

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perencanaan Geometrik Jalan

2.1.1 Pengertian perencanaan geometrik jalan

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang difokuskan pada perencanaan bentuk fisik, sehingga dapat memenuhi fungsi dasarnya. Perencanaan geometrik jalan dititik beratkan pada bidang alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal, sehingga dapat memberikan kenyamanan yang optimal pada arus lalu lintas sesuai dengan kecepatan yang telah direncanakan. Yang menjadi dasar aspek – aspek dari perencanaan geometrik jalan terdiri dari perencanaan trase jalan, badan jalan, kelandaian jalan, serta galian dan timbunan. Sedangkan yang menjadi dasar dari perencanaan geometrik jalan adalah ukuran kendaraan, sifat gerakan, sifat pengemudi dalam mengendalikan gerak kendaraannya, dan karakteristik dari arus lalu lintas. Sehingga hal ini dapat menjadi bahan pertimbangan perencanaan agar dapat dihasilkan bentuk dan ukuran jalan, serta ruang gerak kendaraan yang memenuhi tingkat kenyamanan dan keamanan yang diharapkan.

Perencanaan geometrik jalan mempunyai tujuan, antara lain menghasilkan infastruktur yang aman, nyaman, efisien pelayanan pada arus lalu lintas, dan memaksimalkan rasio tingkat penggunaan biaya pelaksanaan. Untuk melakukan perencanaan geometrik jalan membutuhkan data – data perencanaan yang meliputi data lalu lintas, data peta topografi, data penyelidikan tanah, data penyelidikan material, dan data penunjang lainnya yang dapat digunakan untuk melakukan suatu perencanaan geometrik jalan. Data ini memberikan gambaran yang sebenarnya dari kondisi suatu daerah, dimana ruas jalan ini akan dibangun. Dengan data ini, kita dapat melakukan suatu perencanaan geometrik jalan dan tebal perkerasan.

2.2. Data Perencanaan Geometrik

2.2.1 Data lalu lintas

Dalam melakukan perencanaan geometrik jalan diperlukan juga data – data lalu lintas selama umur rencana mencakup volume kendaraan, jenis kendaraan, dan muatan sumbu kendaraan. Untuk memudahkan pengumpulan data – data lalu lintas namun masih dalam batas layak untuk dijadikan masukan bagi perencanaan jalan, dibuat pengelompokan jenis – jenis kendaraan. Belum adanya standar yang baku tentang pengelompokan jenis kendaraan ini. Besarnya volume arus lalu lintas diperlukan untuk menentukan jumlah dan lebar lajur pada suatu jalur jalan dalam penentuan karakteristik geometrik jalan, sedangkan untuk jenis kendaraan akan menentukan kelas beban atau muatan sumbu terberat (MST) yang berpengaruh langsung pada perencanaan konstruksi perkerasan.

2.2.2 Data peta topografi

Data peta topografi merupakan data hasil pengukuran yang dilakukan untuk memindahkan kondisi permukaan bumi dari lokasi yang diukur pada kertas yang berupa peta planimetri. Peta ini akan digunakan sebagai peta dasar untuk plotting perencanaan geometrik jalan, dalam hal ini perencanaan alinyemen horizontal. Data peta topografi disebut juga sebagai data peta kontur yang merupakan faktor penting dalam menentukan lokasi jalan. Untuk memperkecil biaya pembangunan, maka dalam melakukan perencanaan geometrik perlu sekali disesuaikan dengan keadaan peta topografi.

Pengukuran peta topografi ini dimaksudkan untuk mengumpulkan data topografi yang cukup untuk digunakan dalam melakukan suatu perencanaan geometrik. Data peta topografi ini digunakan untuk menentukan kecepatan sesuai dengan daerahnya. Pengukuran peta topografi ini dilakukan pada sepanjang trase jalan raya.

2.2.3 Data arus lalu lintas

Data arus lalu lintas adalah data utama yang diperlukan untuk perencanaan teknik jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari

komposisi lalu lintas yang akan menggunakan jalan pada pada suatu segmen jalan yang ditinjau. Data arus lalu lintas didapat dengan melakukan pendataan kendaraan yang melalui ruas jalan, sehingga hasil dari pendataan ini dapat diketahui volume lalu lintas yang melintasi jalan tersebut. Besarnya volume arus lalu lintas diperlukan untuk menentukan jumlah dan lebar lajur pada suatu jalur jalan dalam penentuan karakteristik geometrik, sedangkan jenis kendaraan akan menentukan kelas beban atau MST (Muatan Sumbu Terberat) yang berpengaruh langsung pada perencanaan konstruksi perkerasan.

Volume lalu lintas dinyatakan dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP) yang didapat dengan mengalikan atau mengkonversikan angka faktor ekivalen (FE) semua kendaraan yang melintasi jalan tersebut dengan jumlah kendaraan yang diperoleh dari hasil pendataan (kend/jam). Volume lalu lintas dalam SMP ini menunjukkan besarnya jumlah Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR) yang melintasi jalan tersebut. Dari data LHR yang didapatkan, maka dapat merencanakan tebal perkerasan.

2.2.4 Data Penyelidikan Tanah

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

1) Penelitian

Penelitian data tanah yang terdiri dari sifat-sifat indeks, klasifikasi USCS dan AASTHO, pemadatan dan nilai CBR. Pengambilan data CBR di lapangan dilakukan sepanjang ruas jalan rencana, dengan interval 100 meter dengan cara analisis dan grafis.

a. Cara Analisis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analisis adalah sebagai berikut :

$$CBR_{\text{segmen}} = \frac{(CBR_{\text{rata-rata}} - CBR_{\text{min}})}{R} \dots\dots\dots (2.1)$$

b. Cara Grafis

Prosedur cara grafis 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 pada tabel, mulai dari CBR terkecil sampai ke CBR yang terbesar.
- 3) Angka terbanyak diberi nilai 100% angka yang lain merupakan persentase dari 100%.
- 4) Dibuat grafik hubungan antara harga CBR dengan persentase nilai tadi.
- 5) Nilai CBR segmen adalah nilai keadaan 90%.

c. Pengujian laboratorium

Uji bahan konstruksi untuk mendapatkan :

- 1) CBR laboratorium (CBR rencana), berdasarkan pemadatan γ_d maksimal dan W_{opt}

2.2.5 Data penyelidikan material

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

- a) Mengadakan penelitian terhadap semua data material yang ada selanjutnya mrlakukan penyelidikan sepanjang proyek tersebut akan dilakukan berdasarkan survey langsung dilapangan maupun pemeriksaan laboratorium.
- b) Penyelidikan lokasi sumber material yang ada beserta perkiraan jumlahnya untuk pekerjaan-pekerjaan penimbunan pada jalan dan jembatan serta bangunan pelengkap.

Pengidentifikasian material secara virtual yang dilakykan oleh teknisi tanah dilapangan hanya berdasarkan gradasi butiran dan karakteristik keplastisannya saja, yaitu :

- a. Tanah berbutir halus
- b. Tanah berbutir kasar

2.3 Pengelompokan Jalan

Dalam PP No. 34 Tahun 2006 tentang jalan dan UU No.22 Tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan, jalan dikelompokkan menjadi beberapa bagian, yaitu :

- 1) Berdasarkan peruntukkan jalan.
- 2) Berdasarkan sistem jaringan jalan (SJJ).
- 3) Berdasarkan status jalan.
- 4) Berdasarkan fungsi jalan.
- 5) Berdasarkan klasifikasi jalan yang terdiri dari spesifikasi penyediaan prasarana jalan (SSPJ) dan kelas penggunaan jalan.

2.3.1 Pengelompokkan berdasarkan peruntukan jalan

Berdasarkan peruntukan jalan, jalan diperuntukkan sebagai jalan umum dan jalan khusus :

a) Jalan umum

Jalan umum merupakan jalan yang diperuntukkan bagi lalu lintas umum termasuk JBH dan jalan tol yang dikelola oleh pemerintah.

b) Jalan khusus

Jalan khusus merupakan jalan yang tidak diperuntukkan untuk lalu lintas umum, hanya diperuntukkan bagi kepentingan dan untuk manfaat langsung kepada perorangan, kelompok masyarakat tertentu, badan usaha atau instansi tertentu. Penyelenggaraan jalan khusus sesuai pengaturan dilaksanakan oleh bukan pemerintah, sedangkan berkaitan dengan pembinaan, pengawasan, pengusahaan, dan pengoperasiannya dapat dilakukan oleh instansi pemerintah atau pemerintah bersama – sama swasta atau swasta, perorangan, atau kelompok masyarakat tertentu. Kepemilikan jalan khusus dapat dimiliki oleh perorangan, kelompok, masyarakat tertentu, badan usaha, dan atau instansi tertentu termasuk instansi pemerintah.

2.3.2 Pengelompokan jalan berdasarkan status jalan

Jalan umum menurut statusnya dikelompokkan menjadi 5, yaitu jalan nasional, jalan provinsi, jalan kabupaten, jalan kota, dan jalan desa. Berdasarkan fungsi masing-masing kelompok tersebut dikelompokkannya lagi menjadi :

- a) Jalan nasional, merupakan jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah pusat, terdiri atas :
 - 1) Jalan arteri primer.
 - 2) Jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi.
 - 3) Jalan strategis provinsi
 - 4) Jalan tol
- b) Jalan provinsi, merupakan jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah provinsi, terdiri atas :
 - 1) Jalan kolektor primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten atau kota.
 - 2) Jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibukota kabupaten atau kota.
 - 3) Jalan strategis provinsi.
- c) Jalan kabupaten, merupakan jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah kabupaten, terdiri atas :
 - 1) Jalan kolektor primer yang tidak termasuk jalan nasional dan jalan provinsi.
 - 2) Jalan lokal primer yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat desa, antar ibukota kecamatan, ibukota kecamatan dengan desa, dan antar desa.
 - 3) Jalan sekunder yang tidak termasuk jalan provinsi dan jalan sekunder dalam kota.
 - 4) Jalan strategis kabupaten.
- d) Jalan kota, merupakan jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah dan berada dalam jaringan jalan di dalam kota.
- e) Jalan desa, merupakan jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah kabupaten, terdiri dari jalan lingkungan primer dan jalan lokal primer yang

tidak termasuk jalan kabupaten, berada di dalam kawasan perdesaan, dan menghubungkan kawasan dan/atau antar pemukiman di dalam desa.

Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam LHR merupakan penentuan kelas jalan berdasarkan banyaknya jumlah lalu lintas pada setiap harinya.

2.3.3 Pengelompokkan jalan berdasarkan sistem jaringan jalan

SJJ merupakan satu kesatuan jaringan jalan yang terdiri dari SJJ primer dan SJJ sekunder yang terjalin dalam hubungan hierarki fungsi jalan. Masing-masing SJJ diuraikan sebagai berikut :

- a) SJJ primer disusun berdasarkan rencana tata ruang dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat-pusat kegiatan, yaitu pusat kegiatan nasional (PKN), pusat kegiatan wilayah (PKW), pusat kegiatan lokal (PKL) sampai ke pusat kegiatan lingkungan (PKling), dan menghubungkan antara-PKN. Ruas-ruas jalan dalam SJJ primer yang berfungsi menghubungkan pusat-pusat kegiatan yang umumnya berwujud kota dan berlokasi di luar kota dikategorikan sebagai jalan antar kota.
- b) SJJ sekunder disusun berdasarkan rencana tata ruang wilayah kabupaten/kota dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di dalam kawasan perkotaan yang menghubungkan secara terus menerus kawasan yang mempunyai fungsi primer, fungsi sekunder kesatu, fungsi sekunder kedua, fungsi sekunder ketiga, dan seterusnya sampai ke persil. Ruas-ruas jalan dalam SJJ sekunder yang berfungsi menghubungkan pusat-pusat kegiatan yang umumnya berwujud kawasan di dalam kota dikategorikan sebagai jalan perkotaan.

2.3.4 Pengelompokkan jalan berdasarkan fungsi jalan

Sesuai dengan fungsinya, jalan dikelompokkan dan dibedakan keberadaannya dalam SJJ (PP No.34 Tahun2006).

2.3.4.1 Pengelompokkan jalan berdasarkan fungsinya dalam SJJ primer

Jalan dalam SJJ primer terdiri atas :

- 1) Jalan arteri primer, berfungsi menghubungkan antar-PKN atau antara PKN dengan PKW, melayani angkutan utama dengan ciri-ciri :
 - a) Melayani perjalanan lalu lintas jarak jauh yang tidak boleh terganggu oleh lalu lintas ulang alik, lalu lintas lokal, dan kegiatan lokal.
 - b) Kecepatan rata-rata tinggi dengan V_D paling rendah 60 Km/jam.
 - c) Mempunyai kapasitas yang lebih besar dari volume lalu lintas rata-ratanya.
 - d) Mempunyai lebar badan jalan paling sedikit 11,0 m.
 - e) Persimpangan sebidang diatur sedemikian sehingga sesuai dengan ketentuan pada butir a,b, dan c.
 - f) Jumlah jalan masuk dibatasi.
 - g) Jalan arteri primer yang memasuki kawasan perkotaan dan/atau kawasan pengembangan perkotaan tidak boleh terputus.
- 2) Jalan kolektor primer, berfungsi menghubungkan antara PKN dengan PKL, antar PKW, atau antara PKW dengan PKL, melayani angkutan pengumpulan/pembagian dengan ciri-ciri :
 - a) Melayani perjalanan lalu lintas jarak sedang.
 - b) Kecepatan rata-rata sedang dengan V_D paling rendah 40 Km/jam.
 - c) Mempunyai kapasitas yang lebih besar dari volume lalu lintas rata-ratanya.
 - d) Mempunyai lebar jalan paling sedikit 9,0 m.
 - e) Persimpangan sebidang pada jalan arteri primer dengan pengaturan tertentu harus memenuhi ketentuan sebagaimana dimaksud pada butir a,b, dan c.
 - f) Jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
 - g) Jalan kolektor primer yang memasuki kawasan perkotaan dan/atau kawasan pengembangan perkotaan tidak boleh terputus.

- 3) Jalan lokal primer. Berfungsi menghubungkan PKN dengan PKL, PKW dengan PKLing, antar PKL, atau PKL dengan PKLing, serta PKLing, melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri :
 - a) Perjalanan jarak dekat.
 - b) Kecepatan rata-rata rendah dengan V_D paling rendah 20 Km/jam.
 - c) Mempunyai lebar badan jalan paling sedikit 7,5m.
 - d) Jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
 - e) Jalan lokal primer yang memasuki kawasan perdesaan tidak boleh terputus.
- 4) Jalan lingkungan primer, berfungsi menghubungkan antar pusat kegiatan di dalam kawasan perdesaan dan jalan di dalam lingkungan kawasan perdesaan, melayani angkutan lingkungan dengan ciri-ciri :
 - a) Perjalanan menuju persil/rumah.
 - b) Kecepatan rata-rata rendah dengan V_D paling rendah 15 Km/jam.
 - c) Mempunyai lebar badan jalan paling sedikit 6,5 m untuk melayani kendaraan bermotor roda 3 atau lebih, atau lebar badan jalan paling sedikit 3,5 m untuk melayani kendaraan bermotor roda 2.
 - d) Jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

2.3.4.2 Pengelompokan jalan berdasarkan fungsinya dalam SJJ sekunder

Jalan dalam SJJ sekunder terdiri dari :

- 1) Jalan arteri sekunder, berfungsi menghubungkan kawasan primer (KP) dengan kawasan sekunder kesatu (KS1), antar KS1, atau KS1 dengan kawasan sekunder kedua (KS2), dengan ciri-ciri :
 - a) V_D paling rendah 30 Km/jam.
 - b) Lebar badan jalan paling sedikit 11,0 m.
 - c) Mempunyai kapasitas lebih besar daripada volume lalu lintas rata-rata.
 - d) Lalu lintas cepat tidak boleh terganggu oleh lalu lintas lambat.
 - e) Persimpangan sebidang diatur dengan pengaturan tertentu sesuai dengan ketentuan pada butir a,b, dan c.

- 2) Jalan kolektor sekunder berfungsi menghubungkan antar KS2, atau KS2 dengan kawasan sekunder ketiga (KS3), dengan ciri-ciri :
 - a) V_D paling rendah 20 Km/jam.
 - b) Lebar badan jalan paling sedikit 9,0 m.
 - c) Mempunyai kapasitas yang lebih besar daripada volume lalu lintas rata-rata.
 - d) Lalu lintas cepat tidak boleh terganggu oleh lalu lintas lambat.
 - e) Persimpangan sebidang pada jalan kolektor sekunder dengan pengaturan tertentu harus memenuhi ketentuan sebagaimana dimaksud pada butir a,b, dan c.
- 3) Jalan lokal sekunder berfungsi menghubungkan KS1 dengan perumahan, KS2 dengan perumahan, KS3 dan seterusnya sampai ke perumahan/persil, dengan ciri-ciri :
 - a) V_D paling rendah 20 Km/jam.
 - b) Lebar badan jalan paling sedikit 7,5 m.
- 4) Jalan lingkungan sekunder atau juga dikenal sebagai jalan permukiman di lingkungan perkotaan berfungsi menghubungkan antar persil dalam kawasan perkotaan, dengan ciri-ciri :
 - a) V_D paling rendah 10 Km/jam.
 - b) Lebar badan jalan paling sedikit 6,5 m.
 - c) Diperuntukkan bagi kendaraan bermotor berada 3 atau lebih.
 - d) Yang tidak diperuntukkan bagi kendaraan bermotor beroda 3 atau lebih harus mempunyai lebar badan jalan paling sedikit 3,5 m.

2.4 Kelas Jalan

Kelas jalan dikelompokkan berdasarkan :

- a) Penggunaan jalan dan kelancaran lalu lintas dan angkutan jalan (LLAJ).
- b) Spesifikasi penyediaan prasarana jalan (SPPJ).

Pembagian kelas jalan berdasarkan penggunaan jalan dan kelancaran LLAJ adalah jalan kelas I, jalan kelas II, jalan kelas III, dan jalan khusus. Pembagian kelas jalan berdasarkan SPPJ adalah JBH, JRY, JSD, dan JKC.

