lalu lintas selama umur rencana (iss/umur rencana/lajur rencana)

LHR = lalu lintas harian rata – rata (kendaraan/hari/2arah)

W_{18} = akumulasi beban sumbu standar kumulatif per hari

LEF = angka ekivalen kenis kendaraan i

D_A = faktor distribusi arah, digunakan untuk menunjukan distribusi ke masing – masing arah

D_L = faktor distribusi lajur, digunakan untuk menunjukan distribusi kendaraan ke lajur rencana

365 = jumlah hari dalam satu tahun

N = faktor umur rencana

b. Umur rencana

Umur rencana yaitu angka yang dipergunakan untuk menghitung repetisi lalu lintas selama umur rencana dari awal umur rencana.

$$N = \frac{[(1+g)^{UR}-1]}{g} \qquad \text{.....(2.47)}$$

Dimana :

UR = umur rencana

g = pertumbuhan lalu lintas per tahun (%tahun)

c. Koefisien distribusi kendaraan per lajur rencana

Faktor distribusi lajur ditentukan jumlah lajur dan lajur rencana. Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, jumlah lajur ditentukan dari lebar perkerasan sesuai tabel 2.21

Tabel 2.21 Jumlah Lajur

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur
L < 4,50 m	1
4,50 m ≤ L ≤ 8,00 m	2
8,00 m ≤ L ≤ 11,25 m	3
11,25 m≤ L ≤ 15,00 m	4
15,00 m ≤ L ≤ 18,75 m	5
18,75 m ≤ L ≤ 22,50 m	6

(Sumber : Kementrian pekerjaan Umum,2012)

Dan faktor distribusi lajur dapat ditentukan dari tabel 2.22

Tabel 2.22 Faktor Distribusi Lajur (D_D)

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan		Kendaraan Berat	
	1 Arah	2 Arah	1 Arah	2 Arah
1	1,000	1,000	1,000	0,1000
2	0,600	0,500	0,700	0,500
3	0,400	0,400	0,500	0,475
4	0,300	0,300	0,400	0,450
5	-	0,200	-	0,425
6	-	0,100	-	0,400

(sumber: Kementrian Pekerjaan Umum,2012)

d. Faktor distribusi arah (D_A)

Digunakan untuk menunjukan distribusi ke masing- masing arah. Jika data lalu lintas yang digunakan adalah satu arah, maka $D_A = 1$. Jika volume lalu lintas yang tersedia dalam dua arah, D_A berkisar antara 0,3 - 0,7. Untuk perencanaan umumnya D_A diambil sama dengan 0,5.

e. Beban sumbu dan konfigurasi beban sumbu

Lalu lintas yang digunakan untuk perancangan tebal perkerasan lentur dalam pedoman ini adalah lalu lintas kumulatif selama umur rencana. Besaran ini didapatkan dengan mengalikan beban sumbu standar kumulatif pada lajur rencana selama setahun (W_{18}) dengan besaran kenaikan lalu lintas (*traffic growth*). Secara numeric rumusan lalu lintas kumulatif ini adalah sebagai barikut :

$$W_t = W_{18} = W_{18} = \frac{[(1+g)^{UR}-1]}{g} \quad \text{.....(2.48)}$$

Keterangan :

$W_t = W_{18}$ = jumlah beban sumbu tunggal standar kumulatif pada lajur rencana

f. Faktor ekivalen beban sumbu kendaraan (LEF)

Faktor ekivalen beban sumbu kendaraan (*Load Equivalency Factor,* LEF) setiap kelas kendaraan adalah sesuai dengan beban sumbu setiap kelas kendaraan, yaitu konfigurasi sumbu tunggal, sumbu ganda (tandem), dan subu tiga (*triple*).

g. *Structural Number* (SN)

SN adalah angka yang menunjukkan jumlah tebal lapis perkerasan yang telah disetarakan kemampuannya sebagai bagian kinerja jalan. SN digunakan untuk menentukan tabal lapis perkerasan jalan yang dapat ditentukan dengan nomogram yang dikeluarkan AASTHO 1993 atau dapat dicari dengan rumus :

$$\text{Log } (w_{18}) = Z_R * S_0 + 9{,}36 \times \log (SN+1) - 0{,}20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta IP}{IP_o - IP_t}\right)}{0{,}40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5{,}19}}} + 2{,}32 \times \log_{10}(M_R) - 8{,}07 \quad \text{.....(2.49)}$$

