

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Dasar Perencanaan Geometrik

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan yang dititik beratkan pada perencanaan bentuk fisik, sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yang memberikan pelayanan yang optimal pada arus lalu lintas. Secara umum perencanaan geometrik terdiri dari aspek-aspek perencanaan *trase* jalan, badan jalan, bahu jalan, tikungan, drainase, kelandaian jalan serta galian dan timbunan.

2.1.1 Alinyemen Horizontal

Alinyemen Horizontal direncanakan dengan mempertimbangkan hal-hal berikut :

- Memenuhi semua atau standar perencanaan yang ada yaitu PPGJR NO.13/1970 atau Direktorat Jendral Bina Marga.
- Menghindari sedapat mungkin pekerjaan tanah (galian dan timbunan) yang besar sejauh masih memenuhi ketentuan yang ada.

2.1.1.1 Klasifikasi Kelas Jalan

Untuk menentukan kelas jalan maka sangat berkaitan dengan jumlah Volume lalulintas harian rata-rata (VLHR) sesuai dengan hasil survey yang diadakan dilapangan, Volume lalulintas harian rata-rata (VLHR) adalah perkiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas dinyatakan dalam smp/hari.

a. Satuan mobil penumpang (smp)

Satuan mobil penumpang adalah angka satuan kendaraan dalam hal kapasitas jalan, dari berbagai tipe kendaraan telah di ubah menjadi kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan ekivalen mobil penumpang.

b. Ekuivalensi mobil penumpang (emp)

Faktor konversi sebagai jenis kendaraan dibandingkan dengan mobil penumpang atau kendaraan lainnya sehubungan dengan dampaknya pada perilaku lalu lintas (emp mobil penumpang = 1,0).

Tabel 2.5 Ekuivalensi Mobil Penumpang (emp)

No.	Jenis Kendaraan	Datar/ Bukit	Gunung
1.	Sedan, Jeep Station wagon	1,0	1,0
2.	Pick up, Bus kecil, Truck kecil	1,2 – 2,4	1,9 – 3,5
3.	Bus dan Truck besar	1,2 – 5,0	2,2 – 6,0

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

Dalam penentuan kelas jalan sangat diperlukan adanya data Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR), baik itu merupakan data jalan sebelumnya bila jalan yang direncanakan tersebut merupakan peningkatan atau merupakan data yang didapat dari jalan sekitar bila jalan yang akan dibuat adalah jalan baru.

Adapun klasifikasi tersebut adalah sebagai berikut :

1. Klasifikasi jalan menurut fungsi

- Jalan Arteri

Adalah jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.

- Jalan Kolektor

Adalah jalan yang melayani angkutan pengumpul/ pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

- Jalan Lokal

Merupakan jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

2. Klasifikasi menurut kelas jalan

Tabel 2.1 Klasifikasi Kelas Jalan

Klasifikasi Fungsi	Kelas	LHR Dalam SMP
Utama	I	>20.000
Sekunder	II A	6.000 – 20.000
	II B	1.500 – 8.000
	II C	<2000
Penumpang	III	-

Sumber : (PPGJR; 1970; 4)

3. Klasifikasi jalan menurut tipe medan

- Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian kemiringan yang diukur tegak lurus horizontal.
- Keseragaman kondisi yang diproyeksikan harus mempertimbangkan keseragaman kondisi medan menurut rencana *trase* jalan dengan mengabaikan perubahan-perubahan pada bagian kecil dari segmen rencana jalan tersebut.

-

Tabel 2.2 Klasifikasi Golongan Medan

Golongan Medan	Lereng Melintang
Datar (D)	0 – 9.9%
Perbukitan (B)	10.0 – 24.9%
Pegunungan (G)	>25.0%

Sumber : (PPGJR; 1970; 6)

2.1.1.2 Penentuan *Trase* Jalan

Dalam penentuan *trase* jalan harus diterapkan 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 memperhatikan syarat-syarat sebagai berikut :

1. Syarat Ekonomis

Dalam perencanaan yang menyangkut syarat-syarat ekonomis yaitu:

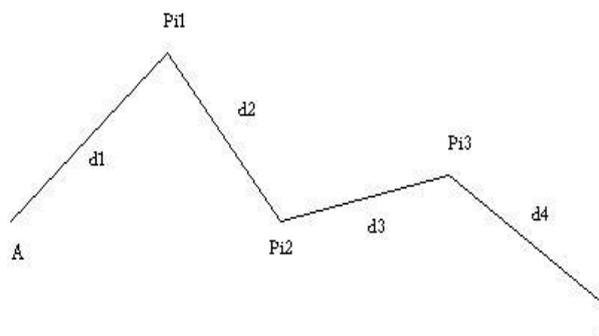
- a. Penentuan *trase* jalan yang tidak terlalu banyak memotong kontur, sehingga dapat menghemat biaya dalam pelaksanaan pekerjaan galian dan timbunan nantinya.
- b. Penyediaan material dan tenaga kerja yang tidak terlalu jauh dari lokasi proyek sehingga dapat menekan biaya pemindahan material tersebut.

2. Syarat Teknis

Tujuan dari syarat teknis ini adalah untuk mendapatkan jalan yang memberikan rasa keamanan (keselamatan) 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 tersebut.

2.1.1.3 Penentuan Koordinat Titik dan Jarak

Penentuan titik-titik penting yang diperoleh dari pemilihan rencana alinyemen horizontal.



Gambar 2.2 Koordinat dan Jarak

Titik penting yang perlu ditentukan koordinatnya adalah :

- Titik A sebagai titik awal proyek.
- Titik PI 1, PI 2, ..., PI n sebagai titik potong (*point of intersection*) dari dua bagian lurus rencana alinyemen horizontal.
- Titik B sebagai titik akhir proyek

Jarak yang harus dihitung setelah penentuan koordinat adalah:

d1 = jarak titik A – titik PI 1

d2 = jarak titik PI 1 – titik PI 2

d3 = jarak titik PI 2 – titik PI 3

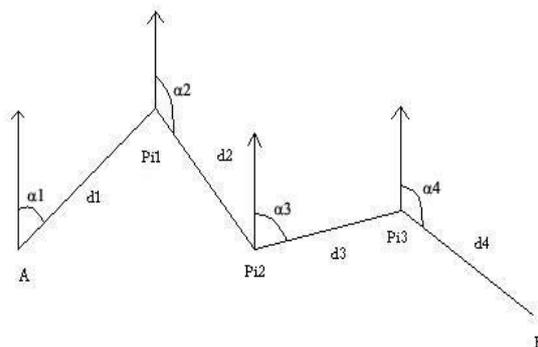
d4 = jarak titik PI 3 – titik B

Rumus yang dihitung menghitung jarak adalah :

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

2.1.1.4 Penentuan Sudut Jurusan (α) dan Tangen (Δ)

Sudut jurusan (α) ditentukan berdasarkan arah utara



Gambar 2.3 Sudut Jurusan (α)

$$\alpha 1 = \alpha (A - PI1)$$

$$\alpha 2 = \alpha (PI1 - PI2)$$

$$\alpha 3 = \alpha (PI2 - PI3)$$

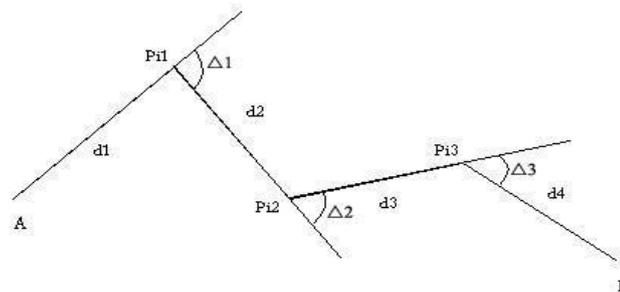
$$\alpha 4 = \alpha (PI3 - B)$$

Sudut jurusan (α) dihitung dengan rumus :

$$\alpha = 90 - \operatorname{arctg} \frac{y_b - y_a}{x_b - x_a}$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{y_b - y_a}{x_b - x_a}$$

Sudut Δ adalah sudut tangen



Gambar 2.4 Sudut Tangen (Δ)

$$\Delta 1 = (\alpha 2 - \alpha 1)$$

$$\Delta 2 = (\alpha 3 - \alpha 2)$$

$$\Delta 3 = (\alpha 4 - \alpha 3)$$

2.1.1.5 Bentuk-bentuk Tikungan

Bagian yang sangat kritis pada alinyemen horizontal adalah bagian tikungan, dimana terdapat gaya yang dapat melempar kendaraan-kendaraan yang disebut gaya sentrifugal. Gaya sentrifugal ini mendorong kendaraan secara radial keluar jalur.

Di Indonesia yang sesuai standar Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga, tikungan terbagi tiga jenis, yaitu :

a. Tikungan *Full Circle*

Jenis tikungan ini biasanya digunakan pada jalan yang tikungannya berjari-jari besar serta dengan sudut tangen yang relative kecil. Jenis tikungan *Full Circle* ini merupakan jenis yang paling ideal ditinjau dari segi keamanan dan kenyamanan pengendara dan kendaraannya, namun

apabila ditinjau dari penggunaan lahan dan biaya pembangunannya yang relative terbatas, jenis tikungan ini merupakan pilihan yang sangat mahal.