2.4.1 Klasifikasi jalan berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan

SPPJ dikelompokkan berdasarkan pengendalian jalan masuk, keberadaan persimpangan sebidang, jumlah dan lebar lajur, ketersediaan median, serta pagar Rumija, SPPJ dikelompokkan menjadi empat, yaitu :

a) JBH, yaitu jalan dengan spesifikasi :

- 1) Pengendalian jalan masuk : Secara penuh
- 2) Persimpangan sebidang : Tidak ada
- 3) Jumlah lajur paling sedikit : 2 lajur untuk setiap arah
- 4) Lebar lajur paling sedikit : 3,5 m
- 5) Median : Dilengkapi
- 6) Pagar Rumija : Dilengkapi

b) JRJ, yaitu jalan umum untuk lalu lintas secara menerus dengan spesifikasi :

- 1) Pengendalian jalan masuk : Terbatas
- 2) Persimpangan sebidang : Ada
- 3) Jumlah lajur paling sedikit : 2 lajur untuk setiap arah
- 4) Lebar lajur paling sedikit : 3,5 m
- 5) Median : dilengkapi
- 6) Pagar Rumija : tidak dilengkapi

c) JSD, yaitu jalan umum dengan lalu lintas jarak sedang dengan spesifikasi :

- 1) Pengendalian jalan masuk : Tidak dibatasi
- 2) Persimpangan sebidang : ada
- 3) Jumlah lajur paling sedikit : 2 lajur untuk 2 arah
- 4) Lebar lajur paling sedikit : 7,0 m
- 5) Median : Tidak dilengkapi
- 6) Pagar Rumija : Tidak dilengkapi

d) JKC, yaitu jalan umum untuk melayani lalu lintas setempat dengan spesifikasi:

- 1) Pengendalian jalan masuk : Tidak dibatasi
- 2) Persimpangan sebidang : Ada
- 3) Jumlah jalur paling sedikit : 2 lajur untuk 2 arah
- 4) Lebar jalur paling sedikit : 5,5 m
- 5) Median : Tidak dilengkapi
- 6) Pagar Rumija : Tidak dilengkapi

e) Jalan lalu lintas rendah (JLR) adalah jalan umum yang belum diatur dalam peraturan yang berlaku, tetapi dirumuskan untuk melayani lalu lintas yang rendah ($LHRT_D < 2000$ SMP/hari, atau kurang lebih < 2000 SMP/jam) dengan spesifikasi :

- 1) Pengendalian jalan masuk : Tidak dibatasi
- 2) Persimpangan sebidang : Ada
- 3) Jumlah lajur paling sedikit : 1 lajur untuk 2 arah
- 4) Lebar lajur paling sedikit : 4,0 m
- 5) Median : Tidak dilengkapi
- 6) Pagar Rumija : Tidak dilengkapi

2.4.2 Klasifikasi jalan berdasarkan penggunaan jalan

Jalan berdasarkan fungsi dan intensitas lalu lintas guna kepentingan pengaturan penggunaan jalan dan kelancaran LLAJ, diklasifikasikan menjadi 4 seperti diuraikan dalam tabel 2.2

Tabel 2.1 Kelas Jalan Sesuai Penggunaannya

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Dimensi Kendaraan (m)			Muatan Sumbu Terberat (Ton)
		Lebar	Panjang	Tinggi	
Kelas I	Arteri, Kolektor	$\leq 2,55$	$\leq 18,0$	$\leq 4,2$	10
Kelas II	Arteri, Kolektor, Lokal,	$\leq 2,55$	$\leq 12,0$	$\leq 4,2$	8
Kelas III	dan Lingkungan	$\leq 2,2$	$\leq 9,0$	$\leq 3,$	8

Kelas Khusus	Arteri	> 2,55	> 18,0	≤ 4,2	> 10
--------------	--------	--------	--------	-------	------

(Sumber : Dirjen Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2020)

2.5 Klasifikasi Medan Jalan

Medan jalan dimana jalan dibangun diklasifikasikan. Masing-masing klasifikasi medan tersebut mempunyai ciri-ciri, baik secara bentuk fisik unsur geometrik maupun secara operasional dari pengguna jalan, dan ciri-ciri tersebut saling sinergi dengan lainnya.

Dalam proses desain awal, potongan melintang topografi medan jalan mempunyai pengaruh terhadap penetapan alinyemen horizontal dan vertikal jalan, serta kecepatan desain. Topografi medan jalan diklasifikasi menjadi tiga, yaitu : datar, bukit, dan gunung. Masing – masing memiliki kriteria kemiringan medan yang diukur tegak lurus terhadap garis konturnya.

Tabel 2.2 Klasifikasi Medan Jalan

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

(Sumber : Dirjen Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2020)

Jalan-jalan di wilayah perkotaan (dalam SJJ sekunder) dianggap seluruhnya berada pada medan datar dan jalan-jalan di wilayah luar kota (dalam SJJ primer) termasuk jalan-jalan yang melayani antara kota dan JBH dapat berada pada ketiga klasifikasi medan tersebut.

Pada medan datar jarak pandang umumnya panjang dan dapat dibuat tanpa kesulitan konstruksi ataupun biaya besar. Pada medan bukit, lereng alam yang naik turun dan yang kadang-kadang berlereng curam membatasi bentuk alinyemen horizontal dan vertikal untuk memenuhi persyaratan teknis alinyemen jalan. Pada medan gunung, perubahan memanjang maupun melintang permukaan tanah besar dan mendadak, sering menyebabkan pembelokan alinyemen dan

memerlukan penggalian tanah atau menimbunnya untuk mendapat alinyemen horizontal dan vertikal yang dapat memenuhi kriteria desain.

Secara umum, medan gunung menghasilkan kelandaian alinyemen memanjang jalan yang lebih curam dibandingkan dengan alinyemen pada medan bukit dan pada medan bukit menghasilkan kelandaian memanjang yang lebih curam dibandingkan dengan medan datar. Masing-masing menyebabkan truk-truk berat harus mengurangi kecepatannya yang umumnya jauh lebih rendah dari kecepatan mobil penumpang, sehingga medan gunung maupun bukit mempunyai efek yang lebih besar dari medan datar dalam penentuan alinyemen jalan.

2.6 Bagian-Bagian Jalan

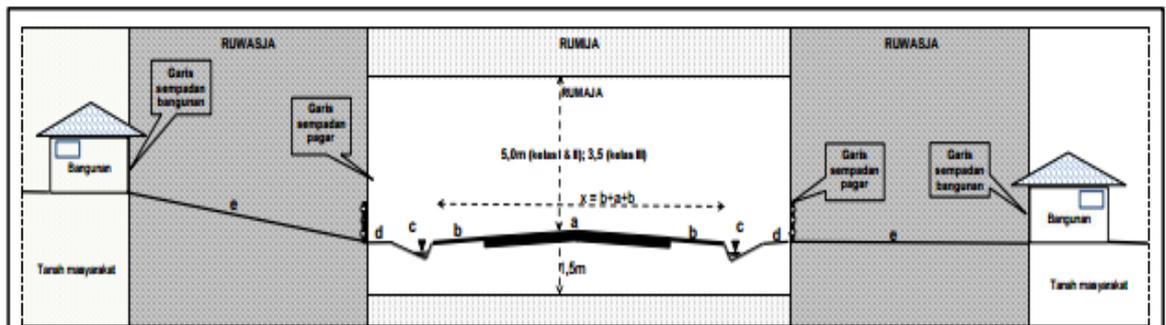
2.6.1 Ruang jalan pada permukaan tanah dasar

Ruang jalan dibagi atas Rumaja, Rumija, dan Ruwasja.

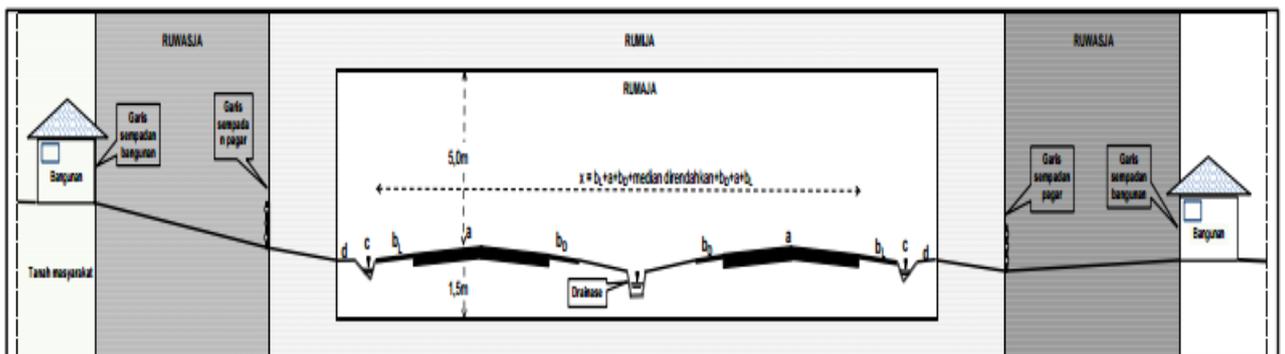
- 1) Rumaja, merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, tinggi, dan kedalaman tertentu, meliputi bagian badan jalan, saluran tepi jalan, dan ambang pengaman. Rumaja dilengkapi ruang bebas dengan ukuran tinggi, dan kedalaman sebagai berikut :
 - a) Lebar ruang bebas diukur diantara dua garis vertikal pada batas terluar ambang pengaman atas batas terluar Rumaja.
 - b) Tinggi ruang bebas minimal 51 m diatas permukaan jalur lalu lintas.
 - c) Kedalaman ruang bebas minimal 1,5 m dibawah permukaan jalur lalu lintas terendah.
- 2) Rumija, merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, tinggi, dan kedalaman tertentu, meliputi Rumaja dan sejalur tanah tertentu diluar Rumaja. Rumija paling sedikit memiliki lebar sebagai berikut :
 - a) JBH 30 m.
 - b) JRY 25 m.
 - c) JSD 15 m.
 - d) JKC 11 m.
- 3) Ruwasja, merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar dan tinggi tertentu, meliputi ruang tertentu diluar Rumija. Ruwasja diperuntukkan bagi pandangan bebas pengemudi dan pengaman konstruksi

jalan, serta pengamanan fungsi jalan. Ruwasja pada dasarnya adalah ruang lahan milik masyarakat umum yang mendapat pengawasan dari pembina jalan. Dalam hal Rumija tidak cukup luas, maka lebar Ruwasja ditentukan dari tepi badan jalan paling sedikit :

- a) Jalan arteri primer 15 m.
- b) Jalan kolektor primer 10 m.
- c) Jalan lokal primer 7 m.
- d) Jalan lingkungan primer 5 m.
- e) Jalan arteri sekunder 15 m.
- f) Jalan kolektor sekunder 5 m.
- g) Jalan lokal sekunder 3 m.
- h) Jalan lingkungan sekunder 2 m.
- i) Jembatan 100 m ke arah hilir dan hulu.



Gambar 2.1 Ruang Jalan Pada Tipikal Jalan 2/2 – TT



Gambar 2.2 Ruang Jalan Pada Tipikal Jalan 4/2 – T

2.6.2 Jalur dan lajur lalu lintas

Jalur dan lajur lalu lintas merupakan keseluruhan bagian perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk lalu lintas kendaraan. Jalur lalu lintas terdiri dari beberapa lajur (lane) kendaraan. Lajur kendaraan yaitu bagian dari jalur lalu lintas yang khusus diperuntukkan untuk dilewati oleh satu rangkaian kendaraan beroda empat atau lebih dalam satu arah. Oleh sebab itu, jumlah lajur minimal untuk jalan 2 arah adalah 2 dan pada umumnya disebut sebagai jalan 2 lajur 2 arah.

Jalur lalu lintas 1 arah minimal terdiri dari 1 lajur lalu lintas, yaitu :

1) Jalan Perkotaan

- a. Jalan dua-lajur dua-arah (2/2 UD).
- b. Jalan empat-lajur dua-arah.
 - i. Tak terbagi (tanpa median) 4/2 UD.
 - ii. Terbagi (dengan median) 4/2 D.
- c. Jalan enam-lajur dua-arah terbagi (6/2D).
- d. Jalan satu arah (1-3/1).

2) Jalan Luar Kota

- a. Jalan dua-lajur dua-arah tak terbagi (2/2 UD).
- b. Jalan empat-lajur dua-arah.
 - i. Tak terbagi (tanpa median) 4/2 UD.
 - ii. Terbagi (dengan median) 4/2 D.
- c. Jumlah jalur yang dibutuhkan untuk memenuhi persyaratan rencana volume lalu lintas harian seperti pada tabel berikut :

Tabel 2.3 Jumlah Jalur Lalu Lintas

VLR (smp/hr)	Medan	Fungsi	Lajur
≥ 138.000	D,B	Jalan Arteri	6
$36.000 \leq 138.000$			4
< 36.000			2
≥ 156.000	G		6
$41.000 \leq 156.000$			4
< 41.000			2
≥ 36.000	D,B	Jalan Kolektor	4
≤ 36.000			2
≥ 41.000			4
≤ 41.000			2

(Sumber : Dirjen Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2020)

b) Bahu Jalan

Bahu jalan adalah bagian manfaat jalan yang berdampingan dengan jalur lalu lintas untuk menampung kendaraan yang berhenti, keperluan darurat dan pendukung samping bagi lapis pondasi tanah, pondasi atas, dan pondasi permukaan. Fungsi utama dari bahu jalan adalah :

1. Untuk melindungi bagian utama jalan.
2. Sebagai tempat berhenti kendaraan yang mogol atau sekedar berhenti untuk berorientasi terhadap jurusan yang akan dituju.
3. Menyediakan ruang bebas samping bagi lalu lintas.
4. Meningkatkan jarak pandangan pada tikungan.
5. Sebagai trotoar jika tidak ada trotoar.
6. Sebagai tempat meletakkan rambu-rambu lalu lintas, dll.

Berdasarkan tipe perkerasannya, bahu jalan dapat dibedakan atas :

a) Bahu yang tidak diperkeras

Bahu yang tidak diperkeras merupakan bahu yang hanya dibuat dari material perkerasan jalan tanpa bahan pengikat. Biasanya digunakan

material agregat bercampur sedikit lempung. Bahu yang tidak diperkeras ini dipergunakan untuk daerah-daerah yang tidak begitu banyak jumlahnya.

b) Bahu yang diperkeras

Bahu yang diperkeras merupakan bahu yang dibuat dengan mempergunakan bahan pengikat sehingga lapisan tersebut lebih kedap air dibandingkan dengan bahu yang tidak diperkeras. Bahu jenis ini dipergunakan untuk jalan-jalan dimana kendaraan yang akan berhenti dan memakai bagian tersebut besar jumlahnya, seperti disepanjang jalan tol, disepanjang jalan arteri yang melintasi kota, dan di tikungan-tikungan yang tajam.

Dilihat dari letaknya bahu terhadap arah arus lalu lintas, maka bahu jalan dapat dibedakan atas :

1. Bahu kiri / bahu luar (*left shoulder/outer shoulders*), merupakan bahu jalan yang terletak ditepi sebelah kiri dari jalur lalu lintas.
2. Bahu kanan/ bahu dalam (*right linner shoulders*), merupakan bahu jalan yang terletak ditepi sebelah kanan dari jalur lalu lintas.

c) **Talud**

Talud berfungsi untuk menahan badan jalan. Talud juga merupakan lereng parit yang dapat bertindak sebagai bagian dari bahu. Talud dapat terdiri dari tanah, rumput, atau pasangan penahan tanah.

d) **Trotoar**

Trotoar tidak dibutuhkan pada jalan raya diluar kota jika lalu lintas dan kepadatan penduduk rendah. Sebagian bahu jalan dapat menggantikan fungsi trotoar. Jika volume lalu lintas atau jumlah pejalan kaki lebih tinggi, maka harus dipakai bahu jalan yang lebih lebar. Lebar trotoar tergantung pada kondisi, dan sebaiknya selebar 3,0 m.

e) Lebar Manfaat Jalan dan Badan Jalan

Lebar manfaat adalah bagian dari jalan raya yang berguna langsung untuk lalu lintas. Sedangkan badan jalan adalah bagian penting bagi pemakai jalan dan meliputi jalur lalu lintas, median, dan bahu jalan.

f) Median (M)

Fungsi utama dari median adalah untuk memisahkan dua jurusan arus lalu lintas demi keamanan. Dengan demikian memungkinkan kecepatan yang tinggi guna membatasi belokan U agar lalu lintas lancar. Untuk membentuk jalur belok kanan pada persimpangan dan untuk mengurangi sorotan lampu.

Median dengan lebar sampai 5 meter sebaiknya ditinggikan dengan kereb atau dilengkapi dengan pembatas agar tidak dilanggar kendaraan. Semakin lebar median maka semakin baik bagi lalu lintas, tetapi semakin mahal biaya yang dibutuhkan. Lebar median jalan dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut :

Tabel 2.4 Lebar Median Jalan

Kelas	1&1*	2	3&3*
Lebar minimum mutlak median	0,5	0,5	0,5
Lebar minimum standar batas	2	1,5	1

(Sumber : Dirjen Bina Marga, Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2020)

2.7 Kriteria Perencanaan Jalan

2.7.1 Kendaraan rencana

Kendaraan rencana merupakan kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Kendaraan bermotor yang melalui jalan raya terdiri dari beragam jenis bentuk, dimensi, dan dayanya yang pada dasarnya dapat dikelompokkan atas kelompok kendaraan bermotor dan kendaraan tidak bermotor. Kendaraan bermotor dapat dikelompokkan atas mobil penumpang, bis, angkutan barang, dll. Ragam jenis ukuran, dimensi, bentuk kendaraan bermotor maupun kendaraan tidak bermotor untuk memudahkan melakukan desain geometrik jalan, maka perlu ditentukan

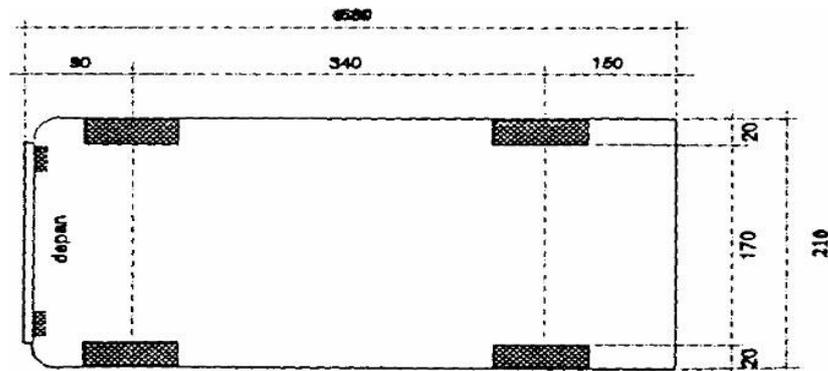
satu jenis kendaraan rencana yang kemudian akan mendasari desain geometrik jalan. Kendaraan rencana dikelompokkan menjadi tiga, yaitu :

- 1) Kendaraan kecil diwakili oleh mobil penumpang.
- 2) Kendaraan sedang diwakili oleh truk tiga as tandem atau oleh bus besar dua as.
- 3) Kendaraan besar diwakili truk semi – trailer.