Keterangan :

W_{18} = repitisi beban lalu lintas selama umur rencana

Z_R = simpangan baku normal

S_o = deviasi standar keseluruhan, bernilai antara 0,4 – 0,5

SN = *structural number* , angka struktural relatife perkerasan (inci)

ΔPSI = perbedaan *serviceability index* di awal dan akhir umur rencana

IP_f = indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,5)

M_R = modulus resilient tanah dasar (psi)

SN asumsi digunakan untuk menentukan angka ekivalen (E), dan jika SN yang telah dicari dengan rumus 2.39 atau dengan nomorgram tidak sama dengan SN yang dicari dengan rumus 2.40, maka penentuan angka ekivalen harus diulang kembali dengan menggunakan SN baru.

$$SN = a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3 \quad \text{.....(2.50)}$$

Keterangan :

SN = *Structural Number* , angka struktural relatif perkerasan (inci)

a_1 = koefisien kekuatan relatif lapis permukaan

a_2 = koefisien kekuatan relatif lapis pondasi

a_3 = koefisien kekuatan relatif lapis pondasi bawah

D_1 = tebal lapis permukaan (inci)

D_2 = tebal lapis pondasi (inci)

D_3 = tebal lapis pondasi bawah (inci)

$M_{2,3}$ = koefisien drainase untuk lapis pondasi dan pondasi bawah

h. Indeks Permukaan (*Serviceability index*)

Digunakan untuk menyatakan kinerja struktur perkerasan jalan dalam menerima beban untuk melayani arus lalu lintas selama umur rencana dan kondisi kinerja di akhir umur rencana. Dalam menentukan indeks permukaan (IP) pada awal umur rencana (IP_o) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan perkerasan pada awal umur rencana sesuai dengan tabel 2.23

Tabel 2.23 Indeks Permukaan (IP_o)

Jenis Lapis Perkerasan	IPo	*Roughness* (mm/km)
LASTON	≥ 4	≤ 1,0
	3,9 - 3,5	> 1,0
LASBUTAG	3,9 - 3,5	≤ 2,0
	3,4 - 3,0	> 2,0
LAPEN	3,4 - 3,0	≤ 3,0
	2,9 – 2,5	> 3,0

(Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah,2002)

Dan dalam menentukan indeks permukaan (IP) pada akhir umur rencana (IP_t) perlu diperhatikan kinerja struktur perkerasan di akhir umur rencana. Nilai IP_t dapat dilihat pada tabel 2.24

Tabel 2.24 Indeks Permukaan (IP_t)

Klasifikasi Jalan			
Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
1,0 – 1,5	1,5	1,5 – 2,0	-
1,5	1,5 – 2,0	2,0	-
1,5 – 2,0	2,0	2,0 – 2,5	-
-	2,0 – 2,5	2,5	2,5

(sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah,2002)

i. Reliabilitas (R)

Reliabilitas adalah tingkat kepastian bahwa struktur perkerasan mampu melayani arus lalu lintas selama umur rencana sesuai dengan proses penurunan kinerja struktur perkerasan yang dinyatakan dengan *serviceability* yang direncanakan. Kemungkinan bahwa jenis kerusakan tertentu atau kombinasi jenis kerusakan pada struktur perkerasan akan tetap lebih rendah atau dalam rentang yang diizinkan selama umur rencana. Reliabilitas digunakan untuk mangalikan repetisi beban lalu lintas yang diperkirakan selama umur rencana dengan faktor reliabilitas (F_R) ≤ 1. Efek adanya faktor reliabilitas dalam perencanaan adalah meningkatkan ESAL yang digunakan untuk merencanakan tebal perkerasan jalan.

$$F_R = 10^{-Zr\,(So)} \qquad \text{.....(2.51)}$$

Keterangan :

F_R = faktor reliabilitas

So = deviasi standar keseluruhan dari distribusi normal antara 0,35 – 0,45

Z_R = Z – statistik (sehubungan dengan lengkung normal)

Untuk menentukan nilai reliabilitas (R) dapat kita ambil dari tabel 2.25

Tabel 2.25 Nilai Reliabilitas (R) sesuai Fungsi Jalan

Fungsi Jalan	Rekomendasi	
	Urban	Rudal
Bebas Hambatan	85 – 99,9	80 – 99,9
Arteri	80 – 99	75 – 95
Kolektor	80 – 95	75 – 95
Lokal	50 – 80	50 – 80