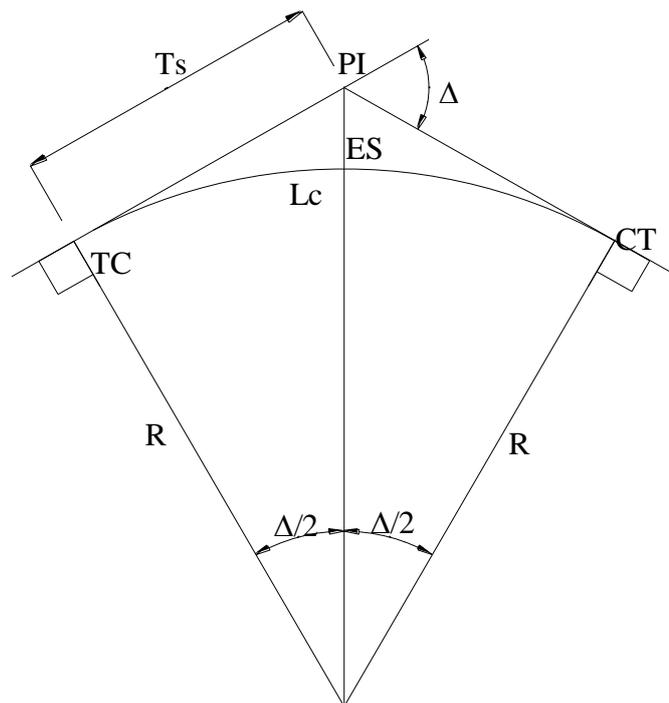
Adapun batasan yang dipakai di Indonesia dimana diperbolehkan bentuk *circle* adalah sebagai berikut.

Tabel 2.3 Jari-jari Lengkung Full Circle

Kecepatan Rencana (Km/jam)	Jari-jari Lengkungan (m)
120	2.000
100	1.500
80	1.100
60	700
50	440
40	300
30	180

Sumber : (PPGJR 1970; 16)

Untuk tikungan yang jari-jari lebih kecil dari harga diatas, maka bentuk tikungan yang dipakai adalah *spiral-circle-spiral*.



Gambar 2.5 Tikungan Full Circle

b. Tikungan *spiral-circle-spiral*.

Bentuk tikungan ini digunakan pada daerah-daerah perbukitan atau pegunungan, karena tikungan jenis ini memiliki lengkung peralihan yang memungkinkan perubahan menikung secara tidak mendadak dan tikungan tersebut menjadi aman.

Adapun jari-jari yang diambil untuk tikungan *spiral-circle-spiral* haruslah sesuai dengan kecepatan rencana dan tidak mengakibatkan adanya kemiringan tikungan yang melebihi harga maksimum yang telah ditentukan, yaitu:

- Kemiringan maksimum jalan antar kota = 0.10
- Kemiringan maksimum jalan dalam kota = 0.08

Jari-jari lengkung maksimum untuk setiap kecepatan rencana ditentukan berdasarkan :

- a. Kemiringan tikungan maksimum
- b. Koefisien gesekan melintang maksimum

Berdasarkan jari-jari minimum ditentukan berdasarkan rumus:

$$R_{\min} = \frac{v^2}{127(e_{\max} + f_m)}$$

Dimana : R = jari-jari lengkung minimum (m)

e = kemiringan tikungan (%)

f_m = koefisien gesek melintang maksimum

V = kecepatan rencana (Km/jam)

Rumus-rumus yang berlaku dalam perencanaan tikungan *spiral-circle-spiral* ini adalah :

$$T_s = (R+P) \tan \frac{1}{2} \Delta + K$$

$$E_s = \frac{(R+P)}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R$$

$$L = 2 \times L_s$$

$$L = \frac{\Delta}{360.2} \cdot \pi \cdot R$$

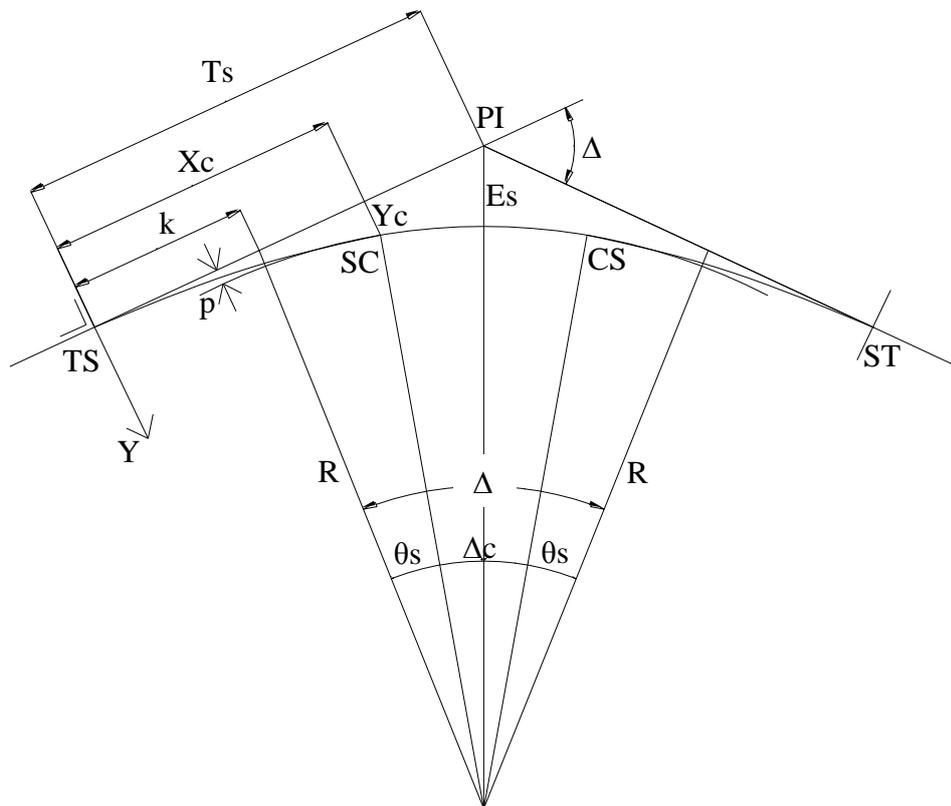
$$\Delta = \Delta - 2 \cdot \theta_s$$

Kontrol :

$L > 20\text{m}$

$L > 2 \cdot T_s$

Jika $L < 20\text{m}$, gunakan tikungan *Spiral-Spiral*



Gambar 2.6 Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

c. Tikungan Spiral-Spiral

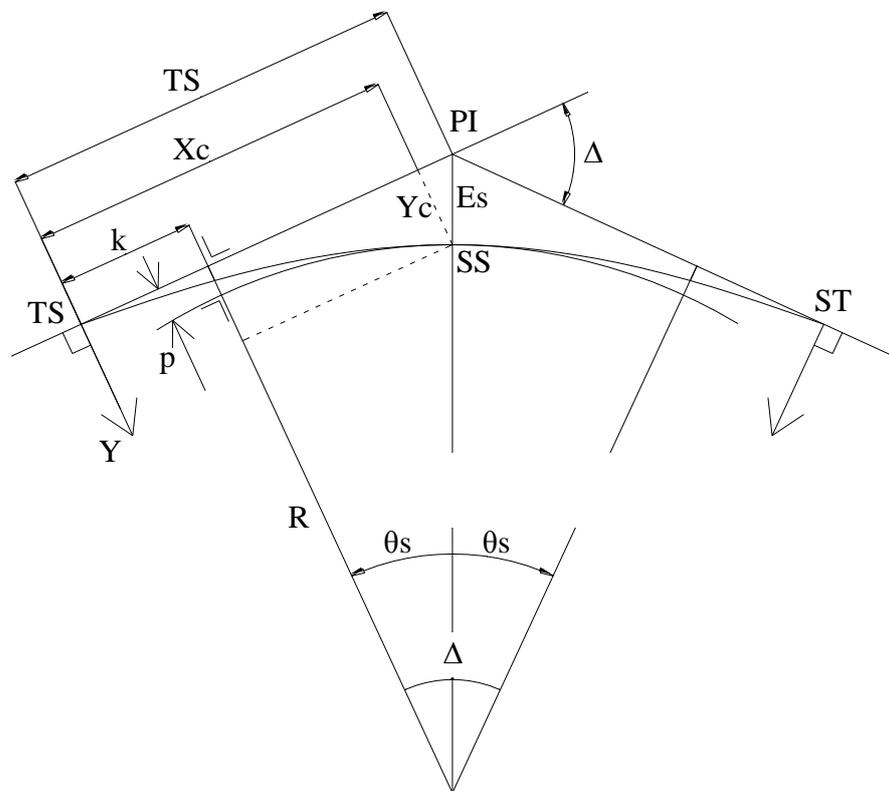
Bentuk tikungan ini digunakan pada keadaan yang sangat tajam. Adapun semua rumus dan aturannya sama seperti rumus *Spiral-Circle-Spiral*, yaitu :