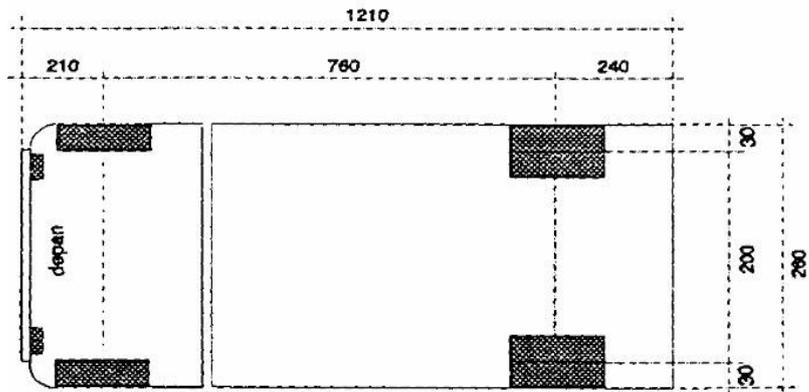
Tabel 2.5 Dimensi Kendaraan Rencana

Kategori Kendaraan	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius Putar (cm)		Radius Tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Min	Maks	
Kecil	130	210	560	90	150	420	730	780
Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Besar	410	260	2100	120	90	290	1400	1370

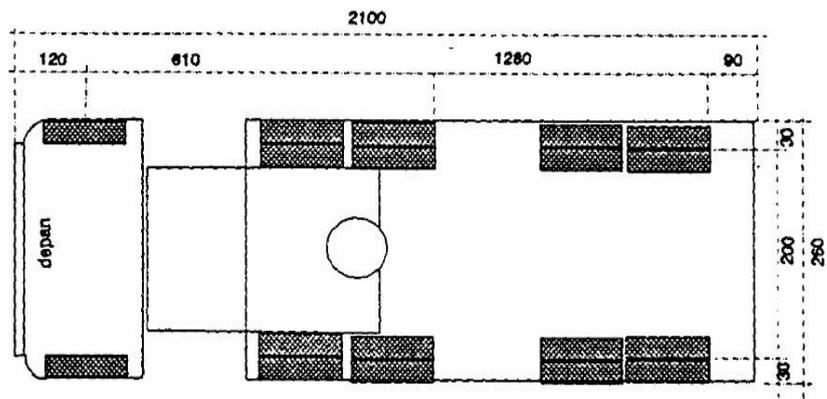
(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/BM/1997)



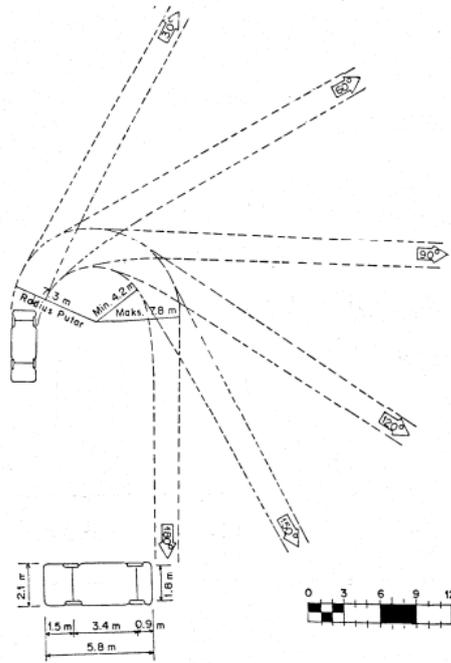
Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Kecil



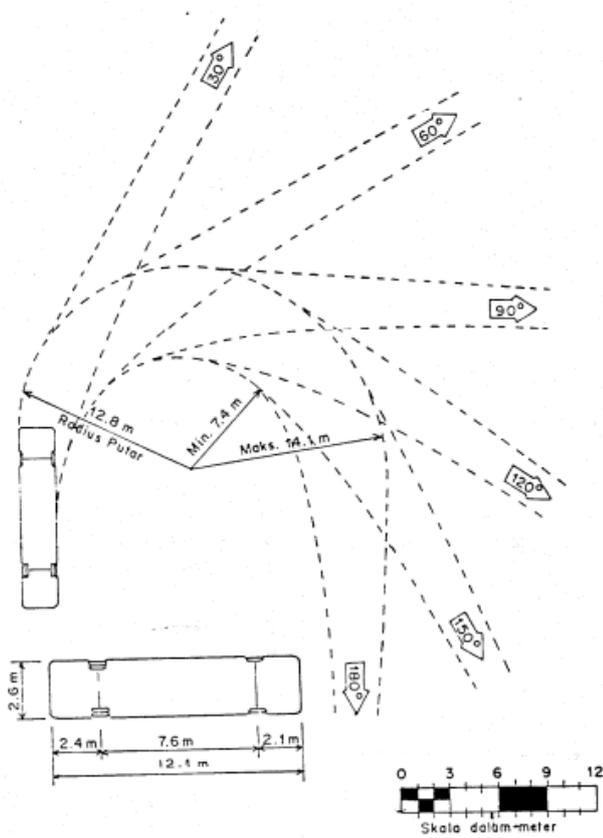
Gambar 2.4 Dimensi Kendaraan Sedang



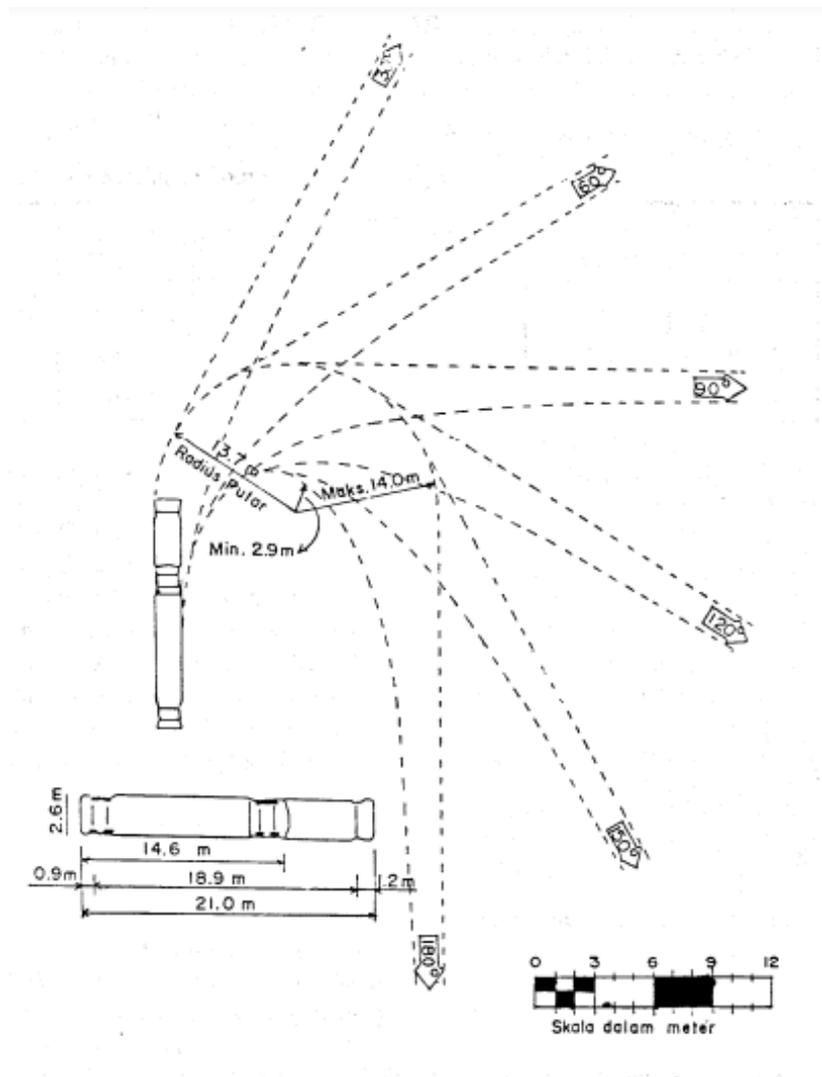
Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Besar



Gambar 2.4 Jari-Jari Manuver Kendaraan Kecil



Gambar 2.5 Jari-jari Manuver Kendaraan Sedang



Gambar 2.6 Jari-jari Manuver Kendaraan Besar

2.4.2 Kecepatan rencana

Kecepatan rencana, V_r pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lengang dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya kecepatan rencana antara lain :

- 1) Kondisi pengemudi dan kendaraan yang bersangkutan.
- 2) Sifat fisik jalan dan keadaan medan sekitarnya.

- 3) Sifat dan penggunaan daerah
- 4) Cuaca
- 5) Adanya gangguan dari kendaraan lain.
- 6) Batasan kecepatan yang diizinkan.

Tabel 2.6 Kecepatan Rencana (V_r) Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Kelas Jalan

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

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

2.4.3 Volume lalu lintas

Volume lalu lintas harian rata-rata (VLHR) adalah perkiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas yang dinyatakan dalam satuan mobil penumpang per hari (smp/hari). Berikut ini merupakan volume lalu lintas antara lain :

- 1) Satuan mobil penumpang (SMP)

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

Tabel 2.7 Satuan Mobil Penumpang

Jenis Kendaraan	Nilai SMP
Sepeda	0,5
Mobil Penumpang/Sepeda Motor	1,0
Pickup Combi	1,2
Truk Ringan (<5 ton)	2,0
Truk Sedang (>5 ton)	2,5

Truk Berat (>10 ton)	3,0
Bus	3,0
Kendaraan Tak Bermotor	7,0

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

Tabel 2.8 Faktor Satuan Mobil Penumpang

NO	Jenis Kendaraan	Kelas	SMP	
			Ruas	Simpang
1	Kendaraan ringan - Sedan/ Jeep - Oplet - Mikrobus - Pick – up	LV	1.00	1.00
2	Kendaraan Berat - Bus standar - Truk sedang - Truk berat	HV	1.20	1.30
3	Sepeda Motor	MC	0.25	0.40
4	Kendaraan Tak Bermotor - Becak - Sepeda - Gerobak, dll	UM	0.80	1.00

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

2) Ekvivalen Mobil Penumpang

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

Tabel 2.9 Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP)

No	Jenis Kendaraan	Datar / Bukit	Gunung
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)

2.4.4 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas berdasarkan data pertumbuhan series atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan yang berlaku. Jika tidak tersedia data, maka tabel faktor laju pertumbuhan lalu lintas dapat digunakan (2015-2035) menurut Manual Desain Perkerasan Jalan (Revisi Juni 2017) Nomor 04/SE/Db/2017.

Tabel 2.10 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i)

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

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

2.5 Jarak pandang dan jarak ruang bebas samping pada tikungan

2.5.1 Jarak pandang

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

Panjang jalan didepan yang masih dapat dilihat dengan jelas diukur dari titik kedudukan pengemudi, disebut dengan jarak pandang. Jarak pandang berguna untuk :

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

Menurut ketentuan Bina Marga, jarak pandang terbagi menjadi dua antara lain sebagai berikut :

1) Jarak pandang henti (J_h)

Jarak pandang henti adalah jarak pandang minimum yang diperlukan pengemudi untuk menghentikan kendaraan yang sedang berjalan setelah melihat adanya rintangan pada jalur yang dilaluinya. Jarak ini merupakan dua jarak yang ditempuh sewaktu melihat benda hingga menginjak rem dan jarak untuk berhenti setelah menginjak rem. J_h diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dari permukaan jalan. Adapun jarak pandang henti terdiri atas dua elemen jarak, yaitu :

I. Jarak tanggap (J_{ht})

Jarak tanggap (J_{ht}) merupakan suatu jarak yang dilalui/ditempuh oleh kendaraan dimulai saat pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.

II. Jarak pengereman (J_{hr})

Jarak pengereman (J_{hr}) merupakan suatu jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan dimulai saat pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

Jarak pandang henti (J_h) dalam satuan meter dan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$J_h = (J_{ht}) + (J_{hr}) \dots\dots\dots(2.1)$$

$$J_h = \frac{V_r}{3,6} \times T^2 + \frac{3,6}{2gf} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

V_r = Kecepatan rencana (km/jam)

T = Waktu tanggap (ditetapkan 2,5 detik)

G = Percepatan gravitasi (ditetapkan 9,8 m/det²)

f = Koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal

(AASHTO menetapkan $f = 0,28 - 0,45$) \rightarrow f semakin kecil jika V_r semakin tinggi dan sebaliknya.

Bina Marga menetapkan $f = 0,35 - 0,55$

Rumus diatas dapat disederhanakan menjadi :

- Untuk jalan datar :

$$J_h = 0,278 V_R T + \frac{V_R^2}{254f} \dots\dots\dots(2.3)$$

- Untuk jalan dengan kelandaian tertentu

$$J_h = 0,278 V_R T + \frac{V_R^2}{254(f \pm L)} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana L = Landai Jalan (%) dibagi 100

Tabel 2.11 Jarak Pandang Henti Minimum

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

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

2) Jarak Pandang Mendahului (Jd)

Jarak pandang mendahului merupakan jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula. Jarak pandang mendahului diukur berdasarkan asumsi tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 105 cm. Adapun estimasi jarak pandangan mendahului diformulasikan dengan persamaan sebagai berikut :

$$Jd = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

d_1 = Jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m).

d_2 = Jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula (m).

d_3 = Jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m).

d_4 = Jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan (m).

Adapun rumusan estimasi d_1, d_2, d_3, d_4 adalah sebagai berikut :

$$d_1 = 0,278 T_1 \left(V_r - m + \frac{a \cdot T_1}{2} \right) \dots \dots \dots (2.6)$$

$$d_2 = 0,278 \times V_r \times T_2 \dots \dots \dots (2.7)$$

$$d_3 = \text{antara } 30\text{-}100 \text{ m} \dots \dots \dots (2.8)$$

$$d_4 = \frac{2}{3} \times d_2 \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana :

T_1 = Waktu dalam (detik), = $2,12 + 0,026 V_r$

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

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

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

Nilai jarak pandang mendahului untuk jalan antar kota menurut kecepatan rencana yang dipilih, disajikan pada tabel 2.10. Sedangkan untuk jalan perkotaan disajikan pada tabel 2.11.

Tabel 2.12 Panjang Jarak Pandang Mendahului Berdasarkan V_r

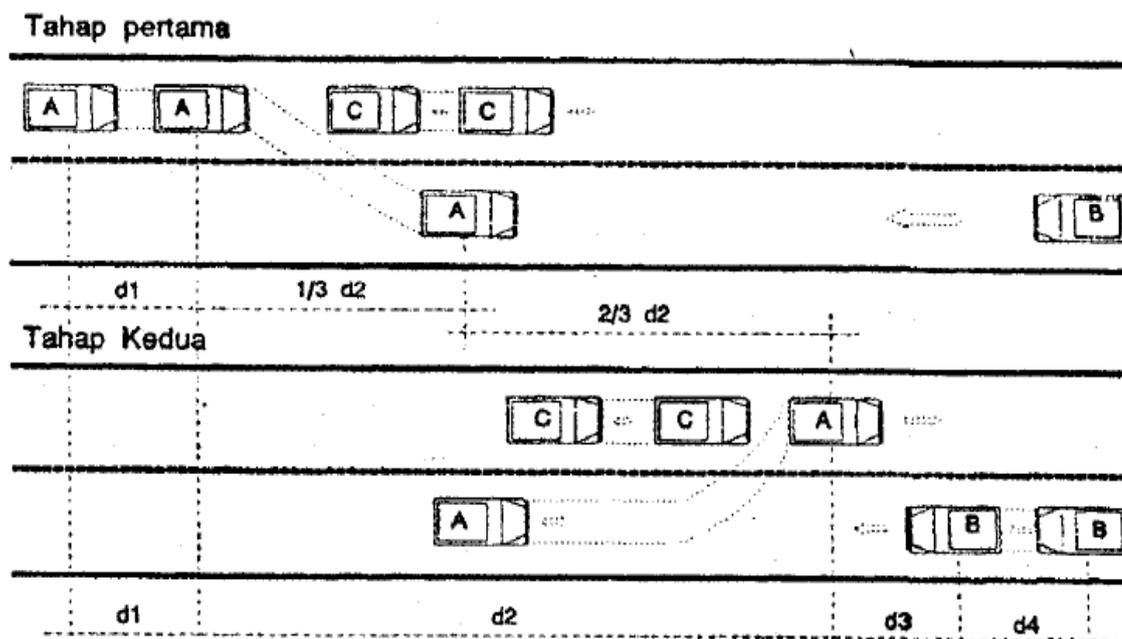
V_r (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jd	800	675	550	350	250	200	150	100

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

Tabel 2.13 Jarak Kendaraan Mendahului dengan Kendaraan Datang

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

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



Gambar 2.7 Proses Pergerakan Untuk Jarak Pandang Mendahului

Keterangan :

A = Kendaraan yang mendahului

B = Kendaraan yang berlawanan arah

C = Kendaraan yang didahului kendaraan A

3) Jarak Pandang Aman (J_{PA})

J_{PA} adalah jarak pandang yang diperlukan pengemudi untuk mengenali objek yang kompleks (*decision sight distance*), informasi yang harus dicermati, dan atau kondisi yang tidak umum dan mungkin mengancam, dalam tugas mengemudi memilih kecepatan dan lajur, dan bermanouver secara aman serta efisien. Karena J_{PA} ini membutuhkan perhatian pengemudi yang lebi dari diterapkannya J_{PA} adalah bahwa J_{PA} harus dipenuhi pada lokasi-lokasi yang banyak menyebabkan

manouver kendaraan yang tidak biasa atau tidak mudah diduga seperti di persimpangan, perubahan potongan melintang seperti di plaza tol, area dimana menuntut banyak perhatian pengemudi seperti lalu lintas yang padat, banyak alat pengangkut lalu lintas, dan banyak gambar iklan.

4) Jarak Pandang Bebas Samping di Tikungan (J_{PB})

J_{PB} adalah jarak pandang yang diperlukan pengemudi untuk mengenali kendaraan lain yang ada di seberang tikungan. J_{PB} ini paling kecil sama dengan J_h . Ketentuan teknis J_{PB} adalah agar daerah di tikungan dibebaskan dari bangunan atau objek lain yang dapat menghalangi pandangan pengemudi sepanjang J_{PB} . Hal ini dimaksudkan agar pengemudi dapat melihat dan melewati tikungan dengan aman.