(sumber : Sukirman,2010)

Hubungan nilai reliabilitas (R), So, dan Zr dapat dilihat dari tabel 2.26 Dari tabel ini nilai V_R dapat langsung diketahui

Tabel 2.26 Nilai Reliabilitas,Z_R dan So

Reliabilitas (%)	Standard Normal Deviate (Z_R)
50	0,00
60	- 0,25
70	- 0,52
75	- 0,67
80	- 0,84
85	- 1,04
90	- 1,28
91	- 1,34
92	- 1,41
93	- 1,48
94	- 1,56
95	- 1,65
96	- 1,75
97	- 1,88
98	- 2,05
99	- 2,33

99,9	- 3,09
100	- 3,75

(Sumber :Kementrian Pekerjaan Umum,2012)

j. Modulus *Resilient*

adalah perbandingan antara nilai *deviator stress*, yang menggambarkan repetisi beban roda dan *recobate strain*. Setelah nilai CBR telah dihitung maka nilai M_R , dapat dihitung

$M_R = 1500 \text{ X CBR}$ .....(2.52)

Keterangan :

M_R = modulus *resilient* (psi)

CBR = Nilai CBR_{segmen} (%)

k. Koefisien drainase

Koefisien drainase adalah faktor yang digunakan untuk memodifikasi koefisien kekuatan relatif sebagai fungsi yang menyatakan seberapa baiknya struktur perkerasan dapat mengatasi pengaruh negatif masuknya air ke dalam struktur perkerasan. Untuk perencanaan tebal perkerasan jalan, kualitas drainase ditentukan berdasarkan kemampuan menghilangkan air dari struktur perkerasan.

Tabel 2.27 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 : Sukirman, 2010)

Pengaruh kualitas drainase dalam proses perencanaan tebal lapisan perkerasan dinyatakan dengan menggunakan koefisien drainase (m).

Tabel 2.28 Koefisien Drainase

Kualitas Drainase	Persen pada saat 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	1,40 – 1,36	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Sedang	1,40 – 1,37	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Jelek	1,40 – 1,38	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Jelek Sekali	1,40 – 1,39	0,90 – 0,75	0,75 – 0,40	0,40

(Sumber : Sukirman,2010)

l. Koefisien kekuatan relatif

Koefisien kekuatan relatif adalah angka penyetaraan berbagai jenis lapiperkerasan yang dipengaruhi oleh mutu dari jenis lapisan yang dipilih. Koefisien kekuatan relatif lapis permukaan ditentukan dengan menggunakan tabel 2.29 berdasarkan nilai modulus elastisitas, E_{AC} (psi) beton aspal.

Tabel 2.29 Koefisien kekuatan relatif bahan (a)

Jenis Bahan	Kekuatan Bahan						Koefisien Kekuatan Relatif		
	Modulus Elastis		Stabilitas Marshall (kg)	Kuat Tekan (kg/cm^2	ITS (KPa)	CBR (%)	a_1	a_2	a_3
	(Mpa)	(x1000 psi)							
1. Lapisan Permukaan Laston Modifikasi[1]									
- Lapis aus Modif. 1	3.200(5)	460	1000				0,414		
- Lapis antara Modif. 1	3.500(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 lastaston	2.400(5)	350	800						

- Lapis pondasi LAPEN								0,190	
- CMRFB (Cold Mix Recycling Foam Bitumen)					300			0,270	
- Beton padat giling (BPG/RCC)	5.900	850		70[3]				0,230	
- CTB	5.350	776		45				0,210	
- CTRB (Cement Treated Recycling Base)	4.450	645		35				0,170	
- CTRSB (Cement Treated Recycling Subbase)	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	
3. 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 (Selected Material)	84	12				10			0,080

Keterangan :

1) Campuran beraspal panas yang menggunakan bahan pengikat aspal modifikasi (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 inci
3) Kuat tekan beton untuk umur 28 hari
4) Kuat tekan beton umur 7 hari dari diameter 7 cm
5) Pengujian modulus elastic menggunakan alat UMATTA pada temperatur 25^{o}C beban 2500 N dan *rise time* 60 ms serta pembuatan benda uji dikondisikan sesuai AASHTO Designation : R 30 – 02 (2006)

m. Tebal minimum setiap lapisan

Pada saat menentukan tebal lapis perkerasan, perlu dipertimbangkan koefektifannya dari segi biaya, pelaksanan konstruksi, dan batasan pemeliharaan untuk menghindari kemungkinan dihasilkannya perancangan yang tidak praktis. Pada tabel 2.30 disajikan tebal minimum untuk lapis permukaan, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah.