$$L_s = \frac{\theta_s}{28.648} \cdot R$$

$$T_s = (R+P) \cdot \text{Tg.} \frac{1}{2} \Delta + K$$

$$E_s = \frac{(R+P)}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R$$

$$L = 2 \cdot L_s$$



Gambar 2.7 Tikungan Spiral-spiral

Dimana k* dan p* dapat dilihat pada tabel 2.10

Θ_s^0	p*	k*	Θ_s^0	p*	k*	Θ_s^0	p*	k*
0.5	0.000727	0.499998	14.0	0.020665	0.498880	27.5	0.042283	0.495940
1.0	0.001454	0.499994	14.5	0.021426	0.498915	28.0	0.043136	0.495783
1.5	0.002182	0.499988	15.0	0.022189	0.498838	28.5	0.043994	0.495622
2.0	0.002909	0.499979	15.5	0.022955	0.498758	29.0	0.044857	0.495458
2.5	0.003637	0.499968	16.0	0.023723	0.498675	29.5	0.045724	0.495290
3.0	0.004366	0.499954	16.5	0.024494	0.498589	30.0	0.046596	0.495119
3.5	0.005095	0.499937	17.0	0.025268	0.498500	30.5	0.047473	0.494944
4.0	0.005824	0.499918	17.5	0.026044	0.498409	31.0	0.048355	0.494766
4.5	0.006555	0.499897	18.0	0.026823	0.498314	31.5	0.049242	0.494584
5.0	0.007286	0.499872	18.5	0.027606	0.498217	32.0	0.050134	0.494398
5.5	0.008017	0.499846	19.0	0.028391	0.498117	32.5	0.051031	0.494209
6.0	0.009484	0.499816	19.5	0.029179	0.498013	33.0	0.051933	0.494016
6.5	0.010219	0.499784	20.0	0.029971	0.497907	33.3	0.052840	0.493819
7.0	0.010219	0.499750	20.5	0.030766	0.497798	34.0	0.053753	0.493618
7.5	0.010955	0.499713	21.0	0.031564	0.497686	34.5	0.054671	0.493414
8.0	0.011692	0.499735	21.5	0.032366	0.497570	35.0	0.055595	0.493205
8.5	0.012430	0.499312	22.0	0.033171	0.497452	35.5	0.056250	0.492993
9.0	0.013170	0.499586	22.5	0.033980	0.497331	36.0	0.057460	0.492776
9.5	0.013912	0.499538	23.0	0.034792	0.497206	36.5	0.058400	0.492556
10.0	0.014655	0.499488	23.5	0.035608	0.497078	37.0	0.059347	0.492332
10.5	0.015399	0.499435	24.0	0.036428	0.496947	37.5	0.060299	0.492103
11.0	0.016146	0.499380	24.5	0.037252	0.496813	38.0	0.061258	0.491871
11.5	0.016894	0.499321	25.0	0.038080	0.496676	38.5	0.062222	0.491634
12.0	0.017644	0.499260	25.5	0.038912	0.496536	39.0	0.063192	0.491393
12.5	0.018396	0.499197	26.0	0.039748	0.496392	39.5	0.064169	0.491148
13.0	0.019150	0.499131	26.5	0.040589	0.496245	40.0	0.065152	0.490898
13.5	0.019907	0.499061	27.0	0.041434	0.496094			

(Sumber: peraturan perencanaan geometrik jalan raya,1997)

2.1.1.6 Menentukan *Stationing*

Penomoran (*stationing*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah member nomor pada interval-interval tertentu dari awal sampai akhir proyek. Nomor jalan (STA) jalan dibutuhkan sebagai sarana informasi untuk dengan cepat mengenali lokasi yang sedang ditinjau dan sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan. 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 atau STA ini sama fungsinya dengan patok Km disepanjang jalan, namun juga terdapat perbedaannya yaitu :

- Patok Km merupakan petunjuk jarak yang diukur dari patok Km 0, yang umumnya terletak di Ibu kota Provinsi atau Kotamadya, sedangkan patok STA merupakan petunjuk yang diukur dari bawah sampai akhir proyek.
- Patok Km merupakan patok permanen yang dipasang dengan ukuran standar yang berlaku, sedangkan patok STA merupakan patok sementara selama masa pelaksanaan proyek jalan tersebut.

2.1.1.7 Superelevasi

Penggambaran superelevasi dilakukan untuk mengetahui kemiringan-kemiringan jalan pada bagian tertentu, yang berfungsi untuk mempermudah dalam pekerjaannya atau pelaksanaannya dilapangan.

a. Tikungan *Full Circle*

Dimana : d = lebar jalan
 s = kemiringan jalan

B = perubahan pelebaran jalan

E = normal

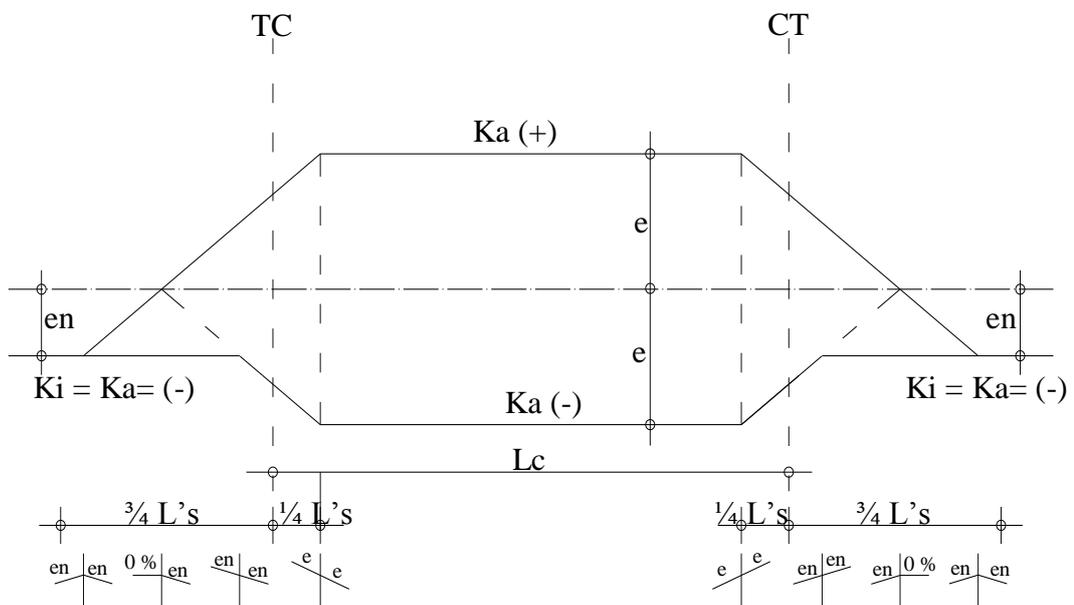
Harga e_{maks} dan e_n didapat dalam tabel berdasarkan harga L_s yang dipakai:

$$L_s' = B \cdot e_m \cdot M$$

Dimana : L_s' = Lengkung peralihan

e_m = Kemiringan lengkung melintang maksimum

$M = 1$ (landai relatif maksimum antara tepi perkerasan)



Gambar 2.8 Diagram Superelevasi Full Circle

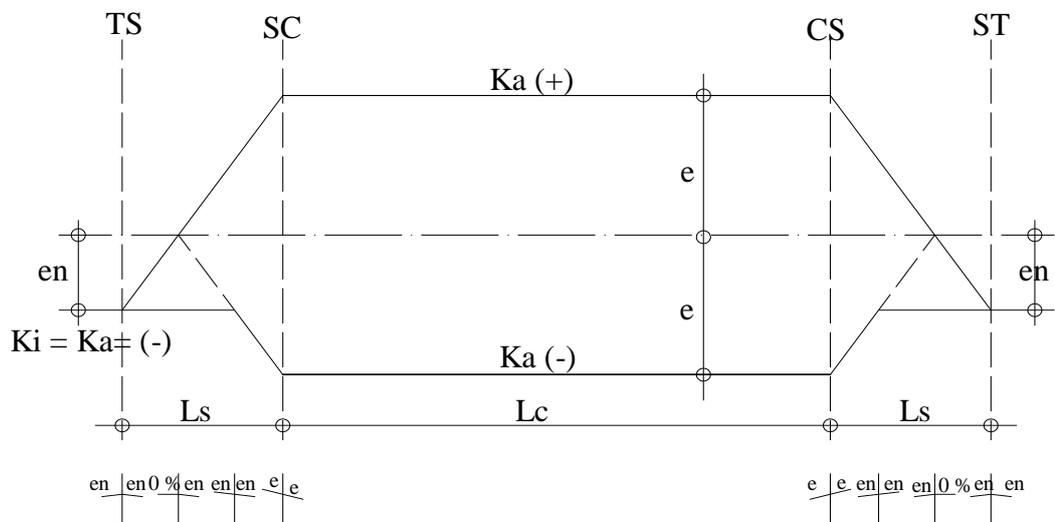
b. Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

$$s = \frac{e_{maks} + e_n}{2d}$$

Dimana : s = pencapaian kemiringan

$$d = \frac{e_n + b}{2s}$$

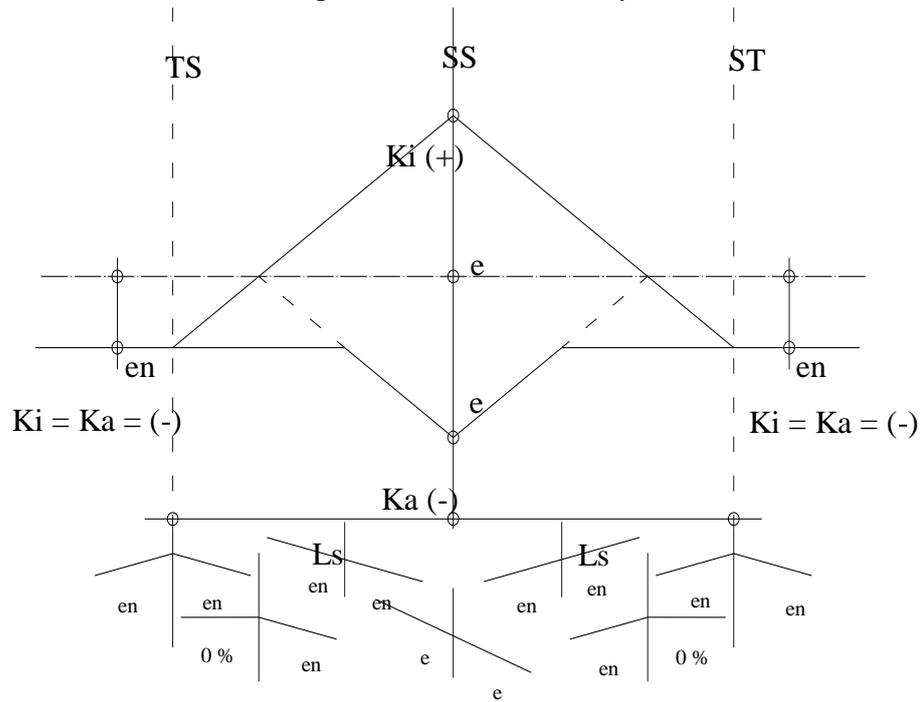
Harga e_{maks} dan e_n didapat dari tabel berdasarkan harga Ls yang dipakai.