2.5.2 Ketentuan jarak pandang

Jarak pandang ditentukan oleh tinggi mata pengemudi, tinggi objek, waktu reaksi pengemudi, dan perlambatan longitudinal.

2.5.2.1 Tinggi mata pengemudi

Tinggi mata pengemudi ditentukan oleh kombinasi dari ketinggian tubuh pengemudi, tinggi kursi pengemudi, tinggi kursi kendaraan, dan jenis kendaraan diukur dari muka perkerasan jalan. Tinggi mata pengemudi masing-masing untuk kendaraan penumpang, bus, dan truk sebesar 1,50 m, 1,90 m, dan 2,20 – 2,30 m. Angka-angka ini berbeda dengan angka-angka yang diusulkan oleh KIAT (2019), yaitu 1,20 m, 1,80 m, dan 2,40 m. Untuk mobil penumpang, nilainya lebih tinggi sehingga cenderung memberikan panjang jarak pandang henti dan mendahului yang lebih pendek.

Angka tinggi mata pengemudi yang lebih kecil sebaiknya digunakan karena berada dipihak yang lebih aman, yaitu memberikan jarak pandang yang lebih panjang. Untuk bus dan truk memang berbeda tetapi tidak memberikan perbedaan yang besar. Dengan demikian, tinggi mata pengemudi untuk desain geometrik jalan ditetapkan pada tabel 2.14

Tabel 2.14 Tinggi Mata Pengemudi

Jenis Kendaraan	Tinggi Mata Pengemudi (m)
Mobil Penumpang	1,20
Bus	1,80
Truk	2,40

(Sumber : Dirjen Bina Marga/Pedoman Desain Geometrik Jalan/2020)

2.5.2.2 Tinggi objek

Dalam perhitungan jarak pandang, tinggi objek ditetapkan berdasarkan kompromi antara panjang jarak pandang dan biaya konstruksi jalan. Jh ditetapkan berdasarkan reaksi pengemudi terhadap objek berbahaya yang ada di permukaan jalur jalan atau keberadaan kendaraan lain. Semakin kecil objek, semakin panjang jarak pandangnya dan akan semakin besar biaya konstruksinya. Untuk menetapkan jarak pandang pada desain geometrik, Digunakan nilai-nilai tinggi objek dalam tabel 2.15.

2.6 Penentuan Koridor

Penentuan koridor ditentukan pada tahap studi kelayakan, ketika sejumlah desain alinyemen dikaji dengan menggunakan informasi yang tersedia dan sudah digabungkan dalam peta topografi yang meliputi data topografi itu sendiri (termasuk kontur), geologi, guna lahan (termasuk daerah terbangun), cuaca (curah hujan dan kawasan banjir), lingkungan, budaya, dan populasi. Dalam menetapkan alinyemen, designer harus mempertimbangkan topografi, khususnya kelayakan memanjang jalan, daerah pegunungan, berbukit, dan datar, serta aliran air. Informasi geologi digunakan untuk menilai daerah batuan atau kondisi tanah yang memungkinkan digunakan daerah tanah lunak, dan mengestimasi kondisi eksisting untuk menghindari longsor, penggalian, dan penimbunan dalam menentukan alinyemen. Faktor-faktor lain yang harus dipertimbangkan adalah lokasi dari setiap daerah-daerah yang rawan terhadap lingkungan, budaya, sebaran penduduk, dan guna lahan.

Faktor-faktor tersebut dikombinasi dengan informasi tentang V_r , kalsifikasi jalan, volume lalu lintas, dan hasil penetapan kriteria desain geometrik jalan dalam proses pemilihan alinyemen, sehingga menghasilkan pilihan desain alinyemen yang efektif, efisien, dan ekonomis.

2.6 Penentuan Trase Jalan

Trase jalan adalah garis tengah sumbu jalan yang merupakan garis lurus saling terhubung dengan peta topografi serta merupakan acuan dalam menetapkan tinggi muka tanah dasar.

2.5.1 Prinsip perencanaan penentuan pemilihan trase jalan

Prinsip dalam perencanaan penentuan pemilihan trase jalan berdasarkan Permen PU No.19 Tahun 2011 tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan adalah sebagai berikut :

1. Trase jalan sebaiknya dibuat lurus, pendek, sedikit tikungan, dan kelandaiannya (grade) seminim mungkin.
2. Trase jalan menjauhi Daerah Aliran Sungai (DAS).
3. Trase jalan mempertimbangkan besarnya volume galian dan timbunan.
4. Pemilihan lokasi trase pada tanah yang mempunyai nilai CBR yang memenuhi syarat, sehingga keberadaan tanah tersebut bisa dipakai untuk pekerjaan timbunan pada lokasi trase jalan yang akan direncanakan.
5. Pemilihan trase jalan sebaiknya dihindari pada daerah patahan, tanah rawan longsor, muka air tanah yang tinggi serta lokasi daerah yang mempunyai curah hujan yang tinggi.
6. Diupayakan pemilihan trase jalan tidak pada daerah hutan lindung, cagar budaya, dan iklim.
7. Diupayakan trase jalan yang direncanakan jangan dilokasi padat penduduk dan lahan yang bermasalah seperti tuntutan ganti rugi yang tinggi.

2.5.2 Tahapan perencanaan penentuan trase jalan

Tahapan perencanaan penentuan trase jalan sebagai berikut :

1. Pembentukan tim

Untuk memperoleh perencanaan pemilihan trase jalan yang memenuhi persyaratan teknis dan ekonomis perlu pemanfaatan tenaga yang mempunyai keahlian yang menguasai bidangnya, seperti ahli topografi, ahli geologi, ahli tentang kondisi sifat tanah permukaan. Maka perlu dibentuk tim perencanaan untuk melaksanakan koordinasi pada saat mereka melaksanakan kegiatan dilapangan atau di kantor dalam menentukan lokasi yang tepat untuk penentuan trase jalan. Tim trase jalan harus dibentuk melalui surat keputusan dari penanggung jawab penyelenggara kegiatan trase jalan.

Beberapa aspek yang perlu mendapatkan perhatian oleh tim penentuan trase jalan selain memenuhi persyaratan teknis dan ekonomis diatas adalah aspek sosial, budaya penduduk setempat, dan aspek lingkungan. Sehingga nantinya lokasi pemilihan trase jalan tersebut memberikan dampak positif bagi penduduk sekitarnya.

Dalam hal aspek lingkungan yang perlu diperhatikan juga adalah dalam menentukan trase jalan tidak merusak ekosistem daerah, sehingga dengan kata lain dalam perencanaan lokasi trase jalan dapat menggabungkan aspek teknik ekonomi dan lingkungan.

2. Program kerja tim survey

Untuk mengoptimalkan hasil kerja yang bisa dipertanggung jawabkan perlu dibentuk tim survey lapangan dengan surat keputusan yang berwenang, tim yang dimaksud meliputi tim topografi, geofisik, dan lingkungan. Tim ini bertugas menyusun program kerjanya masing-masing, mulai dari pengumpulan data survey lapangan, menentukan lokasi trase jalan sampai dengan evaluasi dan pelaporan. Data yang diperlukan tim yang akan melaksanakan survey adalah sebagai berikut:

- Peta jaringan jalan
- Peta topografi
- Peta geologi regional
- Peta bumi Indonesia

- Foto udara
- Data curah hujan
- Peta lingkungan
- Dan sebagainya

Dari data-data penunjang diatas nantinya akan dievaluasi dan disesuaikan kembali dengan kondisi dilapangan oleh masing-masing tim. Hasil survey lapangan akan dibahas dalam rapat bersama untuk menentukan lokasi yang tepat untuk trase jalan.

3. Persiapan dan pelaksanaan survey

Persiapan dan pelaksanaan survey penentuan trase jalan tujuannya adalah mengecek kesiapan tim dalam membuat rencana kerja, penyiapan peralatan survey, penyiapan format isian survey, dan sebagainya yang disesuaikan dengan kondisi lapangan yang akan disurvey. Kegiatan survey ini meliputi :

A. Survey awal (*Reconnaissance survey*)

Tujuan dari survey ini adalah nantinya membuat peta dasar dari satu daerah dalam batas koridor rencana jalan. Kegiatan survey meliputi pengumpulan data-data yang menyangkut data topografi, geofisik, lingkungan, dan sebagainya yang menggambarkan tentang kondisi daerah yang bersangkutan yang akan dijadikan pemilihan lokasi trase jalan. Pengumpulan data tersebut merupakan panduan dari tim untuk melaksanakan peninjauan ke lapangan secara langsung.

Penetapan titik stasiun untuk mengetahui panjang trase jalan dan titik-titik stasiun lintasan dari suatu tempat ke tempat stasiun lainnya. Titik-titik penting terdapat disepanjang jalan dinamakan titik stasiun. Jadi titik stasiun (STA) adalah jarak langsung yang diukur dari mulai titik awal (STA 0+000) sampai dengan stasiun lainnya. Dalam memilih trase jalan yang akan di plot ke dalam peta dasar sebaiknya dibuat beberapa alternatif trase jalan yang selanjutnya dalam rapat akan disepakati alternatif mana trase jalan yang akan ditetapkan. Penetapan trase jalan harus mempertimbangkan dari syarat teknis dan biaya yang paling ekonomis.

B. Survey Pendahuluan (*Preliminary Survey*)

Survey ini menindaklanjuti terhadap survey sebelumnya yang menghasilkan satu pemilihan trasejalan diantara beberapa alternatif trase jalan yang

direncanakan didalam peta dasar. Kegiatan pelaksanaan survey dilapangan adalah sebagai berikut :

- 1) Membuat tempat poligon utama berjarak 2-5 km dan diikat dengan titik triangulasi berupa patok-payok *bench mark* (BM).
- 2) Melaksanakan pengukuran situasi untuk mendapatkan data-data lapangan seperti garis tinggi bangunan, sungai, danau, jalan raya atau jalan kereta api.
- 3) Melaksanakan pengukuran profil memanjang lokasi trasr jalan yang telah ditetapkan pada survey sebelumnya guna keperluan menghitung besaran volume galian dan timbunan.

C. Survey lokasi (*Location Survey*)

Setelah ditentukan lokasi trase jalan, selanjutnya dilakukan pengukuran terhadap pembebasan tanah bagi penduduk yang tanahnya terkena untuk pembangunan jalan. Urutan pengukuran lokasi pembebasan tanah adalah :

- 1) Melakukan pematokan sumbu jalan dan sudut jurusan serta kelandaian yang telah ditentukan sebelumnya.
- 2) Memberi tanda dan patok-patok pada bagian yang lurus.
- 3) Mengukur dan menandai sudut-sudut defleksi dari rute jalan.
- 4) Memberi tanda untuk stasiun-stasiun dan profil melintang.
- 5) Membuat patok-patok setiap tikungan jalan.
- 6) Membuat patok-patok Rumija dan Rumaja pada lahan trase jalan yang akan dibebaskan.

2.6 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal merupakan proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal juga dikenal dengan nama “situasi jalan”. Alinyemen horizontal terdiri dari garis-garis lurus yang dihubungkan dengan garis-garis lengkung. Garis lengkung tersebut dapat terdiri dari busur lingkaran ditambah busur peralihan, busur peralihan saja atau busur lingkaran saja. (Hamirhan Saodang, 2010 : 57).

Adapun aspek-aspek penting dalam alinyemen horizontal diantara sebagai berikut :

- 1) Gaya sentrifugal.
- 2) Bentuk-bentuk tikungan.
- 3) Bentuk-bentuk busur peralihan.
- 4) Diagram superelevasi.
- 5) Pelebaran perkerasan pada tikungan.
- 6) Jarak pandang pada tikungan.

Pada perencanaan alinyemen horizontal biasanya akan ditemui dua jenis bagian jalan, yaitu bagian lurus dan bagian lengkung atau disebut tikungan. Tikungan terdiri dari 3 jenis tikungan, yaitu *Full Circle (FC)*, *Spiral Circle Spiral (SCS)*, dan *Spiral-Spiral (SS)*.

Pada perencanaan alinyemen horizontal, umumnya akan ditemui dua jenis bagian jalan, yaitu bagian lurus dan bagian lengkung. (Shirley L.Hendrasin, 2000:93).

a. Bagian Lurus

Panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus dapat ditempuh dalam waktu $\leq 2,5$ menit (sesuai V_r). Dengan mempertimbangkan keselamatan pengemudi akibat dari kelelahan.

b. Bagian Tikungan

Bagian tikungan terdiri dari :

1) Jari-Jari Minimum

Kendaraan pada saat melalui tikungan dengan kecepatan (V_r) akan menerima gaya sentrifugal yang menyebabkan kendaraan tidak stabil. Untuk mengimbangi gaya sentrifugal tersebut, perlu dibuat suatu kemiringan melintang pada tikungan yang disebut dengan superelevasi. Jari-jari minimum (R_{min}) ditetapkan sebagai berikut :

$$R_{min} = \frac{V_r^2}{127 \cdot (e_{maks} + f_{maks})} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

R_{min} = Jari-jari tikungan minimum (m)

V = Kecepatan rencana (km/jam)

e_{maks} = Superelevasi maksimum (%)

f_{maks} = Koefisien gesek (%)

Panjang jari-jari tikungan minimum (R_{min}) dapat juga ditetapkan dengan menggunakan tabel dibawah ini :

Tabel 2.15 Panjang Jari-Jari Minimum (Dibulatkan)

V_r (km/jam)	120	100	90	80	60	50	40	30	20
R_{min} (m)	600	370	280	210	115	80	50	30	15

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

2) Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen yang tiba-tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran ($R =$ tak terhingga), jadi lengkung peralihan ini diletakkan antara bagian lingkaran (*circle*), yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan berbentuk busur lingkaran. Lengkung peralihan dengan bentuk *spiral* (*clotoid*) banyak digunakan juga oleh Bina Marga. Dengan adanya lengkung peralihan, maka tikungan menggunakan jenis SCS. (Shirley L.Hendrasin, 2000:93)

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

- a) Berdasarkan waktu tempuh maksimum (3 detik) di lengkung peralihan.

$$L_s = \frac{V_r}{3,6} \cdot T \dots\dots\dots (2.1)$$

- b) Berdasarkanantisipasi gaya sentrifugal

$$L_s = 0,022 \cdot \frac{VR^3}{R.C} - 2,727 \cdot \frac{VR^3}{R.C} \dots\dots\dots (2.2)$$

c) Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_s = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 \cdot \gamma_e} \cdot V_r \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

T = Waktu tempuh (3 detik)

R = Jari-jari busur lingkaran

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

V_r = Kecepatan rencana (km/jam)

e = Superelevasi

e_m = Superelevasi maksimum

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

untuk V_r ≤ 70 km/jam re maks = 0,035 m/m/det

untuk V_r ≥ 80 km/jam re maks = 0,025 mm/det

Tabel 2.16 Jari-Jari yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

V (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
R _{min} (m)	2500	1500	900	500	350	250	130	60

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

Tabel 2.17 Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan Superlevasi yang dibutuhkan (e_{maks} = 10% metode Bina Marga)

D	R	V=50km/jam		V=60km/jam		V=70 km/jam		V=80 km/jam		V=90 km/jam	
		L _s									
0.250	5730	LN	45	LN	50	LN	60	LN	70	LN	75
0.500	2865	LN	45	LN	50	LP	60	LP	70	LP	75
0.750	1910	LN	45	LP	50	LP	60	0.020	70	0.025	75
1.000	1432	LP	45	LP	50	0.021	60	0.027	70	0.033	75
1.250	1146	LP	45	LP	50	0.025	60	0.033	70	0.040	75
1.500	955	LP	45	0.023	50	0.030	60	0.038	70	0.047	75
1.750	819	LP	45	0.026	50	0.035	60	0.044	70	0.054	75
2.000	716	LP	45	0.029	50	0.039	60	0.049	70	0.060	75
2.500	573	0.026	45	0.036	50	0.047	60	0.059	70	0.072	75
3.000	477	0.030	45	0.042	50	0.055	60	0.068	70	0.081	75

3.500	409	0.035	45	0.048	50	0.062	60	0.076	70	0.089	75	
4.000	358	0.039	45	0.054	50	0.068	60	0.082	70	0.095	75	
4.500	318	0.043	45	0.059	50	0.074	60	0.088	70	0.099	75	
5.000	286	0.048	45	0.064	50	0.079	60	0.093	70	0.100	75	
6.000	239	0.055	45	0.073	50	0.088	60	0.098	70	Dmaks=5,12		
7.000	205	0.062	45	0.080	60	0.094	60	Dmaks=6,82				
8.000	179	0.068	45	0.086	60	0.098	60					
9.000	159	0.074	45	0.091	60	0.099	60					
10.000	143	0.079	45	0.095	60	Dmaks=9,12						
11.000	130	0.083	45	0.098	60							
12.000	119	0.087	45	0.100	60							
13.000	110	0.091	45	Dmaks=12,79								
14.000	102	0.093	45									
15.000	96	0.096	45									
16.000	90	0.097	45									
17.000	84	0.099	45									
18.000	80	0.099	45									
19.000	75	D maks=18,8										

(Sumber : Dirjen Bina Marga/Pedoman Desain Geometrik Jalan/2020)

Keterangan :

LN = Lereng jalan normal diasumsikan = 2%

LP = Lereng luar diputar sehingga perkerasan mendapat superelevasi sebesar lereng jalan normal = 2%

LS = Diperhitungkan dengan mempertimbangkan rumus modifikasi short, landai relatif maksimum, jarak tempuh 2 detik, dan lebar perkerasan 2x3,75 m

2.6.1 Radius maksimum yang memerlukan lengkung peralihan (*spiral*)

Pada busur lingkaran dengan radius lebih besar dari nilai-nilai yang ditunjukkan dalam tabel 2.18. Nilai-nilai dalam tabel tersebut di dasari atas kombinasi kecepatan operasi, radius lengkungan, panjang minimal lengkung peralihan, panjang lengkung peralihan yang dikehendaki untuk *runoff* superelevasi, dan kebutuhan akan lengkung peralihan jika pergeseran lengkung peralihan lebih besar dari 0,25-0,30 m.