Tabel 2.30 Tebal Minimum Lapisan Perkerasan

Jenis Bahan	Tebal Minimum	
	(inci)	(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
- CMRFB (Cold Mix Recycling Foam Bitumen)	6,0	15,0
- Beton padat giling (BPG/RCC)	6,0	15,0
- CTB (Cement Treated Base)	6,0	15,0
- CTRB (Cement Treated Recycling Base)	6,0	15,0
- CTSB (Cement Treated Subbase)	6,0	15,0
- CTRSB (Cement Treated Recycling Subbase)	6,0	15,0
- Tanah semen	6,0	15,0
- Tanah kapur	6,0	15,0
- Agregat kelas A	4,0	10,0
3. 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

(sumber :Kementrian Pekerjaan Umum,2012)

Untuk menentukan tebal minimum masing – masing perkerasan digunakan rumus 2.53 sampai dengan 2.56

$D_1^{**} \geq SN_1 / a_1$ .....(2.53)

$D^*_1 = D_1 \times a_1 \geq SN_1$ .....(2.54)

$SN_2^* \geq D_2^* \times a_2$ .....(2.55)

$$D^*3 \geq \frac{SN_3 - (SN^*1 + SN^*2)}{a_3 \, m_3}$$ .....(2.56)

1.4.5 Bangunan Pelengkap

Untuk memenuhi persyaratan kelancaran lalulintas dan menghindari kerusakan akibat air yang berdampak pada kenyamanan pemakai jalan, diperlukan adanya bangunan pelengkap jalan. Bangunan-bangunan tersebut antara lain:

1. *Drainase*

   Drainase digunakan sebagai bangunan pelengkap jalan untuk mengalirkan air pada permukaan jalan secepat mungkin agar lalu lintas tetap lancar. Ada dua jenis drainase yaitu:

   a. *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:

      - 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.

      - Saluran pembuang

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

      - Saluran penangkap

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

      - Gorong-gorong

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

b. 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.

2. Jembatan

Jembatan merupakan bangunan yang dibuat untuk memenuhi persyaratan kelancaran lalulintas perhubungan dan kegunaannya adalah sebagai penyambung badan jalan yang terputus karena adanya aliran sungai yang melintasi badan jalan tersebut.

1.5 Pengelolaan 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.

Pengelolaaan 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 kostruksi, estimasi biaya adalah istilah yang sering digunakan untuk menggambarkan perkiraan biaya yang akan digunakan untuk merealesasikan 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 diminimalisir.

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) yang akan diajukan ke pemilik proyek untuk memenangkan tender. Sedangkan bagi pemilik proyek pengetahuan tersebut dapat digunakan untuk mempertimbangkan kelayakan dan kerealistisan Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang diajukan oleh masing-masing kontraktor.