Gambar 2.9 Diagram Superelevasi Spiral Circle Spiral

c. Tikungan *Spiral-Spiral*

Untuk tikungan ini, kemiringan yang timbul adalah sebesar e_n seperti terlihat pada diagram superelevasi gambar, yang dihitung berdasarkan rumus-rumus seperti terlihat dalam alinyemen horizontal.



Gambar 2.10 Gambar Diagram Superelevasi Spiral-Spiral

2.1.1.8 Jarak Pandang

Jarak pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi saat pengemudi pada saat mengemudi sedemikian sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan sesuatu untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman.

Kesempatan untuk dapat melihat ke depan bagi pengemudi kendaraan adalah faktor penting dalam suatu operasi di jalan agar tercapai kendaraan yang aman dan efisien. Oleh sebab itu perlu disiapkan suatu jarak pandang yang cukup panjang sehingga pengemudi dapat memilih kecepatan dari kendaraan dan tidak menabrak benda/ penghalang yang ada diatas jalan. Jarak

pandang ini diperlukan dalam perencanaan untuk tujuan keamanan yang semaksimal mungkin dari jalan tersebut. Demikian juga untuk jalan dua jalur yang memungkinkan pengemudi melintas diatas jalur berlawanan untuk mendahului kendaraan lain dengan aman. Adapun besar jarak pandangan yang diperlukan adalah sebagaimana tercantum dalam Tata Cara Perencanaan Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997. Adapun jarak-jarak pandang tersebut adalah :

a. Jarak pandang henti

Jarak pandang henti adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraanya dengan aman begitu melihat adanya halangan di depan.

Jarak pandang henti terdiri dari dua elemen jarak, yaitu:

- Jarak tanggap, yaitu jarak yang ditempuh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.
- Jarak pengereman, yaitu jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

Jarak pandang henti diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi penghalang 15 cm diukur dari permukaan jalan.

Tabel 2.4 Jarak Pandang Henti Minimum

V (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 No.038/T/BM/1997)

Rumus jarak pandang henti :

$$Jh = \frac{V_B}{3},6 \cdot T \cdot \left(\frac{V_B}{3},6\right)^2$$

Dimana :

T = Waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

- g = Percepatan gravitasi, ditetapkan 9,8 m/det²
 V_B = Kecepatan rencana (km/jam)
 F = Koefisien gesekan antara ban dan permukaan jalan (di Indonesia harga f antara 0,35 – 0,55)

b. Jarak pandang mendahului

Jarak Pandang mendahului adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan untuk melaksanakan gerakan mendahului kendaraan lain yang lebih lambat didepannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula.

Pengukuran jarak pandang diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi penghalang 105 cm. Umumnya saat kendaraan yang lebih cepat ingin mendahului kendaraan yang lebih lambat harus dilakukan dengan menggunakan jalur lalu lintas jalan lawan, bila ini dilakukan dengan aman tentu saja harus dapat melihat ke depan cukup jauh sehingga dapat menyelesaikan penyiapan tanpa memotong kendaraan yang disusul sebelum berhadapan dengan kendaraan lawan yang mungkin datang setelah ia melakukan penyusulan. Daerah mendahului harus disebar sepanjang jalan dengan jumlah panjang minimum 30% dari panjang total ruas jalan tersebut.

Tabel 2.5 Jarak Kendaraan Mendahului dengan Kendaraan Datang

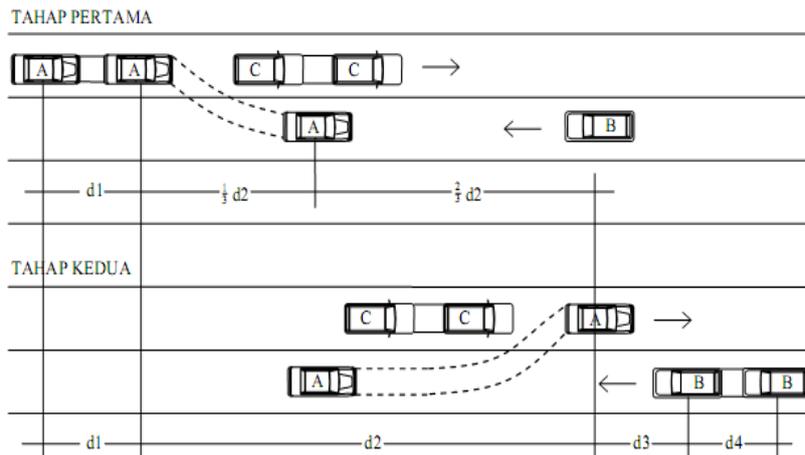
V (km/jam)	50–65	65–80	80–95	95 – 110
Jh minimum (m)	30	55	75	90

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

Tabel 2.6 Panjang jarak Pandang Mendahului berdasarkan Vr

V (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jd	800	675	550	350	250	200	150	100

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



Keterangan : A = Kendaraan yang mendahului
 B = Kendaraan yang berlawanan arah
 C = Kendaraan yang didahului kendaraan A

Gambar 2.11 Jarak Pandang Mendahului

Rumus mekanika jarak pandang mendahului (jd) :

$$d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

$$d_1 = 0,278 t \left(v - m + \frac{a \cdot t_1}{2} \right)$$

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

$$d_3 = 30 - 100 \text{ m (berdasarkan Buku Dasar-dasar Geometrik Jalan, penerbit NOVA)}$$

$$d_4 = \frac{2}{3} \cdot d_2$$

dimana :

d = Jarak pandang mendahului.

d₁ = Jarak yang ditempuh selama pengamatan.

d₂ = Jarak yang ditempuh selama penyiapan.

d₃ = Jarak antara kendaraan mendahului setelah gerakan mendahului selesai.

d₄ = Jarak yang ditempuh arah lawan.

t₁ = Waktu sadar (besarnya 2,12 + 0,026 V)

t₂ = Waktu kendaraan yang menyiap berada dijalur lawan (6,56 + 0,048 V)

- V = Kecepatan rata-rata kendaraan yang menyiap (km/jam)
- n = Perbedaan kecepatan antara kendaraan yang disiap dan kendaraan yang menyiap (10 – 15 Km/jam)
- a = Percepatan rata-rata dalam Km/jam/det (diambil 2,052 + 0,0036 V)

Dalam menentukan jarak pandang mendahului perlu diperhatikan beberapa asumsi yang diambil, yakni :

- a. Kendaraan yang disalip berjalan dengan kecepatan tetap.
 - b. Sebelum kendaraan yang mendahului berada di jalur lawan, ia telah mengurangi kecepatannya selama mengikuti kendaraan yang akan disalip.
 - c. Bila saat mendahului tiba, pengemudi memerlukan waktu berpikir mengenai amannya daerah penyiapan.
 - d. Mendahului dilakukan dengan “start terlambat” dan bersegera untuk kembali ke jalur semula dengan kecepatan rata-rata 10 mph lebih tinggi dari kendaraan yang disiap.
 - e. Pada waktu kendaraan yang telah mendahului telah kembali ke jalur asal, masih ada jarak dengan kendaraan lawan.
- c. Ketentuan untuk mengukur jarak pandangan
 Jarak pandang diukur dari mata pengemudi ke puncak penghalang. Untuk jarak pandang henti, ketinggian mata pengemudi adalah 125 cm dan ketinggian penghalang adalah 10 cm, sedang untuk jarak pandang mendahului ketinggian penghalang 125 cm.

2.1.2 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah bidang tegak yang melalui sumbu jalan atau proyeksi tegak lurus bidang gambar. Profil ini menggambarkan tinggi rendahnya jalan terhadap muka tanah asli, sehingga memberikan gambaran terhadap

kemampuan kendaraan dalam keadaan naik dan bermuatan penuh (untuk itu truk digunakan sebagai kendaraan standar).

Alinyemen vertikal sangat erat hubungan dengan besarnya biaya pembangunan, biaya penggunaan kendaraan serta jumlah lalu lintas. Kalau pada alinyemen horizontal merupakan bagian kritis adalah lengkung horizontal (bagian tikungan), maka pada alinyemen vertikal yang merupakan bagian kritis justru pada bagian lurus.

Kemampuan pendakian dari kendaraan truck dipengaruhi oleh panjang pendakian (panjang kritis landai) dan besarnya landai.

2.1.2.1 Faktor-faktor yang Harus Dipertimbangkan

Alinyemen vertikal direncanakan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

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

2.1.2.2 Landai Maksimum dan Panjang Maksimum Landai

Panjang kritis landaian adalah panjang yang masih dapat diterima tanpa mengakibatkan gangguan lalu lintas (panjang ini mengakibatkan pengurangan kecepatan maksimum sebesar 25 km/jam). Landaian maksimum hanya digunakan bila pertimbangan biaya sangat memaksa dan hanya untuk jarak yang pendek. Bila pertimbangan biaya memaksa, maka panjang kritis dapat dilampaui dengan syarat ada jalur khusus untuk kendaraan berat.

Tabel 2.7 Panjang kritis dan Panjang Maksimum Landai

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

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

2.1.2.3 Lengkung Vertikal

Pada setiap penggantian landai harus dibuat lengkung vertikal yang memenuhi keamanan, kenyamanan dan drainase yang baik. Adapun lengkung vertikal yang digunakan adalah lengkungan parabola sederhana seperti gambar. Lengkung vertikal diatas disebut lengkung vertikal cembung sehingga mempunyai tanda minus (-) didepan persamaan, adapun untuk lengkung vertikal cekung akan mempunyai tanda plus (+).