Tabel 2.19 Radius Maksimum yang Memerlukan Lengkung Peralihan

Kecepatan Operasi (Km/jam)	Radius Maksimum yang Memerlukan Lengkung Peralihan (m)
20	25
30	54
40	95
50	148
60	213
70	290
80	379
90	480
100	592
110	716
120	852

(Sumber : Dirjen Bina Marga/Pedoman Desain Geometrik Jalan/2020)

2.6.1 Menentukan Titik Koordinat

Berdasarkan gambar trase jalan rencana yang telah dibuat, setelah itu dapat menentukan posisi titik koordinat. Posisi titik koordinat dari jalan yang diperoleh dengan menggunakan program *google earth* dan *AutoCAD*.

2.6.2 Menghitung Panjang Garis Tangen

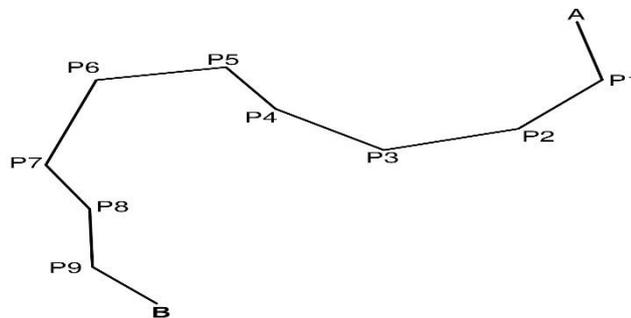
Perencanaan geometrik jalan raya merupakan bentuk fisik jalan dalam tiga dimensi. Untuk mempermudah dalam penggambaran bagian-bagian perencanaan, maka bentuk fisik jalan digambarkan dalam bentuk alinyemen horizontal atau trase jalan, alinyemen vertikal atau penampang jalan dan potongan melintang.

Adapun perhitungan jarak titik-titik penting yang diperoleh dari pemilihan rencana alinyemen horizontal dapat menggunakan rumus berikut ini :

$$D = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

- D = Jarak titik A ke titik P1
- X₂ = Koordinat titik P1.1 sumbu X
- X₁ = Koordinat titik A pada sumbu X
- Y₂ = Koordinat titik P1.1 pada sumbu Y
- Y₁ = Koordinat titik A pada sumbu Y



Gambar 2.8 Panjang Trase dari Titik A ke Titik B

2.6.3 Menghitung sudut azimuth dan sudut antara dua tangen (Δ)

Setelah menentukan koordinat dan menghitung panjang garis tangen maka selanjutnya menghitung sudut azimuth dan sudut antara dua tangen dengan rumus berikut ini :

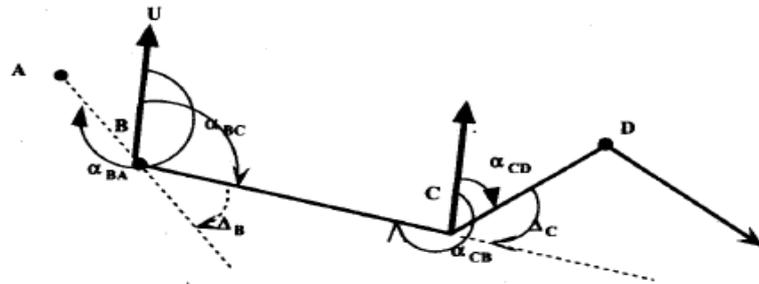
$$\alpha_A = \text{arc tg} \frac{X_{p1} - X_A}{Y_{p1} - Y_A} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$\text{Azimuth A} = 180^\circ - \alpha_A \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\alpha_{p1} = \text{arc tg} \frac{X_{p2} - X_{p1}}{Y_{p2} - Y_{p1}} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$\text{Azimuth P1} = 180^\circ - \alpha_{p1} \dots\dots\dots(2.8)$$

Azimuth α_A (terbesar) – Azimuth α_1 (terkecil)(2.9)



Gambar 2.9 Sudut Azimuth dan Sudut Tangen

2.6.4 Menentukan medan jalan

Berdasarkan perhitungan rata-rata dari ketinggian muka tanah lokasi rencana, maka dapat diketahui lereng melintang yang digunakan untuk menentukan golongan medan jalan. Dapat dilihat pada tabel 2.5 apakah medan jalan tersebut datar, perbukitan, atau pegunungan.

2.6.5 Menentukan koordinat

Berdasarkan gambar trase jalan rencana yang telah dibuat, setelah itu dapat menentukan posisi titik koordinat. Posisi koordinat titik dari jalan diperoleh dengan menggunakan program *Google earth* dan *Autocad*.

2.6.6 Jenis-jenis tikungan

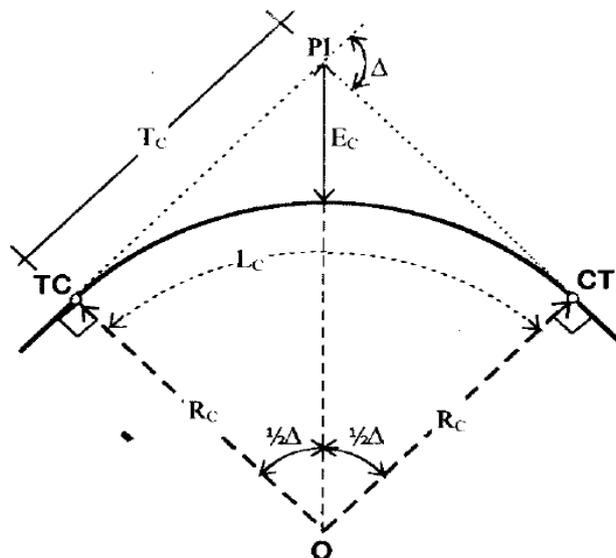
Terdapat tiga jenis tikungan, antara lain :

1. *Full Circle* (FC)

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

Jenis tikungan ini biasanya digunakan pada jalan yang tikungannya berjari-jari besar serta dengan sudut tangen yang relatif kecil. Atas dasar ini maka perencanaan tikungan dapat memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan raya, dalam merencanakan tikungan harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- a. Lengkung peralihan
- b. Kemiringan melintang (*superelevasi*)
- c. Pelebaran perkerasan jalan
- d. Kebebasan samping



Gambar 2.10 Tikungan *Full Circle*

Rumus yang digunakan pada tikungan *full circle* yaitu :

$$F_m = -0,00065 \cdot V_r + 0,192 \text{ (untuk kec. } < 80 \text{ km/jam)} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$X = \frac{(ep+en) \cdot \frac{3}{4} L_s}{L_s} - en \dots\dots\dots (2.11)$$

$$R_{min} = \frac{V_r^2}{127 (e_{maks} + f_{maks})} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$D_{maks} = \frac{181913,53 (e_{maks} + f_{maks})}{V_r} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$D = -\frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$e = -\frac{emax}{D^2max} D^2 + \frac{2.emax}{Dmax} D \dots\dots\dots(2.15)$$

$$\theta_s = \frac{\Delta}{2} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$Tc = R \cdot \tan^{1/2} \Delta \dots\dots\dots(2.17)$$

$$Ec = R \cdot \tan^{1/4} \Delta \dots\dots\dots(2.18)$$

$$Lc = \frac{\pi}{180} \cdot \Delta \cdot R \frac{ep+en}{Ls} \frac{x+en}{\frac{3}{4}Ls} \dots\dots\dots(2.19)$$

Kontrol = 2. Tc > Lc

Keterangan :

Δ = Sudut tikungan ($^{\circ}$)

O = Sudut Pusat Lingkaran ($^{\circ}$)

Tc = panjang tangen jarak dari TC ke P1 atau P1 ke CT (m)

Rc = Jari-jari lingkaran (m)

Lc = Panjang Busur Lingkaran (m)

Ec = Jarak luar dari P1 ke busur lingkaran (m)

2. *Spiral Circle Spiral (SCS)*

Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS) dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen yang tiba-tiba bentuk lurus ke bentuk lingkaran, jadi lengkung peralihan ini diletakkan antara bagian lurus dan bagian lingkara (circle), yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan berbentuk busur lingkaran.

Bentuk tikungan ini digunakan pada daerah-daerah perbukitan atau pegunungan, karena tikungan jenis ini memiliki lengkung peralihan yang

memungkinkan perubahan menikung tidak secara mendadak dan tikungan tersebut menjadi aman.

Panjang lengkung peralihan, L_s menurut TPGJAK 1997 diambil nilai yang terbesar dari tiga persamaan dibawah ini :

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

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

Berdasarkan antipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus *modifikasi short*, sebagai berikut :

$$L_s = 0,022 \frac{V_R^3}{R_c.C} T - 2,727 \frac{V_{R-e}}{C} \dots\dots\dots(2.21)$$

- b. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian :

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

Dimana :

T = Waktu tempuh (3 detik)

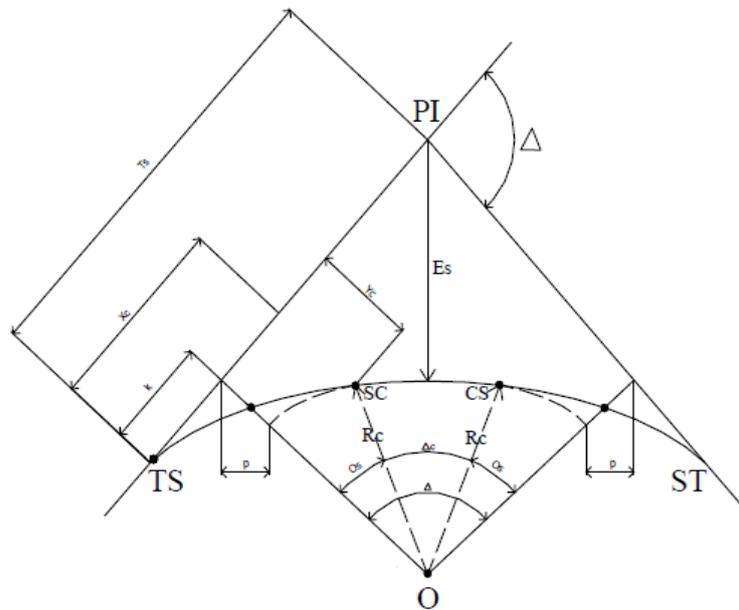
R_c = Jari-jari busur lingkaran (m)

C = Perubahan Kecepatan 0,3 – 1,0 m/detik

Γ_e = Tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan

Untuk $V \leq 70$ km/jam, $\Gamma_e = 0,035$ m/m/dt

Untuk $V_R \geq 80$ km/jam, $\Gamma_e = 0,025$ m/m/dt



Gambar 2.11 Tikungan *Spiral Circle Spiral*

Rumus yang berlaku dalam perencanaan tikungan *Spiral Circle Spiral* ini adalah :

$$F_m = -0,00065 \cdot V_r + 0,192 \text{ (untuk } v_{ec} < 80 \text{ km/jam)} \dots\dots\dots (2.23)$$

$$R_{min} = \frac{V_r^2}{127 (e_{maks} + f_{maks})} \dots\dots\dots (2.24)$$

$$D_{maks} = \frac{181913,53 (e_{maks} + f_{maks})}{V_r} \dots\dots\dots (2.25)$$

$$D = -\frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots (2.26)$$

$$e = -\frac{e_{max}}{D^2_{max}} D^2 + \frac{2 \cdot e_{max}}{D_{max}} D \dots\dots\dots (2.27)$$

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40Rc^2}\right) \dots\dots\dots (2.28)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 Rc} \dots\dots\dots (2.29)$$

$$\theta_s = \frac{90 L_s}{\pi Rc} \dots\dots\dots (2.30)$$

$$\Delta c = \Delta - 2.\theta_s \dots \dots \dots (2.31)$$

$$p = \frac{L_s^2}{6 R_c} - R_c (1 - \cos \theta_s) \dots \dots \dots (2.32)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40 R_c^2} - R_c \sin \theta_s \dots \dots \dots (2.33)$$

$$T_s = (R_c + p) \tan \frac{1}{2}\Delta + k \dots \dots \dots (2.34)$$

$$E_s = (R_c + p) \sec \frac{1}{2}\Delta + R_c \dots \dots \dots (2.35)$$

$$L_c = \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times \pi \times R_c \dots \dots \dots (2.36)$$

$$L_{tot} = L_c + 2 L_s \dots \dots \dots (2.37)$$

Kontrol = $L_{total} < 2. T_s$

Keterangan :

- Xs = Absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS ke SC
(jarak lurus lengkung peralihan).(m)
- Ys = Koordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, jarak tegak lurus ke titik SC pada lengkung.(m)
- Ls = Panjang lengkung peralihan (panjang dari titik TS ke SC atau CS ke ST).(m)
- Lc = Panjang busur lingkaran (panjang dari titik TS Ke SC atau CS ke ST).(m)
- Ts = Panjang tangen dari titik P1 ke TS atau ke titik ST.(m)
- TS = Titik dari tangen ke spiral.(m)
- SC = Titik dari spiral ke lingkaran.(m)
- Es = Jarak dari P1 Ke busur lingkaran.(m)
- θ_s = Sudut lengkung spiral ($^\circ$)
- Rc = Jari-jari lingkaran.(m)
- p = Pergeseran tangen terhadap spiral (m)
- k = absis dari p pada garis tangen spiral (m)

Tabel untuk menentukan nilai p dan k dapat dilihat pada tabel 2.18 dibawah ini:

Tabel 2.20 Tabel p dan k untuk $L_s = 1$

θ_s (*)	p*	k*	θ_s (*)	p*	k*	θ_s (*)	p*	k*
0,5	0,0007272	0,4999987	14,0	0,0206655	0,4989901	27,5	0,0422830	0,4959406
1,0	0,0014546	0,4999949	14,5	0,0214263	0,4989155	28,0	0,0431365	0,4957834
1,5	0,0021820	0,4999886	15,0	0,0221896	0,4988381	28,5	0,0439946	0,4956227
2,0	0,0029098	0,4999797	15,5	0,0229553	0,4987580	29,0	0,0448572	0,4954585
2,5	0,0036378	0,4999683	16,0	0,0237236	0,4986750	29,5	0,0457245	0,4952908
3,0	0,0043663	0,4999543	16,5	0,0244945	0,4985892	30,0	0,0465966	0,4951196
3,5	0,0050953	0,4999377	17,0	0,0252681	0,4985005	30,5	0,0474735	0,4949448
4,0	0,0058249	0,4999187	17,5	0,0260445	0,4984090	31,0	0,0483550	0,4947665
4,5	0,0065551	0,4998970	18,0	0,0268238	0,4983146	31,5	0,0492422	0,4945845
5,0	0,0072860	0,4998728	18,5	0,0276060	0,4982172	32,0	0,0501340	0,4943988
5,5	0,0080178	0,4998461	19,0	0,0283913	0,4981170	32,5	0,0510310	0,4942094
6,0	0,0094843	0,4998176	19,5	0,0291797	0,4980137	33,0	0,0519333	0,4940163
6,5	0,0102191	0,4997848	20,0	0,0299713	0,4979075	33,5	0,0528408	0,4938194
7,0	0,0109550	0,4997503	20,5	0,0307662	0,4977983	34,0	0,0537536	0,4936187
7,5	0,0116922	0,4997132	21,0	0,0315644	0,4976861	34,5	0,0546719	0,4934141
8,0	0,0124307	0,4997350	21,5	0,0323661	0,4975708	35,0	0,05559557	0,4932057
8,5	0,0131706	0,4993120	22,0	0,0331713	0,4974525	35,5	0,0562500	0,4929933
9,0	0,0139121	0,4995862	22,5	0,0339801	0,4973311	36,0	0,0574601	0,4927769
9,5	0,0146551	0,4995387	23,0	0,0347926	0,4972065	36,5	0,0584008	0,4925566
10,0	0,0153997	0,4994884	23,5	0,0356088	0,490788	37,0	0,0593473	0,4923322
10,5	0,0161461	0,4994356	24,0	0,0364288	0,496979	37,5	0,0602997	0,4921037
11,0	0,0161461	0,4993800	24,5	0,0372528	0,4968139	38,0	0,0612581	0,4918711
11,5	0,0168943	0,4993218	25,0	0,0380807	0,4966766	38,5	0,0622224	0,4916343
12,0	0,0176444	0,4992609	25,5	0,0389128	0,495360	39,0	0,0631929	0,4913933
12,5	0,0183965	0,4991973	26,0	0,0397489	0,4963922	39,5	0,0641694	0,4911480
13,0	0,0191507	0,4991310	26,5	0,0405893	0,4962450	40,0	0,0651522	0,4908985
13,5	0,0199070	0,4990619	27,0	0,0414340	0,4960945			

(Sumber: Ditjen Bina Marga No.038/T/BM1997)

3. *Spiral - Spiral (SS)*

Bentuk tikungan ini digunakan pada keadaan yang sangat tajam. Lengkung horizontal berbentuk spiral-spiral adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga SC berimpit dengan titik CS. Adapun semua rumus dan aturannya sama seperti berikut.

$$F_m = -0,00065 \cdot V_r + 0,192 \text{ (untuk } v_{\text{kec}} < 80 \text{ km/jam)} \dots\dots\dots (2.38)$$

$$R_{\text{min}} = \frac{V_r^2}{127 (e_{\text{maks}} + f_{\text{maks}})} \dots\dots\dots (2.39)$$

$$D_{\text{maks}} = \frac{181913,53 (e_{\text{maks}} + f_{\text{maks}})}{V_r} \dots\dots\dots (2.40)$$

$$D = -\frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots (2.41)$$

$$E = -\frac{e_{\text{max}}}{D^2_{\text{max}}} D^2 + \frac{2 \cdot e_{\text{max}}}{D_{\text{max}}} D \dots\dots\dots (2.42)$$

$$\theta_s = \frac{\Delta}{2} \dots\dots\dots (2.43)$$

Untuk menentukan nilai Ls dapat digunakan beberapa pendekatan sebagai berikut :

- a) Berdasarkan table Bina Marga

$$L_s 1 = 50 \text{ m} \dots\dots\dots (2.44)$$

- b) Berdasarkan waktu tempuh maksimum 3 detik

$$L_s 2 = \frac{VR}{3,6} \cdot T \dots\dots\dots (2.450)$$

- c) Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$L_s 3 = 0,222 \cdot \frac{VR^3}{R \cdot C} - 2,727 \frac{VR \cdot e}{C} \dots\dots\dots (2.46)$$

- d) Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_s 4 = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 \cdot r \cdot e} \cdot VR \dots\dots\dots (2.47)$$

Ls yang digunakan adalah sebagai berikut : $Ls5 = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R}{90}$