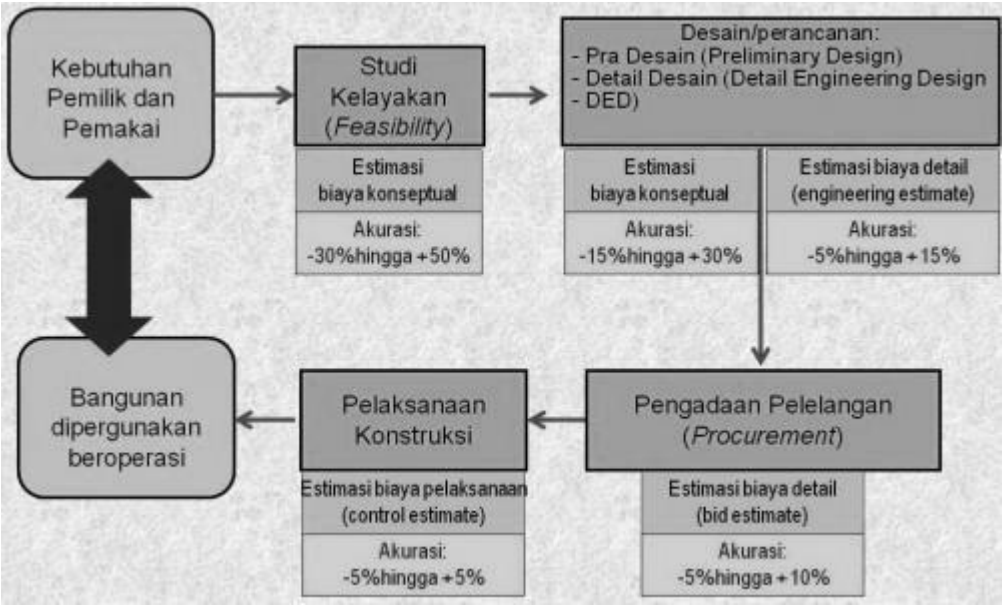
Estimasi biaya dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk menentukan validitas suatu Rencana Anggaran Biaya (RAB). Apabila suatu RAB memiliki nilai yang jauh lebih besar daripada estimasi biaya maka hampir dapat dipastikan bahwa kontraktor telah melakukan *mark up* (pembengkakan) biaya proyek. Sedangkan 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 kerekayasaan konstruksi, rekayasa manajemen konstruksi, sebagai-mana dalam definisi yang dikemukakan oleh AACE (*The American Association of Cost Engineer*) yang mengatakan bahwa: "*Cost Engneering* adalah area dari kegiatan *engineering* di mana pengalaman dan pertimbangan *engineering* dipakai pada aplikasi-aplikasi prisnsip-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 atau 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 kompentesi pada saat proses penawaran.



Gambar 2.24 Tahapan Proyek Konstruksi

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 pembuat estimasi tersebut.

1. Estimasi yang dibuat oleh Pemilik, yang lebih pada umumnya disebut *Owner Estimate* (OE) digunakan oleh pemilik sebagai patokan biaya untuk menentukan kelanjutan investasi, patokan/pembanding dengan harga penawar-

an, 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 *Engineer 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 yang akan digunakan oleh kontraktor untuk 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 yang 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 (produktivitas perorang ataupun pergroup tenaga kerja), jam kerja peralatan, dll.

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 di dasarkan pada cara memperkirakan biaya suatu konstruksi, yaitu:

1. Estimasi kelayakan adalah sebagaimana tujuan dari tahap studi kelayakan adalah untuk menentukan apakah bangunan tersebut layak dibangun, maka memperkirakan biaya konstruksinya berdasarkan pengalaman/membandingkan dengan bangunan yang identik, dapat termasuk di dalamnya adalah biaya pembebasan tanah, namun untuk biaya bangunan dapat digunakan dengan cara estimasi konseptual.
2. Estimasi Konseptual adalah memperkirakan biaya suatu bangunan berdasarkan satuan volume bangunan, atau faktor yang lain, dengan patokan harga yang didasarkan pada bangunan yang identik. Pada estimasi konseptual telah tersedia gambar lengkap ataupun belum lengkap. Beberapa metode estimasi konseptual sebagai berikut:
   a. Metode Satuan luas (m^2), metoda ini mengandalkan data dari proyek sejenis yang pernah dibangun. Metoda ini bersifat garis besar dan ketelitiannya rendah.
   b. Metode Satuan isi (m^3) dapat dipakai pada bangunan dimana volume sangat dipentingkan. Metoda ini hanya dapat diandalkan untuk fase awal perencanaan dan perancangan untuk bangunan yang kurang lebih identik.
   c. Metode Harga Satuan Fungsional, yang menggunakan fungsi dari fasilitas sebagai dasar penetapan biaya.
   d. Metode Faktorial, dapat digunakan pada proyek bertipe sama. Metoda ini berguna untuk proyek-proyek yang mempunyai komponen utama sama. Biaya komponen utama ini akan berfungsi sebagai faktor dasar 1.00. Semua komponen yang lain harganya merupakan fungsi dari komponen utama.
   e. Metode Sistematis (*Elemental Estimates* atau *Parametric Estimates*), di mana proyek dibagi atas sistem fungsionalnya. Harga satuan ditentukan oleh penjumlahan tiap harga satuan elemen dalam setiap sistem atau mengalikan dengan data faktor pengali yang ada.

2.5.1 Menghitung 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 upah ini juga 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.