Maka persamaan umum dari lengkung vertikal sebagai berikut

$$Y^2 = \pm \left[\frac{g_2 - g_1}{2 \cdot L} \right] \cdot x^2$$

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

$$EV = \frac{A \cdot L}{800} \quad ;$$

$$\text{dimana: } A = (g_1 \pm g_2)$$

$$L = \text{panjang lengkung vertikal}$$

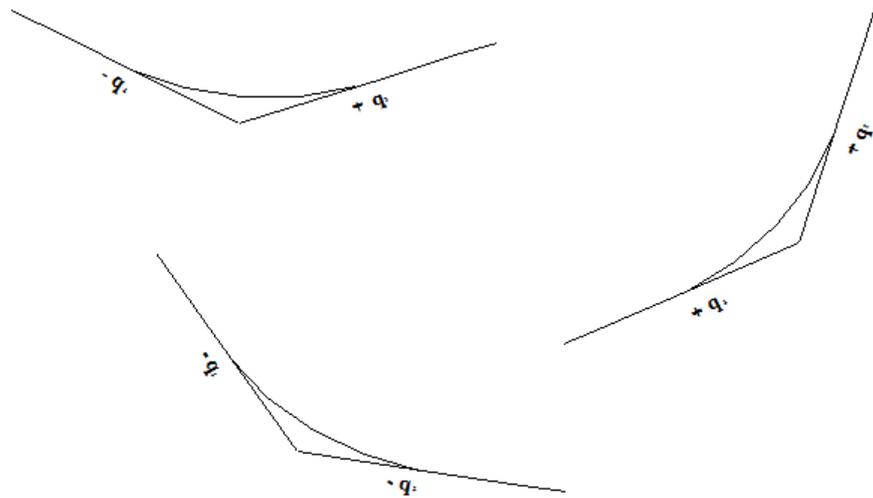
1. Lengkung Vertikal Cekung

Tidak ada dasar yang dapat digunakan untuk dapat menentukan panjang lengkung vertikal, namun ada empat kriteria sebagai pertimbangan yang dapat digunakan :

- Jarak sinar lampu dari kendaraan ; (tinggi lampu kendaraan = 60 cm)
- Kenyamanan pengemudi

Rumus umum mencari nilai L :

- $Jh < L$; $L = \frac{A \cdot jh^2}{120 + 3,5 Jh}$
- $Jh > L$; $L = 2 \cdot Jh - \frac{120 + 3,5 Jh}{A}$



Gambar 2.12 Gambar Vertikal Cekung

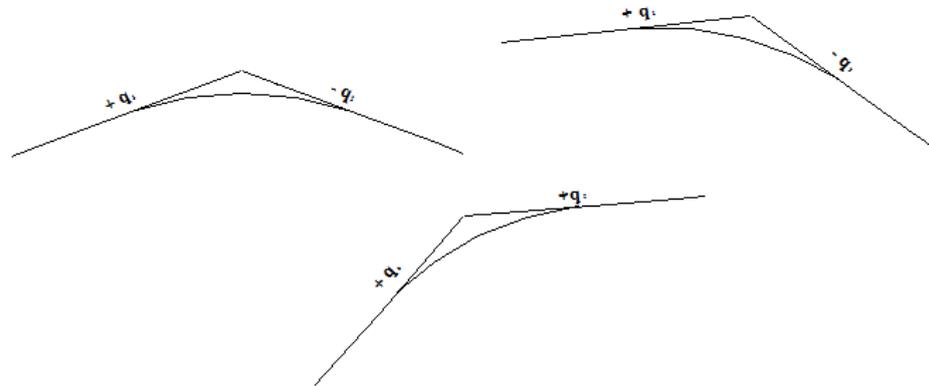
2. Lengkung Vertikal cembung

Analogi dengan penjelasan pada lengkung vertikal cembung hanya panjang lengkung cekung selalu ditentukan berdasarkan jarak pandangan waktu malam sebagaimana tercantum dalam gravik V “PPGJR”.

Catatan : Pada alinyemen vertikal tidak selalu dibuat lengkung dengan jarak pandang menyiap akan tetapi bergantung pada klasifikasi medan.

Rumus umum mencari nilai L ;

- $Jh < L$; $L = \frac{A \cdot jh^2}{399}$
- $Jh > L$; $L = 2 \cdot Jh - \frac{-399}{A}$



Gambar 2.13 Vertikal Cembung

2.2 Data Perencanaan

Dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya harus memiliki data perencanaan. Diantaranya data lalu lintas, data topografi, data tanah dan data penunjang lainnya. Data ini sangat diperlukan dalam merencanakan konstruksi jalan raya, karena memberikan gambaran yang sebenarnya dari kondisi suatu daerah dimana ruas jalan ini akan dibangun. Dengan adanya data, kita dapat menentukan geometik dan ketebalan perkerasan yang diperlukan dalam perencanaan jalan.

2.2.1 Data Lalu Lintas

Data arus lalu lintas merupakan informasi dasar bagi perencanaan dan desain suatu jalan, dapat mencakup suatu jaringan jalan atau hanya suatu daerah tertentu dengan batasan yang telah ditentukan. Data ini didapatkan dengan melakukan pendataan kendaraan yang melintas suatu ruas jalan, sehingga dari hasil pendataan ini kita dapat mengetahui volume lalu lintas yang melintasi jalan tersebut, 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 mengkonvensikan angka faktor ekivalensi (FE) setiap kendaraan yang melintasi jalan tersebut dengan jumlah kendaraan yang kita

peroleh dari hasil pendataan (kend/jam). Volume lalu lintas dalam smp ini menunjukkan besarnya jumlah Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) yang melintasi jalan tersebut.

Tabel 2.8 Nilai Faktor Ekivalensi Kendaraan

Jenis Kendaraan	Faktor Ekivalensi
Sepedapeda	0.5
Mobil Penumpang / Sepeda Motor	1.0
Truk Ringan (< 5 ton berat kotor)	2.0
Truk Sedang (berat kotor > 5 ton)	2.5
Truk Berat (berat kotor > 10 ton)	3.0
Bus	3.0
Kendaraan tak bermotor	7.0

Sumber : (PPGJR 1970 : 3)

2.2.2 Data Peta Topografi

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

Pekerjaan pengukuran ini terdiri dari beberapa kegiatan berikut :

- a. Pekerjaan Perintisan untuk pengukuran, dimana secara garis besar ditentukan kemungkinan rute alternatif dan trase jalan.
- b. Kegiatan pengukuran meliputi :
 1. Penentuan titik-titik kontrol *vertikal* dan *horizontal* yang dipasang setiap interval 100 meter pada rencana as jalan.
 2. Pengukuran situasi selebar kiri dan kanan dari jalan yang dimaksud dan disebutkan serta tata guna lahan disekitar *trase* jalan.
 3. Pengukuran penampang melintang (*cross section*) dan penampang memanjang.

4. Perhitungan perencanaan desain jalan dan penggambaran peta topografi berdasarkan titik-titik koordinat kontrol diatas.

2.2.3 Data Penyelidikan Tanah

Data penyelidikan tanah didapat dengan cara melakukan penyelidikan tanah, yang meliputi pekerjaan-pekerjaan :

- a. Mengadakan penelitian terhadap semua data tanah yang ada, selanjutnya diadakan penyelidikan tanah disepanjang proyek jalan tersebut, dilakukan berdasarkan survey langsung di lapangan maupun dengan pemeriksaan dilaboratorium. Pengambilan data CBR dilapangan dilakukan sepanjang ruas jalan rencana, dengan interval 200 meter dengan menggunakan DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*). Hasil tes *Dynamic Cone Penetrometer* material ini dievaluasi melalui penampilan grafik yang ada, sehingga menampilkan hasil nilai CBR di setiap titik lokasi.

Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara analitis dan grafis.

1. Cara Analitis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah:

$$CBR_{Segmen} = \frac{(CBR_{Rata} - CBR_{min})}{R}$$

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam satu segmen.

Tabel nilai R untuk perhitungan CBR segmen adalah:

Tabel 2.6 Nilai R untuk Perhitungan CBR Segmen

Jumlah titik pengamatan	Nilai R
2	1.41
3	1.91
4	2.24
5	2.48
6	2.57
7	2.83
8	2.96
9	3.08
>10	3.18

Sumber : Silvia Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya Nova (1993)

2. Cara Grafis

Prosedur adalah sebagai berikut:

1. Tentukan nilai CBR terendah.
 2. Tentukan berapa banyak nilai CBR yang sama atau lebih besar dari masing-masing nilai CBR kemudian disusun secara tabelaris, mulai dari CBR terkecil sampai yang terbesar.
 3. Angka terbanyak diberi nilai 100%, angka yang lain merupakan persentase dari 100%.
 4. Diberi grafik hubungan antara harga CBR dengan persentase nilai tadi.
 5. Nilai CBR segmen adalah nilai pada keadaan 90%.
- b. Membakukan analisa pada contoh tanah yang terganggu dan tidak terganggu, juga terhadap bahan konstruksi, dengan menggunakan ketentuan ASTM dan AASHTO maupun standar yang berlaku di Indonesia.
- c. Uji bahan konstruksi untuk mendapatkan :
1. Sifat-sifat Indeks (*Indeks Properties*) Gs, Wn, J, e, n, Sr.
 2. Klasifikasi (*Clasification of Soil*)
 - A. Analisa Ukuran Butir (*Grain Size Analysis*)
 - Analisa Saringan (*Sieve Analysis*)
 - Hidrometer (*Hydrometer Analysis*)
 - B. Batas-batas Atterberg (*Atterberg Limits*)
 - Liquid Limit (LL) = batas cair
 - Plastic Limit (PL) = batas plastis
 - $IP = LL - PL$
 3. Pematatan : γ_d maks dan W_{opt}
 - Pematatan standar / proctor
 - Pematatan Modifikasi
 - Dilapangan dicek dengan *sandcone* $\pm 93\% \gamma_d$ maks
 4. CBR laboratorium (CBR rencana)

$$\gamma_{wet} = \frac{Wt}{V_{ty}} \rightarrow \gamma_d \frac{wet}{1 + W}$$

CBR lapangan : DCP → CBR lapangan

Penetapan CBR Lapangan Melalui Pengujian Dengan Alat DCP



Peralatan DCP

Maksud dan tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui daya dukung tanah dinyatakan dalam nilai CBR (California Bearing Ratio) dengan satuan % (persen). Data CBR digunakan sebagai salah satu masukan dalam proses perencanaan jalan yaitu untuk:

1. Penentuan tebal perkerasan (full depth pavement) untuk bagian jalan yang direncanakan akan mendapatkan penanganan “pelebaran jalan”;
2. Penentuan tebal lapis ulang (overlay) di atas jalan aspal apabila tidak dapat disediakan / tidak terdapat data Benkelman Beam;
3. Penentuan tebal perkerasan untuk bagian jalan yang harus direkonstruksi (seluruh perkerasan lama dibongkar);
4. Penentuan tebal perkerasan jalan baru.