$Ls5 > Ls \text{ min}$, maka Ls yang digunakan Ls5

$$Lc = 0 \text{ dan } \theta_s = \frac{1}{2}\Delta \dots\dots\dots (2.48)$$

$$L_{\text{tot}} = 2 Ls \dots\dots\dots (2.49)$$

$$\theta_s = \frac{90 Ls}{\pi Rc} \dots\dots\dots (2.50)$$

$$Ls = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot Rc}{90} \dots\dots\dots (2.51)$$

$$p = \frac{Ls^2}{6 Rc} - Rc (1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots (2.52)$$

$$k = Ls - \frac{Ls^3}{40 Rc^2} - Rc \sin \theta_s \dots\dots\dots (2.53)$$

$$Ts = (Rc + p) \tan \frac{1}{2}\Delta + k \dots\dots\dots (2.54)$$

$$Es = (Rc + p) \sec \frac{1}{2}\Delta + Rc \dots\dots\dots (2.55)$$

Keterangan :

R = Jari-jari tikungan (m)

Δ = Sudut tikungan ($^\circ$)

p = Pergeseran tangen terhadap spiral (m)

k = absis pada garis tangen spiral (m)

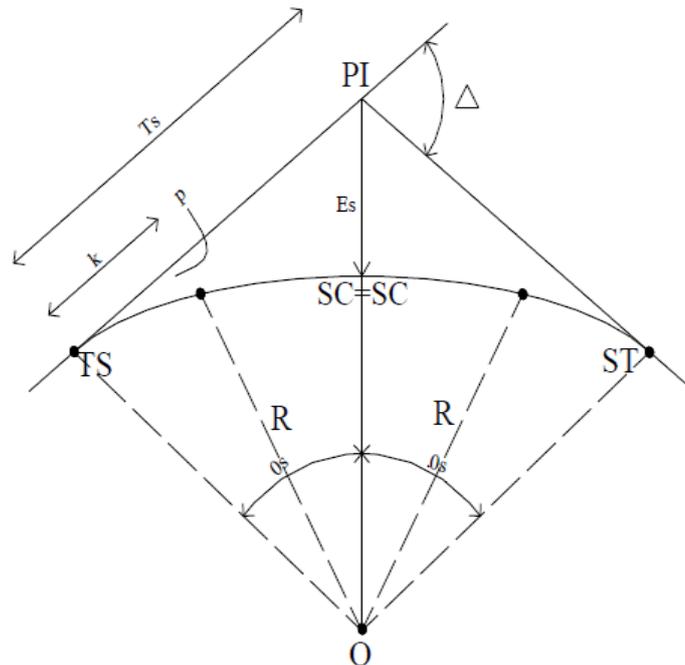
Ts = Jarak tangen dari P1 ke TS atau ST (m)

Es = Jarak dari P1 ke puncak busur lingkaran (m)

Ls = Panjang lengkung peralihan (panjang dari titik TS ke SC atau CS ke ST).(m)

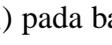
Lc = Panjang busur lingkaran (panjang dari titik TS Ke SC atau CS ke ST).(m)

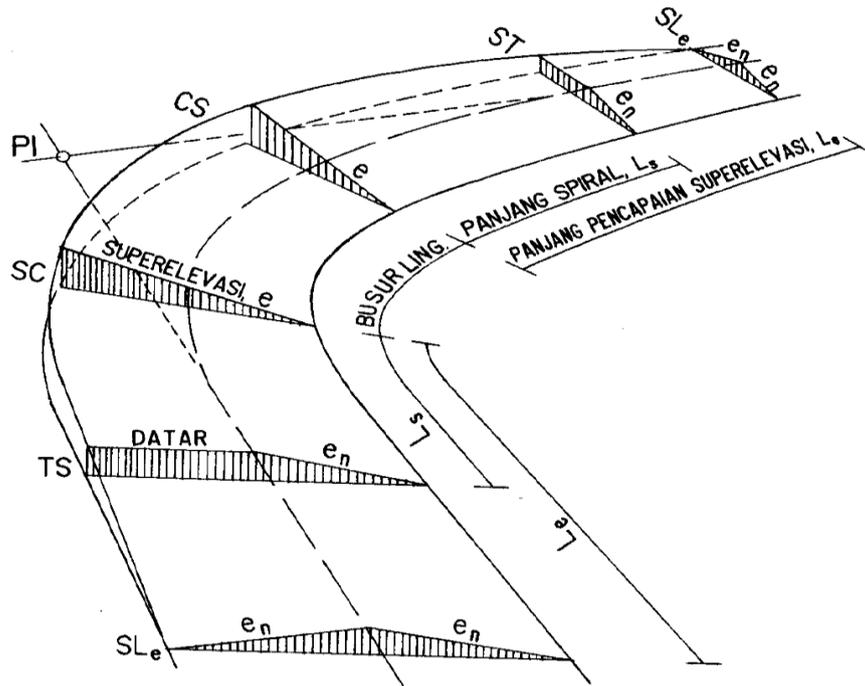
Ts = Panjang tangen dari titik P1 ke TS atau ke titik ST.(m)



Gambar 2.12 Tikungan *Spiral – Spiral*

2.6.7 Superelevasi

Superelevasi adalah suatu kemiringan melintang di tikungan yang berfungsi mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima pada saat berjalan melalui tikungan pada kecepatan V_r . Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang harus sampai ke kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung. Pada tikungan SCS, 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).



Gambar 2.13 Perubahan Kemiringan Melintang Pada Tikungan

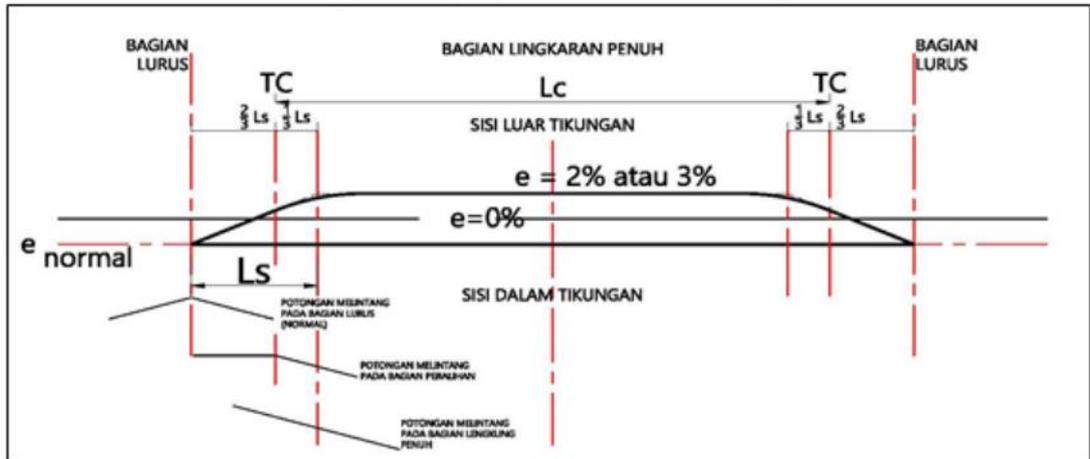
Metoda atau cara untuk melakukan superelevasi yaitu merubah lereng potongan melintang, dilakukan dengan bentuk profil dari tepi perkerasan yang dibundarkan, tetapi disarankan cukup untuk mengambil garis lurus saja. Ada tigacara untuk mendapatkan superelevasi yaitu :

- a. Memutar perkerasan jalan terhadap profil sumbu
- b. Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah dalam
- c. Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah luar

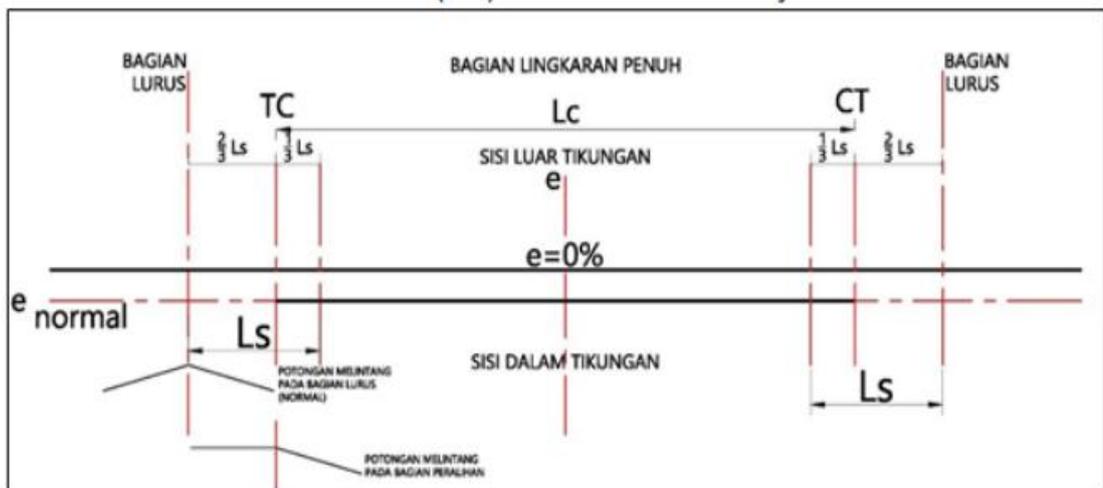
2.6.7.1 Tikungan Full Circle

Terdapat 3 kondisi pada tikungan FC, sebagaimana dijelaskan pada gambar 2.14 berikut ini.

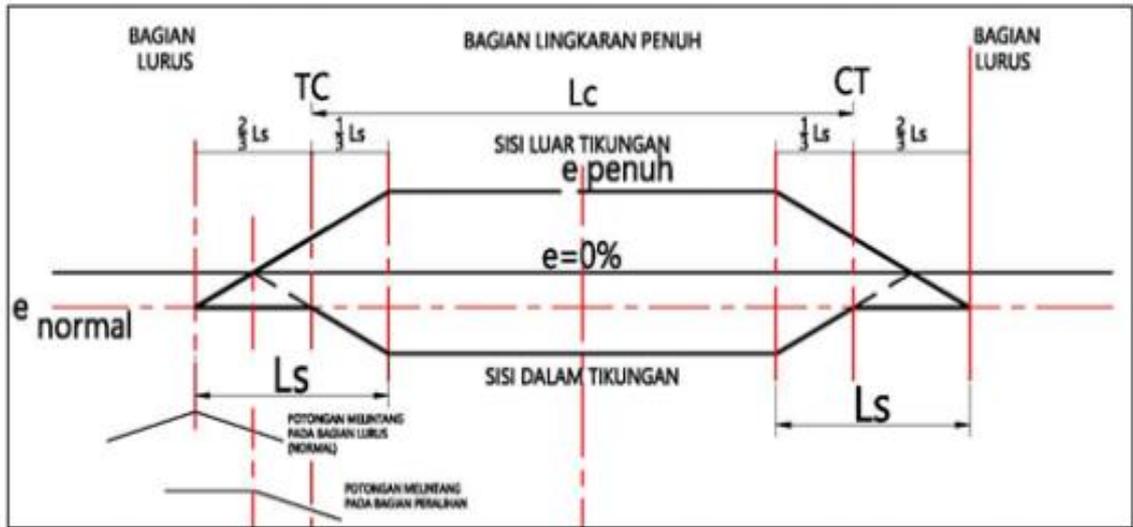
- a) Jika $e > 1\%$ Dan $< +2\%$ atau 3% (RC) nilai e dibulatkan menjadi $+2\%$ atau $+3\%$



- b) Jika $e < 1\%$ dan $> -2\%$ atau -3% (NC) nilai e dibulatkan menjadi -2% atau -3%



C) Jika $e > e_{\text{normal}}$ dan $e < e_{\text{max}}$, nilai e menjadi penuh

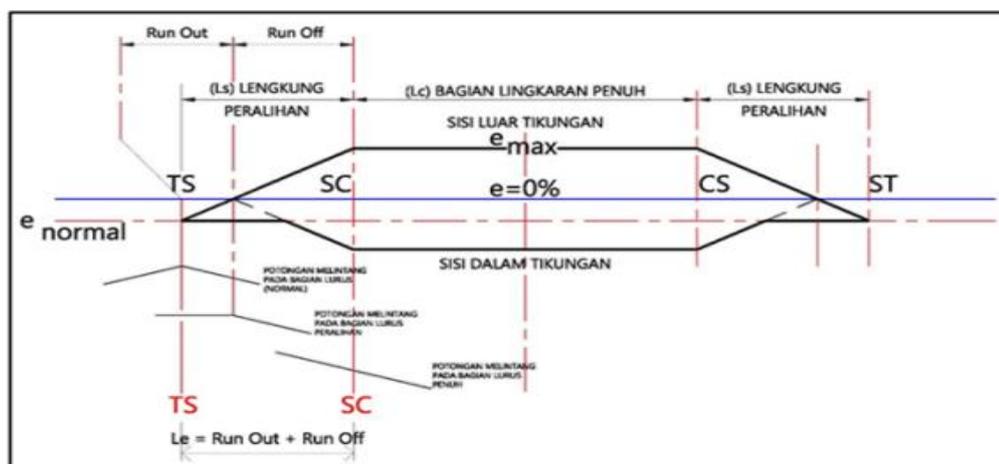


Gambar 2.14 Digram Superelevasi *Full Circle*

2.6.7.2 Tikungan *Spiral Circle Spiral (S-C-S)*

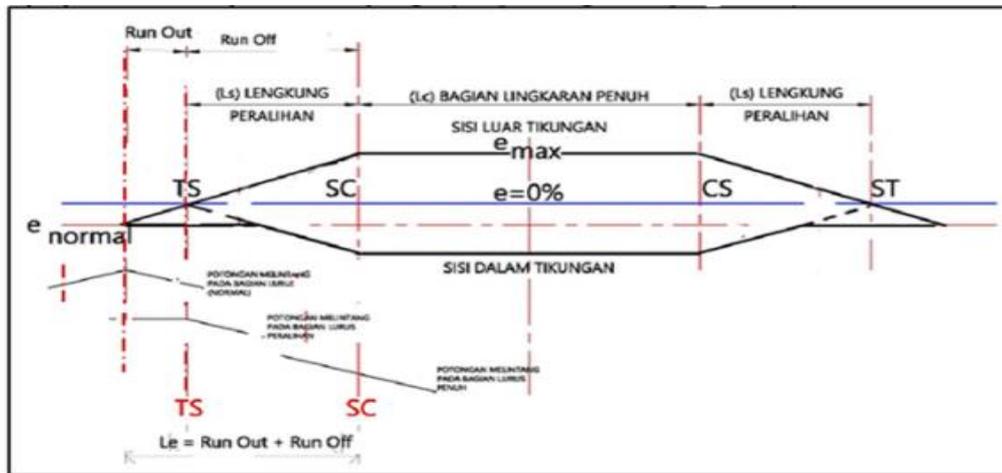
Ada dua tipe jenis digram superelevasi yang dapat digunakan, pertama S-C-S dengan perubahan kemiringan melintang normal ke superelevasi penuh seluruhnya berada sepanjang lengkung peralihan (gambar 2.15) dan kedua S-C-S yang perubahan kemiringan melintang normal ke superelevasi penuh diawali pada bagian lurus (gambar 2.16).

Tipe perubahan superelevasi berada seluruhnya dalam lengkung peralihan



Gambar 2.15 Diagram Superelevasi S-C-S

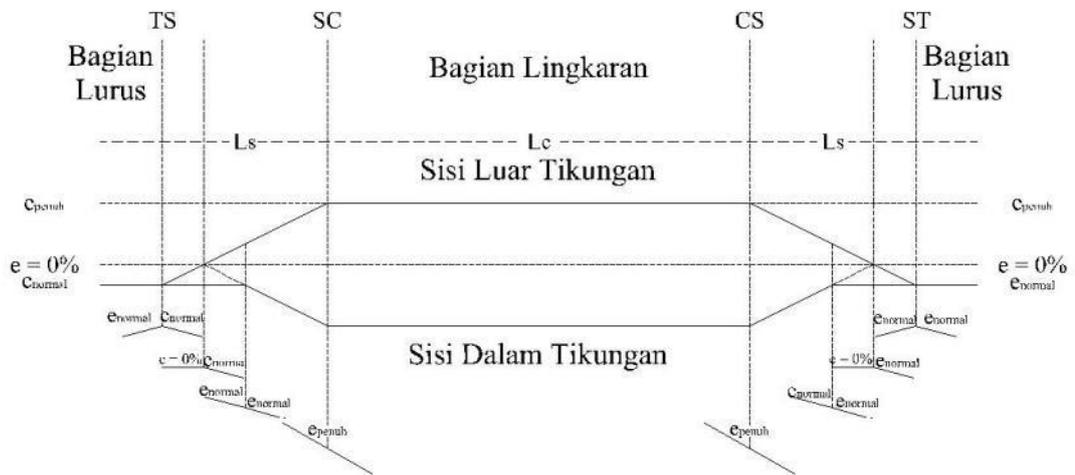
Tipe perubahan superelevasi yang diawali dibagian lurus



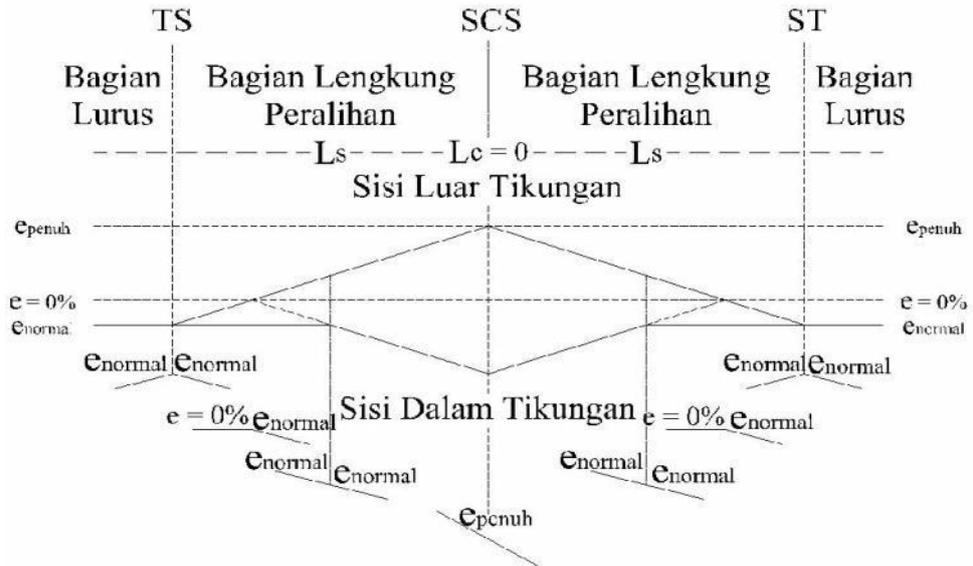
Gambar 2.16 Diagram Superelevasi S-C-S

2.6.7.3 Tikungan *Spiral Spiral* (S-S)

Terdapat 2 jenis diagram superelevasi pada tikungan *Spiral Spiral* (S-S).