2.5.2 Menghitung analisa satuan harga pekerjaan

Yang dimaksud dengan analisa satuan harga adalah perhitungan-perhitung-an 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:

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

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

   a. Biaya *Over head*

      Biaya *Over head* adalah biaya tambahan yang harus dikeluarkan dalam pelaksanaan kegiatan atau pekerjaan namun tidak berhubungan

langsung dengan biaya bahan, peralatan dan tenaga kerja. Contoh: Ketika bagian logistik memesan semen dilakukan dengan menggunakan telepon genggam (HP). Biaya pulsa telepon tersebut tidak dapat ditambahkan pada harga semen yang dipesan. Contoh lain biaya operasional kantor proyek di lapangan (*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 dialokasi-kan untuk pekerjaan tambahan yang mungkin terjadi (meskipun belum pasti terjadi). Contoh: Untuk pekerjaan pondasi beton diperlukan pemompaan lubang galian yang sebelumnya tidak diduga 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 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.

2.5.3 Menghitung volume pekerjaan

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

2.5.4 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 perkerjaan 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 karena 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 misalanya 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 disetiap komponen pekerjaan. Jumlah material didasarkan dari volume pekerjaan, sehingga kesalahan per-hitungan 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 estiamsi 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. Sesorang akan terbantu dengan adanya RAB dimana akan menjadi dasar dan pelaksanaan pekerjaan baik saat pembelian material dan pemilihan kontraktor dan bialamana ada perubahan jenis material saat pekerjaan sedang berlangsung. Kesulitan kesulitan pembiayaan juga dapat terbantu dan disederhanakan jika kita mempunyai detail RAB. Berikut adalah beberapa catatan yang dapat membantu anda untuk mengerti apa pentingnya Rencana Anggaran Biaya tersebut:

1. Saat pelaksanaan pembangunan sedang berlangsung, tanpa disadari 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 prosentrase 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 didaptkan jumlah aktual material yang diperlukan. Bedasarkan 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 mejaga 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 misalanya 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 kemulusan berlangsungnya pekerjaan. Semakin cepat rumah anda selesai dibangun maka anda akan semakin cepat dapat menempatinya.

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 perhitungan 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.

2.5.5 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.

2.5.6 Rencana kerja (*time schedule*)

Rencana kerja yaitu suatu pembagian waktu secara rinci yang disediakan untuk masing-masing bagian pekerjaan dari pekerjaan awal sampai pekerjaan akhir.

Manfaat dan kegunaan rencana kerja sebagai berikut:

1. Alat koordinasi bagi pemimpin
2. Pedoman kerja para pelaksana
3. Penilaian kemajuan pekerjaan
4. 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 kemudian, tidak memungkinkan adanya begian-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:

1. 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.

2. *Barchart*

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

Kelebihan *barchart* sebagai berikut:

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

Kekurangan *barchart* sebagai berikut:

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

3. *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 seklesai, 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:

a. *Critical Path Method* (CPM)
b. *Presedence Path Method* (PDM)
c. *Program Evaluation and Review Technique* (PERT)
d. *Graf Evaluation and Technique* (GERT)

Langkah-langkah dalam pembuatan NWP:

a. Tentukan jenis-jenis kegiatan yang ada
b. Urutkan jenis-jenis kegiatan tersebut
c. Tentukan kaitan jenis kegiatan yang mempunyai hubungan
d. Tentukan lamanya waktu penyelesaian setiap jenis kegiatan
e. Buat NWP/diagram jaringan kerjanya

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pembuatan NWP:

a. Dalam penggambaran NWP harus jelas dan mudah dibaca
b. Harus dimulai dari *event* atau kejadian dan diakhiri pada *event* atau kejadian
c. Kegiatan disimbolkan dengan anak panah yang lurus dan tidak boleh patah
d. Diantara dua kejadian hanya boleh ada satu anak panah
e. Penggunaan *dummy* digunakan seperlunya saja

Simbol-simbol yang digunakan dalam openggambaran NWP:

a. ⟶ (*Arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Ini adalah suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan *resources* tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah *nodes*, arah dari anak-anak panah menunjukan urutan-urutan waktu.
b. (*Node* atau *event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Ini adalah permulaan atau akhir dari suatu atau lebih kegiatan-kegiatan.

c. ⟹ *Double arrow*, anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasi kritis (*critical path*)

d. - - -► *Dummy*, bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan serum atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu. Aktifitas semu hanya boleh dipakai bila tidak ada cara lain untuk menggambarkan hubungan-hubungan aktifitas yang ada dalam suatu *network*.