DCP atau **Dynamic Cone Penetrometer** adalah alat yang digunakan untuk mengukur daya dukung tanah dasar jalan langsung di tempat (in situ). Daya dukung tanah dasar tersebut diperhitungkan berdasarkan pengolahan atas hasil test DCP yang dilakukan dengan cara

mengukur berapa dalam (mm) ujung konus masuk ke dalam tanah dasar tersebut setelah mendapat tumbukan palu geser pada landasan batang utamanya. Korelasi antara banyaknya tumbukan dan penetrasi ujung konus dari alat DCP ke dalam tanah akan memberikan gambaran kekuatan tanah dasar pada titik-titik tertentu. Makin dalam konus yang masuk untuk setiap tumbukan artinya makin lunak tanah dasar tersebut. Pengujian dengan menggunakan alat DCP akan menghasilkan data yang setelah diolah akan menghasilkan CBR lapangan tanah dasar pada titik yang ditinjau.

Jika pada tanah dasar dengan kedalaman sampai dengan 1 meter terdapat beberapa lapisan tanah dengan daya dukung (nilai CBR) yang berbeda, maka nilai CBR lapangan pada titik tersebut diperhitungkan berdasarkan nilai CBR yang mewakili nilai-nilai CBR lapisan-lapisan tanah dimaksud.

Jika dihadapi kondisi tidak terdapat alat Benkelman Beam untuk mendapatkan data *rebound deflection* jalan aspal untuk keperluan overlay design, maka dapat digunakan alat DCP untuk mengumpulkan data-data lapangan. CBR yang diperoleh dari perhitungan hasil survey dengan alat DCP digunakan sebagai salah satu masukan untuk memperhitungkan kebutuhan overlay yang prinsipnya adalah memanfaatkan nilai sisa perkerasan lama. CBR lapangan tanah dasar di bawah perkerasan jalan yang direkonstruksi atau jalan baru

Prinsip sama dengan penentuan CBR lapangan tanah dasar pada pelebaran jalan, hanya pengambilan lokasi titik-titik uji saja yang berbeda.

Peralatan dan Perlengkapan

1. Sebuah palu geser dengan berat 8.0 kg, dan dengan tinggi jatuh 57,5 cm.
Palu geser akan bergerak jatuh sepanjang batang baja Ø 20 mm untuk memukul suatu landasan (anvil).
2. Sebuah batang utama baja keras (standard shaft) dengan Ø 20 mm, panjang 100 cm yang disambungkan dengan konus yang terbuat dari baja keras sudut 60 derajat atau 30 derajat dan bergaris tengah terbesar

20 mm. Pada batang baja tersebut telah pula dibuatkan skala dalam mm untuk membaca setiap masuknya ujung konus ke dalam tanah.

3. Sebuah batang kedua baja keras (hammer shaft) dengan \varnothing 20 mm, panjang minimum = 72 cm, sebagai batang geser palu.

Perlengkapan lainnya yang dibutuhkan sebagai alat-alat pendukung adalah: roll meter, cangkul dan singkup kecil, belincong, dan linggis. Diperlukan juga perlengkapan kendaraan roda empat untuk mengangkut petugas, peralatan dan perlengkapan yang dilengkapi dengan odometer guna membantu pengecekan jarak antara sejumlah titik uji pada lokasi yang dianggap perlu.

Prosedur Pelaksanaan

- a. Untuk melakukan test DCP diperlukan 3 orang dengan pembagian tugas: 1 orang untuk memegang alat DCP, 1 orang untuk menarik palu geser keatas dan menjatuhkannya kembali, 1 orang untuk membaca dan mencatat penetrasi ujung konus tiap frekwensi dan jumlah tumbukan tiap frekwensi.
- b. Pilihlah titik uji di lokasi .
- c. Gunakan formulir yang tersedia untuk mencatat data-data yang diperlukan.
- d. Galilah lubang dengan ketentuan-ketentuan sebagai berikut:
 1. Pengujian dengan alat DCP untuk keperluan pelebaran jalan.
 - Ukuran lubang bergaris tengah 20 cm;
 - Pilih titik-titik uji pada perbatasan antara perkerasan dan bahu jalan agar mudah menetapkan posisi tepi bawah subbase. Galian dimulai dari tepi atas bahu jalan di perbatasan antara perkerasan dan bahu jalan sampai material bahu jalan pada ketinggian tepi bawah subbase;
 - Alat DCP nantinya akan diletakkan tepat diatas permukaan tanah dasar atau persis sama dengan tepi bawah subbase.

2. Pengujian dengan alat DCP untuk keperluan pembangunan jalan baru atau rekonstruksi

- Ukuran lubang bergaris tengah 20 cm;
- Pilih titik-titik uji di as jalan baru atau jalan yang akan direkonstruksi, kemudian cari posisi subgrade sesuai dengan plan & profile atau pra rencana jalan baru untuk mengetahui dimana posisi alat DCP harus diletakkan sebelum pengujian dimulai;
- Galian dilakukan sampai posisi tepi atas subgrade.

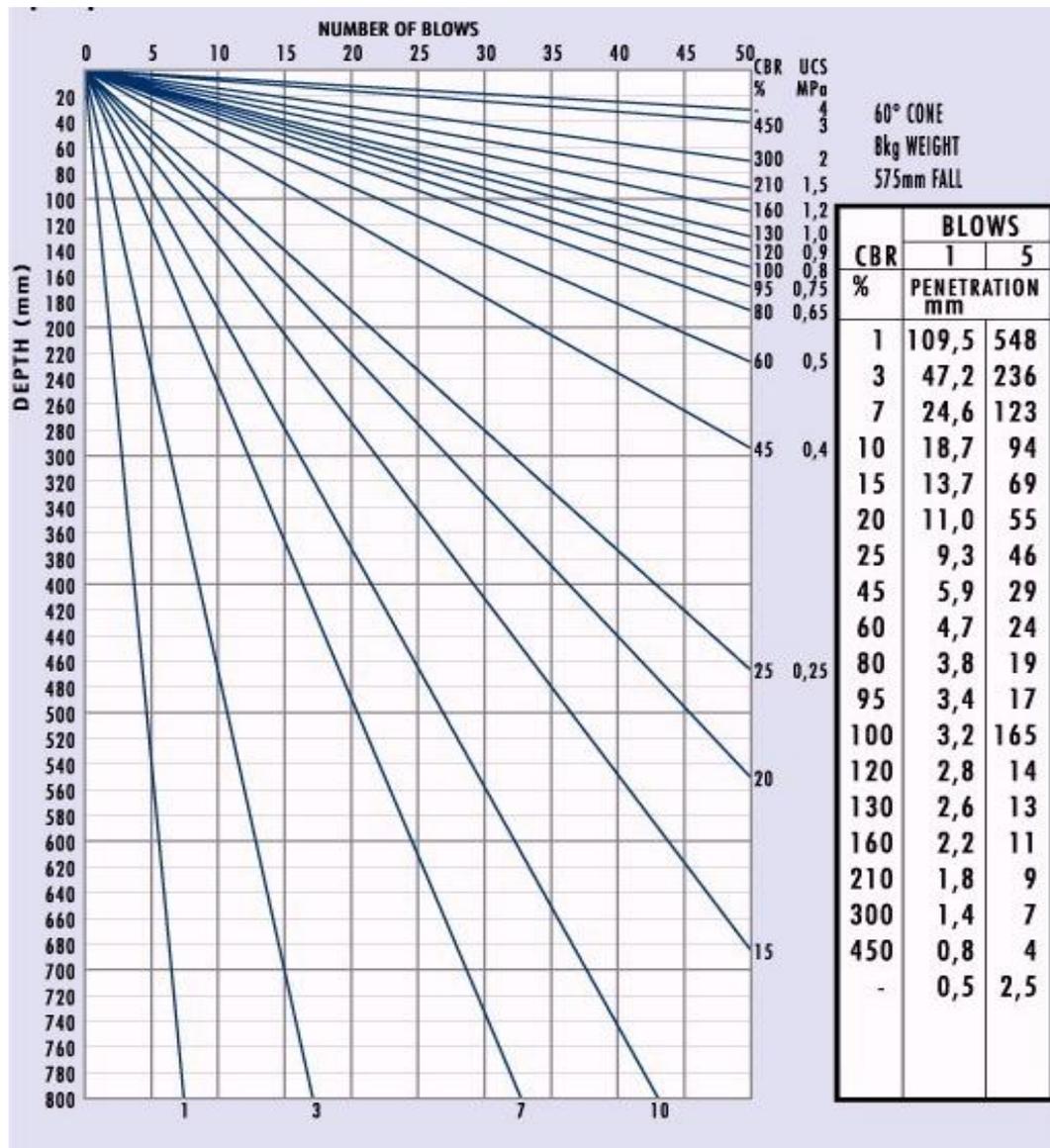
3. Pengujian dengan alat DCP untuk keperluan overlay jalan lama.