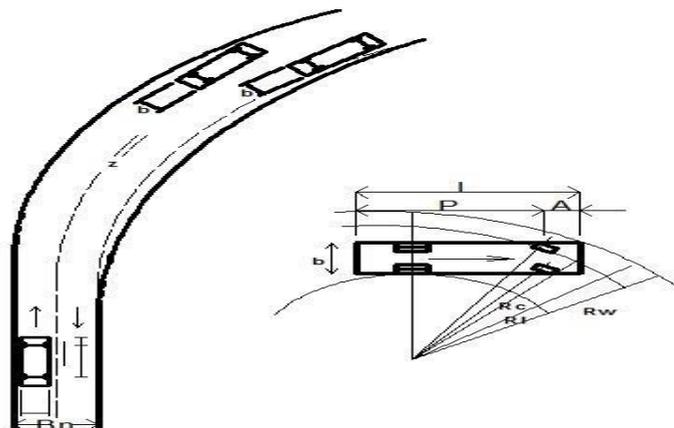
Gambar 2.17 Diagram Superelevasi Tikungan *Spiral Spiral*



Gambar 2.18 Diagram Superelevasi Tikungan *Spiral Spiral*

2.6.8 Pelebaran di tikungan

Pelebaran perkerasan atau jalur lalu lintas di tikungan, dilakukan untuk mempertahankan kendaraan tetap pada lintasannya sebagaimana pada bagian lurus. Hal ini terjadi karena pada kecepatan tertentu kendaraan pada tikungan cenderung untuk keluar jalur akibat posisi roda depan dan roda belakang yang tidak sama. Penentuan lebar pelebaran jalur lalu lintas di tikungan ditinjau dari elemen-elemen : keluar lajur (off tracking) dan kesukaran dalam mengemudi di tikungan.



Gambar 2.19 Pelebaran Perkerasan pada Tikungan

Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung pelebaran perkerasan pada tikungan

$$B = \sqrt{(\sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25)^2 + 64} - \sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25 \dots\dots\dots(2.56)$$

$$Z = \frac{0,105 \times V}{\sqrt{R}} \dots\dots\dots(2.57)$$

$$B_t = n (B + C) + Z \dots\dots\dots(2.58)$$

$$\Delta b = B_t - B_n \dots\dots\dots(2.59)$$

Dimana :

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

Rc = Radius lengkung untuk lintasan luar depan

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

Bn = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

b = Lebar Kendaraan Rencana (m)

Z = Lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi tikungan(m)

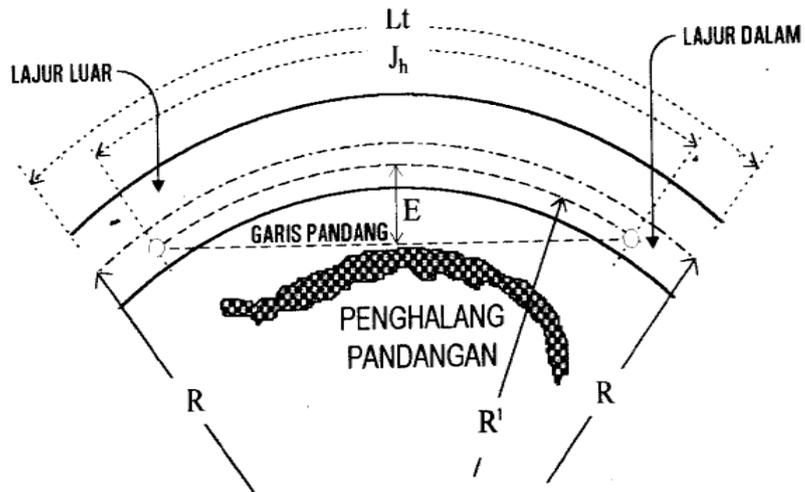
Δb = Tambahan lebar perkerasan ditikungan (m)

2.6.9 Daerah kebebasan samping pada tikungan

Jarak pandang pengemudi pada lengkung horizontal (di tikungan) adalah pandangan bebas pengemudi dari halangan benda-benda di sisi jalan (daerah bebas samping). Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang di tikungan sehingga J_h dipenuhi.

Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh E (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan J_h dipenuhi.

Daerah kebebasan samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus-
rumus sebagai berikut :



Gambar 2.20 Daerah Kebebasan Samping ditikungan Untuk $J_h < L_t$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{90 \cdot J_h}{\pi \cdot R} \right) \dots \dots \dots (2.60)$$

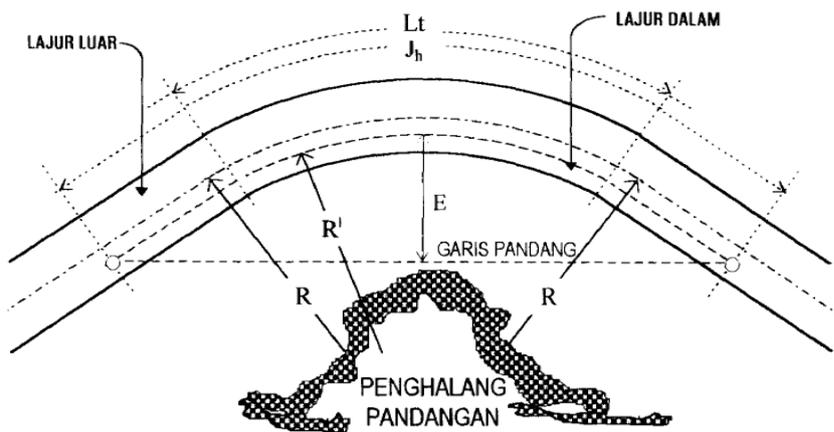
Dimana :

E = Jarak bebas samping (m)

R = Jari-jari tikungan (m)

R' = Jari-jari sumbu jalur dalam (m)

Jh = jarak pandang henti (m)



Gambar 2.20 Daerah Kebebasan Samping ditikungan Untuk $J_h > L_t$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{90.Jh}{\pi.R} \right) + \left(\frac{Jh-Lt}{2} \sin \frac{28,65.Jh}{R'} \right) \dots\dots\dots(2.61)$$

Dimana :

E = Jarak bebas samping (m)

R = Jari-jari tikungan (m)

R' = Jari-jari sumbu jalur dalam (m)

Jh = jarak pandang henti (m)

Lt = Panjang tikungan (m)

Daerah kebebasan samping tikungan dihitung berdasarkan jarak pandang mendahului menggunakan rumus-rumus sebagai berikut :

$$M = R' (1 - \cos \Theta) + \frac{1}{2} (Jd-L) \sin \Theta \dots\dots\dots(2.62)$$

Dimana :

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

Θ = Setengah sudut pusat sepanjang L

R' = Radius sumbu lajur sebelah dalam (m)

Jd = Jarak pandangan (m)

L = Panjang tikungan (m)

2.7 Penentuan *Stationing*

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

Adapun interval untuk masing-masing penomoran jika tidak adanya perubahan arah pada alinyemen horizontal maupun alinyemen vertikal adalah sebagai berikut :

- a) Setiap 100 m, untuk daerah datar.
- b) Setiap 50 m, untuk daerah bukit.
- c) 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 kota madya, sedangkan patok STA merupakan bentuk petunjuk jarak yang diukur dari awal sampai akhir perencanaan.
- 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.

2.8 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah profil memanjang sepanjang garis tengah jalan yang terbetuk dari serangkaian segmen dengan kelandaian memanjang dan lengkung vertikal. Profilnya tergantung topografi, perencanaan alinyemen horizontal, kriteria desain, geologi, pekerjaan tanah, dan aspek ekonomi lainnya.

Untuk membedakan topografi, medan dibagi menjadi tiga kategori, yaitu: datar, bukit, dan gunung. Pada medan datar biasanya jarak pandang lebih mudah dipenuhi tanpa kesulitan mengkonstruksinya atau tidak berbiaya besar. Pada medan bukit, lereng alami naik dan turun secara konsisiten terhadap jalan. Kadang kala, lereng curam membatasi desain alinyemen horizontal dan vertikal yang normal.

Pada medan gunung, perubahan elevasi permukaan tanah baik memanjang maupun melintang sepanjang alinyemen jalan muncul secara mendadak, sehingga sering menyebabkan dib utuhkannya penggalian yang terjal dan pembuatan lereng beratngga (benching) untuk memperoleh alinyemen horizontal dan vertikal yang dapat diterima.

2.8.1 Kelandaian alinyemen vertikal

Untuk menghitung dan merencanakan lengkung vertikal, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu :

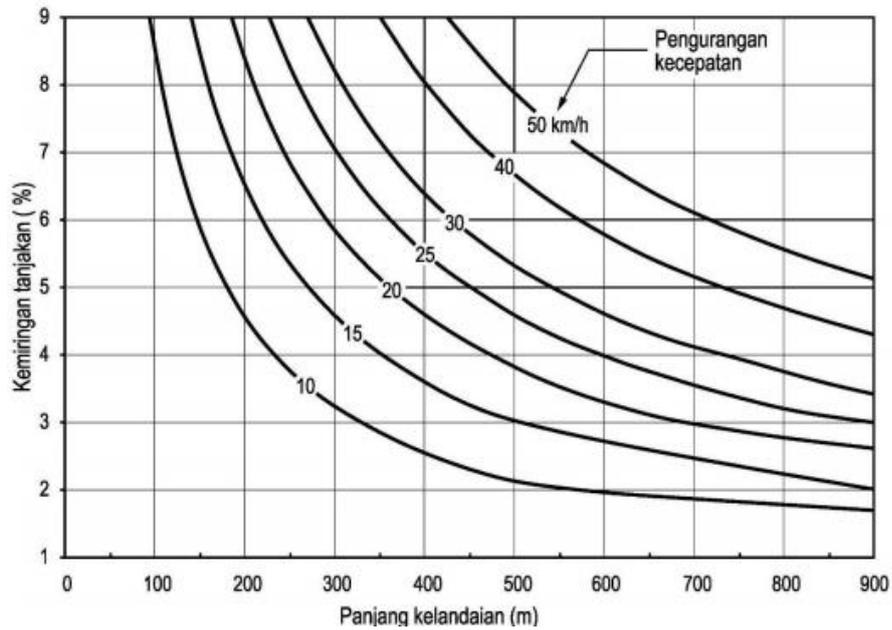
1. Karakteristik Kendaraan Pada Kelandaian Hampir seluruh kendaraan penumpang dapat berjalan dengan baik dengan kelandaian 7-8 % tanpa adanya perbedaan dibandingkan dengan bagian datar.
2. Kelandaian Maksimum Kelandaian maksimum berdasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh mampu bergerak dengan kecepatan tidak kurang dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah.

Tabel 2.21 Kelandaian Maksimum

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

(Sumber: Dirjen Bina Marga/Pedoman Desain Geometrik Jalan/2020)

3. Kelandaian Minimum Pada jalan yang menggunakan kreb pada tepi perkerasannya perlu dibuat kelandaian minimum 0,5 % untuk keperluan saluran kemiringan melintang jalan dengan kreb hanya cukup untuk mengalirkan air kesamping.
4. Panjang Kritis Suatu Kelandaian Panjang kritis ini diperlukan sebagai batasan panjang kelandaian maksimum agar pengurangan kecepatan kendaraan tidak lebih banyak dari separuh VR, lama perjalanan pada panjang kritis tidak lebih dari satu menit.



Gambar 2.21 Panjang Kelaiaian Kritis Tipikal Truk Dengan WPR 120kg/kw, Vawal=110 Km/jam

Tabel 2.22 Panjang Kelaiaian Kritis

Kelaiaian Memanjang (%)	Panjang Kelaiaian Kritis (m)
4	600
5	450
6	350
7	300
8	250
9	230
≥ 10	200

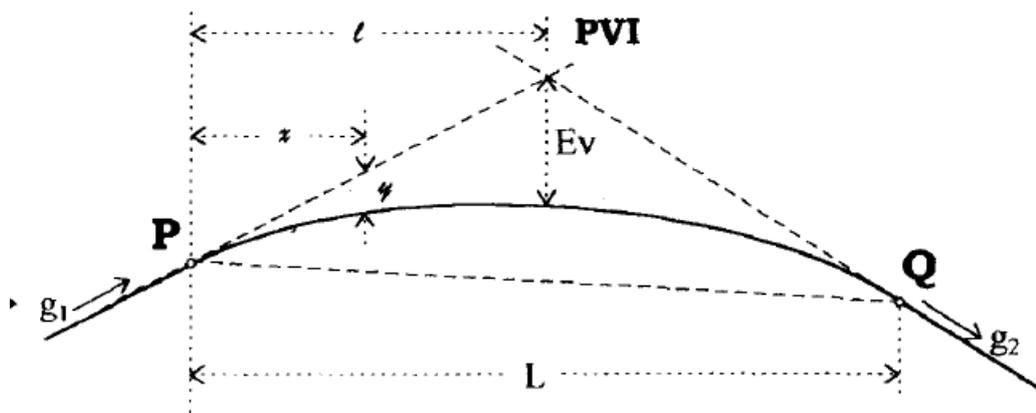
(Sumber : Dirjen Bina Marga/Pedoman Desain Geometrik Jalan/2020)

2.8.2 Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal adalah pergantian dari satu kelandaian ke kelandaian yang lain dilakukan dengan mempergunakan lengkung vertikal. Titik perpotongan dua bagian tangen vertikal dinamakan titik perpotongan vertikal (TPV), dikenal dengan nama Point Of Vertical (PTV) atau sering disebut Poin Perpotongan Vertikal (PPV).

Lengkung vertikal berbentuk lengkung parabola sederhana. Penentuan panjang lengkung vertikal dan elevasi setiap titik pada lengkung digunakan sebagai berikut :

- Panjang lengkung vertikal sama dengan panjang proyeksi lengkung vertikal.
- Titik PPV terletak ditengah-tengah garis proyeksi lengkung vertikal.



Gambar 2.22 Tipikal Vertikal

Rumus yang digunakan :

$$A = g_2 - g_1 \dots\dots\dots(2.63)$$

$$EV = \frac{A \cdot L}{800} \dots\dots\dots(2.64)$$

$$EPLV = EPV \pm g \cdot \frac{1}{2} \dots\dots\dots(2.65)$$

$$Y = \frac{A \cdot (x)^2}{200 \cdot L} \dots\dots\dots(2.66)$$

Dimana :

x = Jarak dari titik PLV ke titik yang ditinjau STA

y = Perbedaan elevasi antara titik PLV dan titik yang ditinjau pada STA,
(m)

L = Panjang lengkung vertikal parabola, yang merupakan jarak proyeksi
dari titik PLV dan titik PTV, (STA)

g_1 = Kelandaian tangent dari titik PLV, (%)

g_2 = Kelandaian tangent dari titik PTV, (%)

A = Perbedaan Aljabar Kelandaian

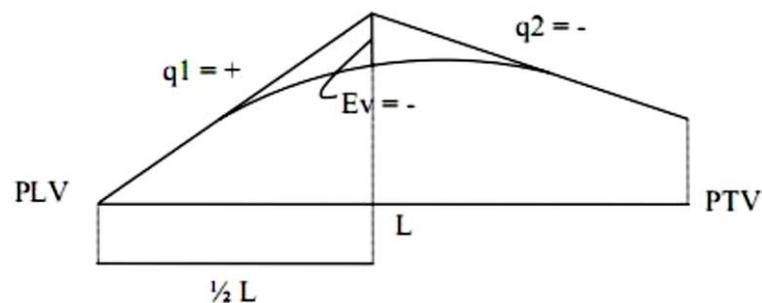
Lengkung vertikal terdiri dari dua jenis yaitu :

a. Lengkung vertikal cembung

Lengkung vertikal cembung, yaitu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada dibawah permukaan jalan.