- Ukuran lubang bergaris tengah 20 cm;
- Pilih titik-titik uji di wheel track pada lapis permukaan jalan beraspal, dari sini mulai dilakukan penggalian sampai kedalaman lapis perkerasan yang beraspal;
- Alat DCP nantinya akan diletakkan tepat diatas lapis perkerasan yang tidak beraspal, pengujian akan dimulai dari sini.

Misalkan didapat hasil pengujian seperti pada tabel pengjian :

titik 1			titik 2			titik 3		
Jumlah pukulan	Tingkat Kedalaman	CBR	Jumlah pukulan	Tingkat Kedalaman	CBR	Jumlah pukulan	Tingkat Kedalaman	CBR
5	4.6	20	5	1	20	5	3	20
10	9.6		10	2.2		10	6.3	
15	15.7		15	3.7		15	7.6	
20	30.7		20	5.3		20	9.7	
25	47.7		25	7.2		25	13.3	
titik 4			titik 5					
Jumlah pukulan	Tingkat Kedalaman	CBR	Jumlah pukulan	Tingkat Kedalaman	CBR			
5	5.2	20	5	5.2	20			
10	9.6		10	9.4				
15	15		15	13.3				
20	20		20	18.45				
25	26		25	20.35				

Gambar: Grafik cumulative of blow :



2.2.4 Data Penyelidikan Material

Data penyelidikan material diperoleh dengan melakukan penyelidikan material. Adapun pekerjaan-pekerjaan penyelidikan material meliputi :

- a. Mengadakan penelitian terhadap semua data material yang ada selanjutnya melakukan penyelidikan sepanjang proyek tersebut yang akan dilakukan berdasarkan survey langsung dilapangan maupun dengan pemeriksaan dilaboratorium.

- b. Penyelidikan lokasi sumber material yang ada beserta perkiraan jumlahnya untuk pekerjaan-pekerjaan penimbunan pada jalan dan jembatan serta bangunan pelengkap jalan.

2.2.5 Data-data Penunjang Lainnya

Data-data lain yang perlu diperhatikan diantaranya data tentang drainase. Peninjauan drainase meliputi : keadaan geologi, fisik daerah proyek, keadaan iklim dan curah hujan.

2.3 Perencanaan Tebal Perkerasan

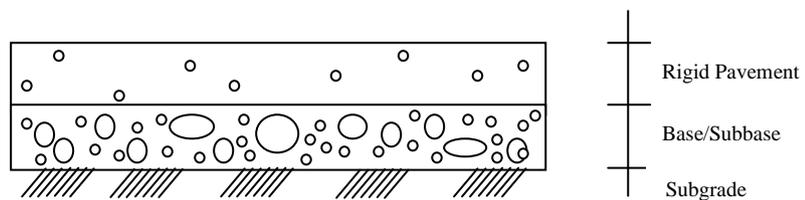
Perkerasan jalan adalah suatu bagian konstruksi jalan yang terletak diatas tanah dasar yang bertujuan untuk melewati lalu lintas dengan aman dan nyaman serta menerima dan meneruskan beban lalu lintas ke tanah dasar.

2.3.1 Jenis Perkerasan

Bila ditinjau dari bahan campurannya, perkerasan jalan terdiri atas dua macam, yaitu :

- a. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

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

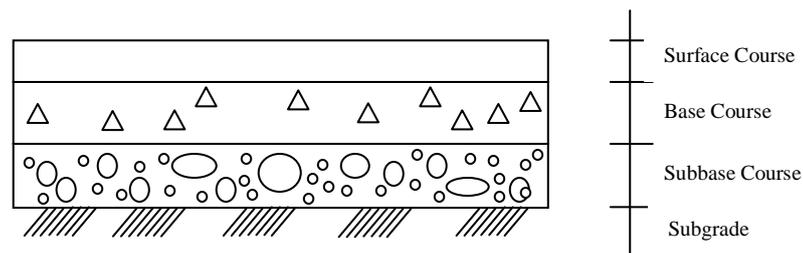


Gambar 2.14 Perkerasan Kaku

b. Perkerasan Lentur (*flexible pavement*)

Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal dan agregat atau bahan-bahan yang bersifat tidak kaku atau lentur. Pada perkerasan kaku membutuhkan biaya awal yang tinggi tetapi biaya perawatannya kecil, sedang untuk perkerasan lentur sebaliknya.

Pada perkerasan kaku, pada awalnya membutuhkan biaya pelaksanaan yang tinggi mempunyai biaya perawatan yang rendah, sedangkan pada perkerasan lentur, pada awalnya membutuhkan biaya pelaksanaan yang rendah tetapi mempunyai perawatan yang tinggi.



Gambar 2.15 Perkerasan Lentur

2.3.2 Umur Rencana

Umur rencana adalah jangka waktu sejak jalan raya tersebut dibuka sampai hingga saat diperlukan perbaikan atau telah dianggap perlu untuk member lapisan perkerasan baru.

Pada jalan baru yang diperlukan suatu umur rencana, karena kita dapat mengetahui kapan jalan tersebut harus mengalami perbaikan atau peningkatan. Umur rencana ditentukan berdasarkan pertimbangan klasifikasi jalan, pola lalu lintas dan pengembangan wilayah.

2.3.3 Tanah Dasar

Tanah dasar atau tanah asli adalah permukaan tanah semula sebelum dilakukan pelaksanaan galian dan timbunan yang merupakan perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya.

Masalah-masalah yang sering ditemui menyangkut tanah dasar adalah:

- Perubahan bentuk tetap dari jenis tanah tertentu akibat lalu lintas.
- Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.
- Daya dukung tanah yang tidak merata dan sulit ditentukan secara pasti pada daerah dengan macam tanah yang sangat berbeda.
- Perbedaan akibat penurunannya terdapatnya lapisan tanah lunak dibawah tanah dasar akibat terjadinya perubahan bentuk tetap.

2.3.4 Lapisan Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)

Lapisan pondasi bawah merupakan lapisan kedua dalam yang menyebarkan beban yang diperoleh dari lapisan yang diatas seperti kerikil alam (tanpa proses). Pasir kerikil atau lempung kepasiran.

Adapun fungsi dari lapisan pondasi bawah adalah :

- Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.
- Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan-lapisan diatasnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).
- Untuk mencegah tanah dasar masuk ke dalam lapisan pondasi.
- Sebagai lapisan pertama agar pelaksanaan dapat berjalan dengan lancar.

2.3.5 Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan pondasi atas merupakan lapisan utama dalam yang menyebarkan beban badan, perkerasan umumnya terdiri dari batu pecah (kerikil) atau tanah berkerikil yang tercantum dengan batuan pasir dan pasir lempung dengan stabilitas semen, kapur dan bitumen.

Adapun fungsi dari lapisan pondasi atas adalah :

- Sebagai perletakan terhadap lapisan permukaan.
- Melindungi lapisan dibawahnya dari pengaruh luar.
- Untuk menerima beban terusan dari lapisan permukaan.
- Untuk memperkuat lapisan dibawahnya dari bahaya deformasi.

2.3.6 Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan merupakan lapisan teratas dari suatu perkerasan yang biasanya terdiri dari lapisan bitumen sebagai penutup lapisan permukaan. Pemilihan bahan untuk lapisan permukaan perlu dipertimbangkan kegunaan umur rencana serta penahapan konstruksi agar dapat dicapai manfaat yang sebenarnya dari biaya yang dikeluarkan.

- Sebagai bahan perkerasan untuk menahan beban roda.
- Sebagai lapisan rapat air untuk melindungi perusakan akibat pengaruh cuaca.
- Sebagai lapisan aus.

2.3.7 Tahapan Dalam Mendesain Tebal Perkerasan

- a. Menentukan nilai LHR setiap jenis kendaraan pada awal umur rencana.
- b. Menghitung Lintas Ekivalen Permulaan (LEP).

$$LEP = \sum_{tr, tr}^{mp} \square . LHR . E . C . (1 + i)^n$$

Dimana : C = koefisien distribusi kendaraan, diperoleh dari tabel

E = angka ekivalen setiap kendaraan, didapatkan dari tabel.

- c. Menghitung Lintas Ekivalen Akhir (LEA)

$$LEA = LHR (1+i)^n . C . E$$

Dimana : n = umur rencana jalan

i = angka pertumbuhan lalu lintas (%)

- d. Menghitung Lintas Ekivalen Tengah (LET)

$$LET = \frac{1}{2} (LEP + LEA)$$

- e. Menghitung Lintas Ekivalen Rencana (LER)

$$LER = \frac{LET \cdot UR}{10}$$

Tabel 2.9 Harga Faktor Regional (Fr)

IKLIM	KELANDAIAAN (<6%)		KELANDAIAAN (<6%-10%)		KELANDAIAAN (<10%)	
	% KENDARAAN BERAT					
	≤ 30%	>30%	≤ 30%	>30%	≤ 30%	>30%
IKLIM I <900 mm/th	0.5	1.0-1.5	1.0	1.5-2.0	1.5	2.0-2.5
IKLIM II <900 mm/th	1.5	2.0-2.5	2.0	2.5-3.0	2.5	3.0-3.5

Sumber : SI – 374Rekayasa Jalan, Ir. Sony Sulaksono W, M.Sc, penerbit ITB

Catatan : pada bagian-bagian jalan tertentu, seperti persimpangan, pemberhentian atau tikungan tajam (jari-jari 30 m). Fr ditambah dengan 0.5. pada daerah rawa-rawa Fr ditambah dengan 1.0.

f. Menetapkan Tebal Perkerasan

$$ITP = (a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3)$$

Dimana : a = koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan.

D = tebal masing-masing perkerasan (cm)

Tabel 2.10 Koefisien Kekuatan Relatif

Koefisien Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
A_1	A_2	A_3	MS (kg)	Kt (kg/ [cm] ²)	CBR (%)	
0.40	-	-	744	-	-	Laston
0.35	-	-	590	-	-	
0.32	-	-	454	-	-	
0.30	-	-	340	-	-	
0.35	-	-	744	-	-	Lasbutag
0.31	-	-	590	-	-	
0.28	-	-	454	-	-	
0.26	-	-	340	-	-	
0.30	-	-	340	-	-	HRA
0.26	-	-	340	-	-	Aspal Macadam
0.25	-	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
0.20	-	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0.28	-	590	-	-	
-	0.26	-	454	-	-	Laston Atas
-	0.24	-	340	-	-	
-	0.23	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
-	0.1	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0.15	-	-	-	-	Stab tanah dengan semen
-	0.13	-	-	-	-	
-	0.15	-	-	-	-	Stab tanah dengan kapur
-	0.13	-	-	-	-	
-	0.14	-	-	-	-	Batu pecah (kelas A)
-	0.13	-	-	22	-	Batu pecah (kelas B)
-	0.12	-	-	18	-	Batu pecah (kelas C)
-	-	0.13	-	22	-	Sirtu/pitrun (kelas A)
-	-	0.12	-	18	-	Sirtu/pitrun (kelas B)

-	-	0.11	-	-	Sirtu/pitrun (kelas C)
		0.11	-	-	Tanah/lempung kepati

Sumber : Silvia Sukirman, Pekerjaan Lentur Jalan Raya, Nova (1995)

Tabel 2.11 Batas-batas Minimum Tebal Lapis Permukaan

ITP	Tebal Minimum (cm)	Beban
3,00	5,0	Lapis pelindung (buras, burtu, burda)
3,00 – 6,7	5,0	Lapen, aspal macadam, HRA, lasbutag, laston
6,71 – 7,49	7,5	Lapen, aspal macadam, HRA, lasbutag, laston
7,45 – 9,99	7,5	Lasbutag, laston
≥ 10,000	10	Laston

(Sumber : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur,1970)

Tabel 2.12 Batas-batas Minimum Tebal Lapis Pondasi

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
≤ 3,00	15	Batu pecah, stab tanah/ semen, stab tanah/ kapur
3,00 – 7,49	20*	Batu pecah, stab tanah/ semen, stab tanah/ kapur
7,50 – 9,99	10	Laston atas Batu pecah, stab tanah/ semen, stab tanah/ kapur,
	20	Pondasi macadam
10,00 – 12,14	15	Laston atas Batu pecah, stab tanah/ semen, stab tanah/ kapur,
	20	Pondasi macadam
≥ 12,25	25	Batu pecah, stab tanah/ semen, stab tanah/ kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas

(Sumber : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur,1970)

* = Batas 20 cm dapat diperkecil sehingga 15 cm apabila pondasi bawah menggunakan material berbutir kasar.

2.4 Bangunan Pelengkap

Untuk memenuhi persyaratan kelancaran lalu lintas dan menghindari kerusakan akibat air yang berdampak pada kenyamanan pemakai jalan, diperlukan adanya bangunan pelengkap jalan.

2.4.1 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 :

2..4.1.1 Drainase Permukaan

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

Menurut fungsinya drainase permukaan dibedakan menjadi :

1. Saluran samping

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

2. Saluran pembuang

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

3. Saluran penangkap

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

4. Gorong-gorong

Gorong-gorong adalah saluran melintang dan memotong badan jalan yang berada dibawah permukaan jalan yang berfungsi untuk mengalirkan air dari sisi jalan kesisi jalan lainnya.

2.4.1.2. Drainase bawah

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

2.5 RKS, RAB, dan Manajemen Proyek

2.5.1 Harga Satuan Bahan dan Upah

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

2.5.2 Analisa Satuan Harga Pekerjaan

Yang dimaksud dengan analisa satuan harga adalah perhitungan-perhitungan biaya yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam satu proyek. Gunanya agar kita dapat mengetahui harga-harga satuan dari tiap-tiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat didalam analisa satuan harga ini nantinya akan didapatkan harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada yang akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya. Adapun yang termasuk didalam analisa satuan harga ini adalah:

a. **Analisa Harga Satuan Pekerjaan**

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

b. **Analisa Satuan Alat Berat**

Perhitungan analisa satuan alat berat dilakukan dengan dua pendekatan yaitu :

1. Pendekatan *on the job*, yaitu pendekatan yang dimaksudkan untuk mendapatkan hasil perhitungan produksi berdasarkan data yang diperoleh

dari data hasil lapangan dan data ini biasanya didapat dari pengamatan observasi lapangan.

2. Pendekatan *off the job*, yaitu pendekatan yang dipakai untuk memperoleh hasil perhitungan berdasarkan standar yang biasanya ditetapkan oleh pabrik pembuat.

2.5.3 Perhitungan Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukkan banyak suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga satuan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada didalam suatu proyek.

2.5.4 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya adalah merencanakan banyaknya biaya yang akan digunakan serta susunan pelaksanaannya. Dalam perencanaan anggaran biaya perlu dilampirkan analisa harga satuan bahan dari tiap pekerjaan agar jelas jenis-jenis pekerjaan dan bahan yang digunakan.

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 Manajemen Proyek

Untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi suatu perencanaan yang tepat untuk menyelesaikan tiap-tiap pekerjaan yang ada. Di dalam NWP dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan satu dengan yang lain. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram *network*, sehingga kita akan dapat mengetahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan lain atau

pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga orang dan alat dapat digeser ke tempat lain.

Adapun kegunaan dari NWP adalah :

1. Merencanakan, *scheduling*, dan mengawasi proyek secara logis
2. Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara mendetail dari proyek.
3. Mendokumentasikan dan mengkomunikasikan rencana *scheduling* (waktu), dan alternatif-alternatif lain penyelesaian proyek dengan tambahan biaya.
4. Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur-jalur kritis (*critical path*) saja yang perlu konsentrasi pengawasan ketat.

Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun NWP adalah :

1. Urutan pekerjaan yang logis
Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan lain dimulai, dan pekerjaan apa yang kemudian mengikutinya.
2. Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan
Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Kalau proyek itu baru sama sekali biasanya diberi kelonggaran waktu.
3. Biaya untuk mempercepat pekerjaan
Ini berguna apabila pekerjaan-pekerjaan yang berada di jalur kritis ingin dipercepat agar seluruh proyek segera selesai, misalnya : biaya-biaya lembur, biaya menambah tenaga kerja dan sebagainya.

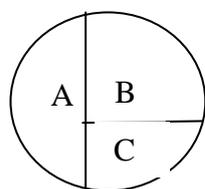
Sebelum menggambar diagram NWP ada beberapa hal yang perlu kita perhatikan, antara lain :

1. Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya *duration* maupun *resources* yang dibutuhkan.
2. Aktifitas-aktifitas apa yang mendahului dan aktifitas-aktifitas apa yang mengikuti.
3. Aktifitas-aktifitas apa yang dapat dilakukan bersama-sama.
4. Aktifitas-aktifitas itu dibatasi mulai dan selesai.
5. Waktu, biaya dan *resources* yang dibutuhkan dari aktifitas-aktifitas itu.
6. Kepala anak panah menjadi arah pedoman dari setiap kegiatan.

7. Besar kecilnya lingkaran juga tidak mempunyai arti dalam pengertian penting tidaknya suatu peristiwa.

Symbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran NWP :

- \longrightarrow (Arrow), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Ini adalah suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan resources tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.
- \bigcirc (Node/event), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat peristiwa atau kejadian. Ini adalah permulaan atau akhir dari suatu atau lebih kegiatan-kegiatan.
- \Longrightarrow (Double arrow), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasi kritis (*critical path*).
- $\text{-----}>$ (Dummy), bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu. Aktifitas semu hanya boleh dipakai bila tidak ada cara lain untuk menggambarkan hubungan-hubungan aktifitas yang ada dalam suatu *network*.

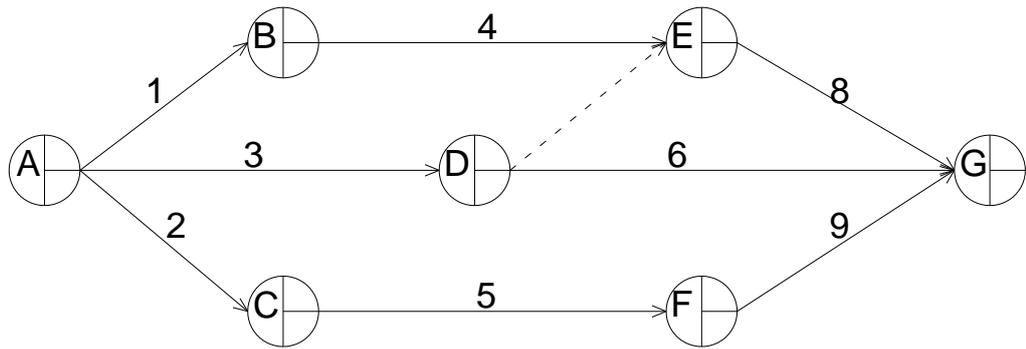


A = Nomor kejadian

B = EET (*forward analysis*) yaitu menjumlahkan durasi dari kejadian yang dimulai dari kejadian awal dilanjutkan kegiatan berikutnya dengan mengambil angka yang terbesar

C = LET (*back analysis*) yaitu mengurangi durasi dari

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



Gambar 2.16 Sketsa Network Planning

2.5.6.1 Kurva S

Kurva S dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lama waktu yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dari tahap pertama samapi berakhirnya pekerjaan tersenut. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapat dari perbandingan antara harga pekerjaan dengan harga total keseluruhan dari jumlah harga penawaran.

2.5.6.2 Barchart

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