Lengkung vertikal cembung, adalah lengkung dimana titik PPV berada diatas permukaan jalan. Lengkung vertikal cembung dirancang berbentuk parabola, sedangkan panjang lengkung ditentukan dengan memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- 1) Jarak pandang
- 2) Drainase
- 3) Kenyamanan



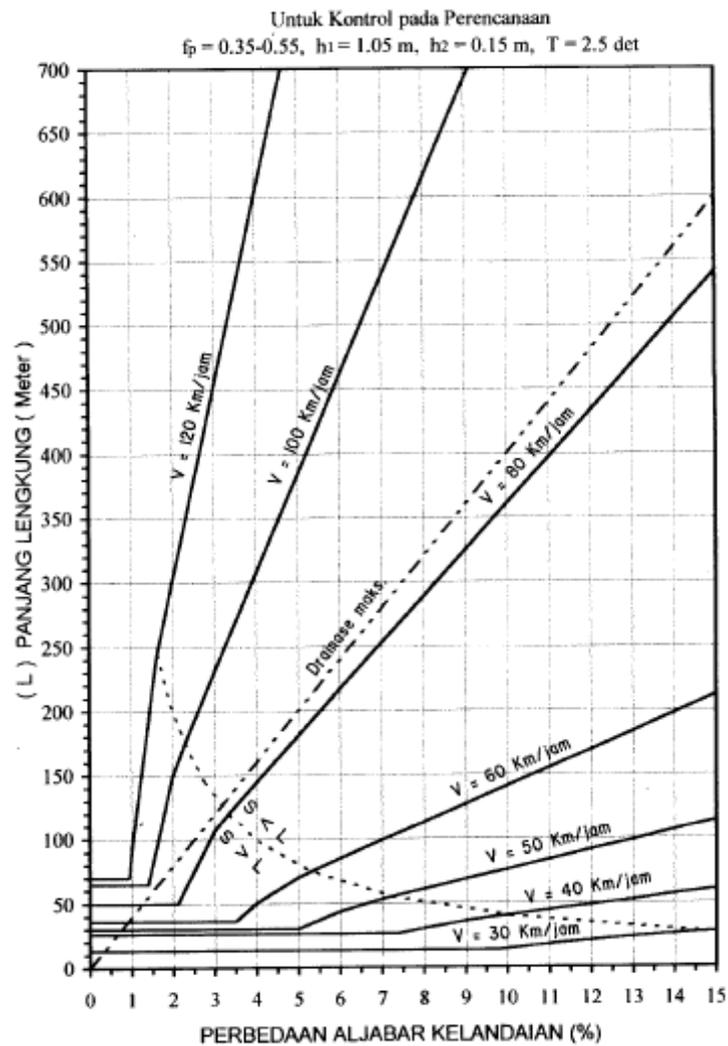
Gambar 2.23 Lengkung Vertikal Cembung

Ketentuan tinggi menurut Bina Marga (1997) untuk lengkung cembung seperti pada tabel 2.21

Tabel 2.23 Ketentuan Tinggi jenis Jarak Pandang

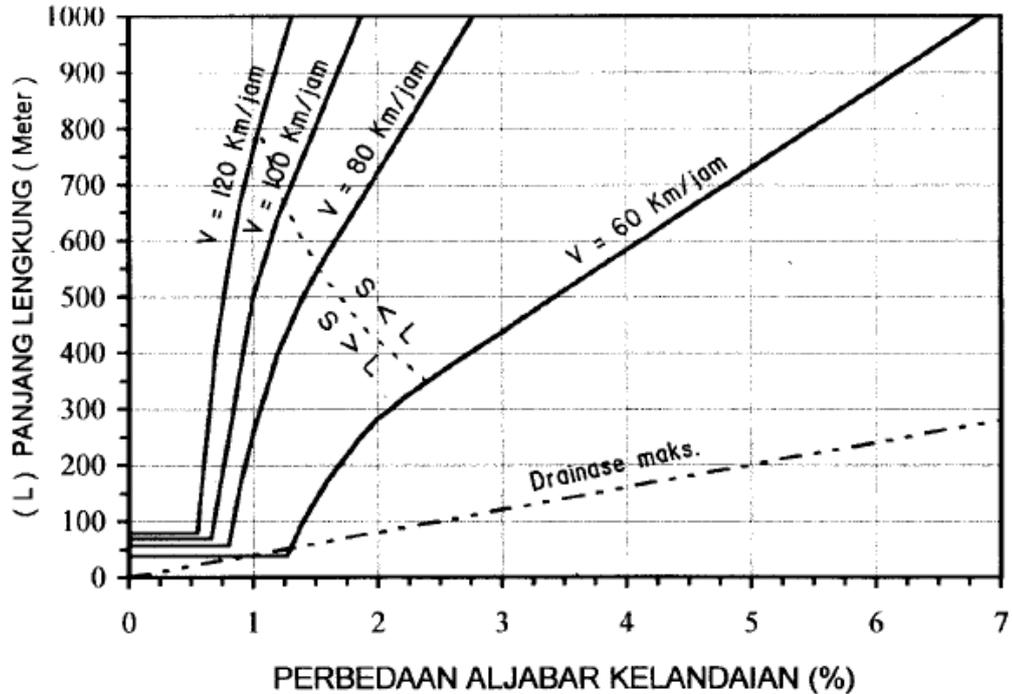
Untuk Jarak Pandang	h1 (m) Tinggi Mata	h2 Tinggi Objek
Henti (Jh)	1,05	0,15
Mendahului (Jd)	1.05	1,05

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



Gambar 2.24 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung

Untuk Kontrol pada Perencanaan
 $h_1=1.05 \text{ m}$, $h_2=1.05 \text{ m}$

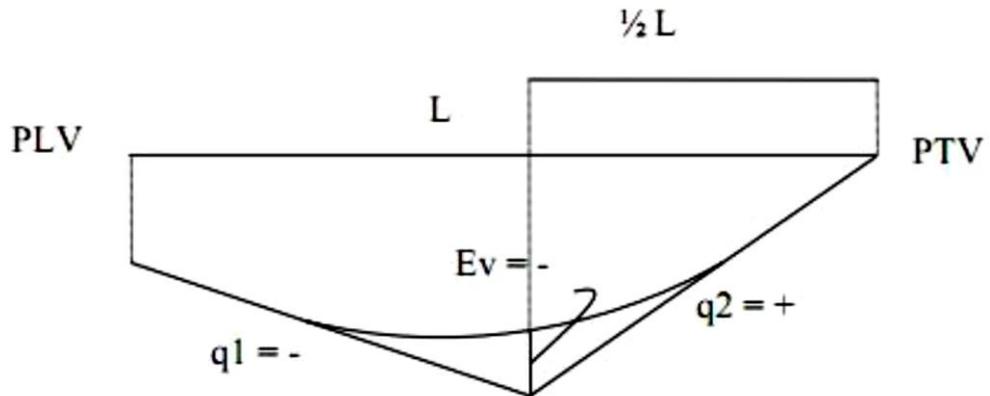


Gambar 2.25 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembubng Berdasarkan Jarak Pandang Mendahului (Jd)

b. Lengkung Vertikal Cekung

Tidak ada dasar yang dapat digunakan untuk menentukan panjang lengkung cekung vertikal (L), akan tetapi ada empat kriteria sebagai pertimbangan yang dapat digunakan, yaitu:

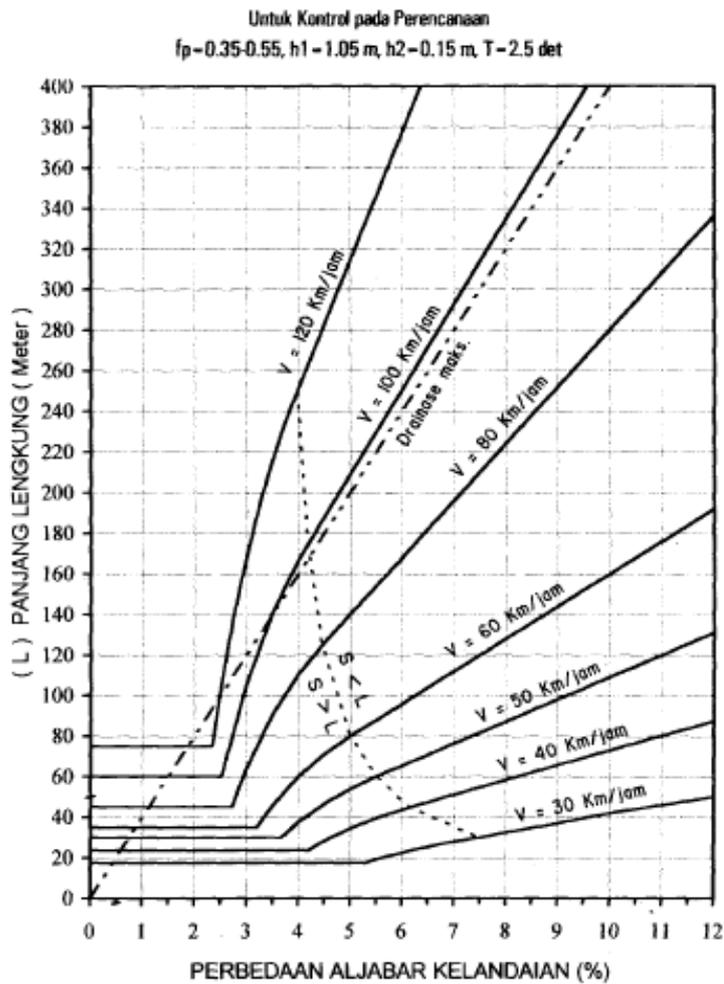
- Jarak sinar lampu besar dari kendaraan
- Kenyamanan pengemudi
- Ketentuan drainase
- Penampilan secara umum



Gambar 2.26 Lengkung Vertikal Cekung

$$Y' = EV = \frac{(q_2 - q_1)}{8} \times L_v \dots\dots\dots(2.67)$$

Panjang lengkung vertikal cekung ditentukan berdasarkan jarak pandangan pada waktu malam hari dan syarat drainase.



Gambar 2.27 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung Berdasarkan Jarak Pandang Henti (Jh)

2.8.3 Jarak pandang pada alinyemen vertikal

Jarak pandang pada alinyemen vertikal dapat dibagi menjadi dua yaitu jarak pandang pada alinyemen vertikal cekung dan jarak pandang pada alinyemen vertikal cembung.

1. Jarak pandangan pada alinyemen vertikal cembung

Pada lengkung vertikal cembung, untuk menghitung jarak pandangan dapat menggunakan rumus sebagai berikut.

$$S = \sqrt{\frac{100 \times L}{A} (2 \times h_1 - h_2)} \dots \dots \dots (2.68)$$

Dimana jika dalam perencanaan dipergunakan jarak pandangan henti Bina Marga $h_1 = 10$ cm atau 0,10 m dan $h_2 = 120$ cm atau 1,20 m.

2. Jarak pandangan pada alinyemen vertikal cekung

Jarak pandangan bebas pengemudi pada jalan raya yang melintasi bangunan-bangunan lain seperti jalan lain, jembatan penyeberangan, viaduct, aquaduct, seringkali terhalangi oleh bagian bawah bangunan tersebut.

$$\left(\frac{S}{L}\right)^2 = \frac{m}{E} \dots\dots\dots(2.69)$$

$$E = \frac{AL}{800} \dots\dots\dots(2.70)$$

$$\left(\frac{S}{L}\right)^2 = \frac{800 m}{AL} \dots\dots\dots(2.71)$$

$$L = \frac{S^2 A}{800 M} \text{ dan } m = \frac{S^2 A}{800 l} \dots\dots\dots(2.72)$$

$$m = C - \frac{h_1 h_2}{2} \dots\dots\dots(2.73)$$

2.9 Perencanaan Galian dan Timbunan

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

Langkah-langkah perhitungan galian dan timbunan :

- a. Penentuan stasioning sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinyemen horizontal (trase).
- b. Gambarkan profil memanjang (alinyemen vertikal) untuk memperlihatkan perbedaan tinggi muka tanah asli dengan tinggi muka perkerasan yang akan direncanakan.
- c. Gambarkan profil melintang pada tiap titik stasioning sehingga dapat luas penampang galian dan timbunan.
- d. Hitung luas dan volume galian timbunan dengan mengalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak patok.

2.9 Perencanaan Tebal Perkerasann

Perkerasan jalan adalah lapisan atas badan jalan yang menggunakan bahan-bahan khusus yang secara konstruktif lebih baik daripada tanah dasar. Perkerasan jalan berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan.

Secara umum perkerasan jalan mempunyai persyaratan, yaitu kuat, awet, kedap air, rata. Tidak licin, murah dan mudah dikerjakan. Oleh karena itu, bahan perkerasan jalan yang paling cocok adalah pasir, kerikil, batu, dan bahan pengikat (aspal atau semen)

Berdasarkan suatu bahan pengikat, lapisan perkerasan dibagi menjadi tiga jenis, yaitu :

1) Perkerasan lentur (*flexiblepavement*)

Yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.

2) Perkerasan kaku (*rigidpavement*)

Yaitu perkerasan yang menggunakan semen (PC) sebagai bahan pengikat. Plat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh plat beton.

3) Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, dimana dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.

2.9.1 Jenis dan fungsi lapis perkerasan lentur

a) Perkerasan lentur pada permukaan tanah asli



Gambar 2.28 Perkerasan Lentur Pada Permukaan Tanah Asli

b) Perkerasan lentur pada timbunan



Gambar 2.29 Perkerasan Lentur pada timbunan

1. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Lapis permukaan merupakan lapis paling atas dari struktur perkerasan jalan. Lapis permukaan perkerasan lentur menggunakan bahan pengikat aspal, sehingga menghasilkan lapis yang kedap air, stabilitas tinggi dan memiliki daya tahan selama masapelayanan.

Fungsi dari lapisan permukaan ini adalah sebagai berikut :

- a) Lapisan perkerasan penahan beban roda, lapisan mempunyai stabilitas tinggi menahan beban roda selama masapelayanan.
- b) Lapis kedapair, sehingga air hujan yang jatuh tidak meresap kelapisan dibawahnya dan melemahkan lapisan-lapisantersebut.
- c) Lapis aus (*wearing course*), yaitu lapisan yang langsung mengalami gesekan akibat rem kendaraan, sehingga mudah aus.
- d) Lapisan yang menyebarkan beban kelapisanbawah.

2. Lapisan pondasi (*Base Course*)

Lapis pondasi adalah lapis perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan. Jika tidak digunakan lapis pondasi bawah, maka lapis pondasi diletakkan langsung diatas permukaan tanahdasar.

Adapun fungsi dari lapisan pondasi yaitu sebagai:

- a) Bagian struktur perkerasan yang menahan gaya vertikal dari beban kendaraan dan disebarkan ke lapisdibawahnya.
- b) Lapis peresap untuk lapis pondasibawah.
- c) Bantalan atau perletakan lapispermukaan.

Material yang digunakan untuk lapis pondasi adalah material yang cukup kuat dan awet sesuai syarat teknik dalam spesifikasi pekerjaan. Lapis pondasi dapat dipilih lapis berbutir tanpa pengikat atau lapis dengan aspal sebagai pengikat.

3. Lapisan pondasi bawah (*Sub Base Course*)

Lapisan pondasi bawah adalah lapis perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi dan tanah dasar.

Fungsi dari lapisan pondasi bawah adalah :

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

4. Lapisan tanah dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah (*subgrade*) merupakan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. Kekuatan dan keawetan maupun tebal dari lapisan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar.

Mutu persiapan lapis tanah dasar sebagai perletakan struktur perkerasan jalan sangat menentukan ketahanan struktur dalam menerima beban lalu lintas selama masapelayanan.

Masalah-masalah yang sering ditemui terkait dengan lapis tanah dasar adalah

- a. Perubahan bentuk tetap dan rusaknya struktur perkerasan jalan secara menyeluruh.
- b. Sifat mengembang dan menyusut pada jenis tanah yang memiliki sifat plastisitas tinggi. Perubahan kadar air tanah dasar dapat berakibat terjadinya retak dan atau perubahan bentuk.
- c. Perbedaan daya dukung tanah akibat perbedaan jenis tanah.
- d. Perbedaan penurunan akibat terdapatnya lapis tanah lunak dibawah lapisan tanah dasar.
- e. Kondisi geologi yang dapat berakibat terjadinya patahan.

2.9.2 Metode perencanaan tebal perkerasan

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

- a) Kekuatan lapisan tanah dasar yang dinamakan nilai CBR atau modulus reaksi tanah dasar (k).
- b) Kekuatan beton yang digunakan untuk lapisan perkerasan.
- c) Prediksi volume dan komposisi lalu lintas selama umur rencana.
- d) Ketebalan dan kondisi lapisan pondasi bawah (*sub base*) yang diperlukan untuk menopang konstruksi, lalu lintas, penurunan akibat air dan perubahan volume lapisan tanah dasar serta sarana perlengkapan daya dukung permukaan yang seragam dibawah dasar beton.

Terdapat banyak metode yang telah dikembangkan dan dipergunakan di berbagai negara untuk merencanakan tebal perkerasan. Metode tersebut kemudian secara spesifik diakui sebagai standar perencanaan tebal perkerasan. Salah satunya adalah Metode Bina Marga Tahun 2017.

2.9.3 Analisis volume lalu lintas

Parameter yang penting dalam analisis struktur perkerasan adalah data lalu lintas yang diperlukan untuk menghitung beban lalu lintas rencana yang dipikul oleh perkerasan selama umur rencana. Beban dihitung dari volume lalu lintas pada tahun *survey* yang selanjutnya diproyeksikan ke depan sepanjang umur rencana. Volume tahun pertama adalah volume lalu lintas sepanjang tahun perkerasan diperkirakan selesai dibangun atau direhabilitasi.

Elemen utama beban lalu lintas dalam desain adalah :

1. Beban gandar kendaraan komersial.
2. Volume lalu lintas yang dinyatakan dalam beban sumbu standar.

Dalam analisis lalu lintas, penentuan volume lalu lintas pada jam sibuk dan lalu lintas harian rata-rata (LHRT) mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Penentuan nilai LHRT didasarkan pada data *survey* volume lalu lintas dengan mempertimbangkan faktor k .

2.9.4 Data lalu lintas

Akurasi data lalu lintas penting untuk menghasilkan desain perkerasan yang efektif. Data harus meliputi semua jenis kendaraan komersial. Apabila diketahui atau diduga terdapat kesalahan data, harus dilakukan perhitungan lalu lintas khusus sebelum perencanaan akhir dilakukan.

2.9.5 Jenis Kendaraan

Sistem klasifikasi kendaraan dinyatakan dalam Pedoman Survey Pencacahan Lalu Lintas (PdT-19-2004-B). Beban gandar kendaraan penumpang dan kendaraan ringan sampai sedang cukup kecil sehingga tidak berpotensi menimbulkan kerusakan struktural pada perkerasan. Hanya kendaraan niaga dengan jumlah roda enam atau lebih yang perlu diperhitungkan dalam analisis.

2.9.6 Faktor pertumbuhan lalu lintas (i)

Faktor pertumbuhan lalu lintas (i) berdasarkan data-data pertumbuhan series (*historical growth data*) atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lai yang berlaku. Jika tidak tersedia data maka tabel 2.24 dapat digunakan (2015-2035).

Tabel 2.24 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i)

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

(Sumber : Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif (*cumulative growth factor*) :

$$R = \frac{(1+0,01 \cdot i)^{UR} - 1}{0,01 \cdot i} \dots\dots\dots(2.74)$$

Dengan :

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

i = Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%).

UR = Umur rencana (tahun).

Apabila diperkirakan akan terjadi perbedaan laju pertumbuhan tahunan sepanjang total umur rencana (UR), dengan $i_1\%$ selama periode awal (UR1 tahun) dan $i_2\%$ selama sisa periode berikutnya (UR-UR1), faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif dapat dihitung dari formula berikut :

$$R = \frac{(1+0,01.i)^{UR}-1}{0,01.i} + (1+0,01.i_1)^{(UR1-1)} (1+0,01.i_2) \left\{ \frac{(1+0,01.i_2)^{(UR-UR1)}-1}{0,01.i_2} \right\} \dots\dots\dots(2.75)$$

Dengan :

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

i_1 = Laju pertumbuhan tahunan lalu lintas periode 1 (%).

i_2 = Laju pertumbuhan tahunan lalu lintas periode 2 (%).

UR = Total umur rencana (tahun).

UR1 = Umur rencana periode 1 (tahun).

Apabila kapasitas lalu lintas diperkirakan tercapai pada tahun ke (Q) dari umur rencana (UR), faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif dihitung sebagai berikut :

$$R = \frac{(1+0,01.i)^{UR}-1}{0,01.i} + (UR-Q) (1+0,01i)^{(Q-i)} \dots\dots\dots(2.76)$$

2.9.7 Lalu lintas pada lajur rencana

Lajur rencana adalah salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan niaga (truk dan bus) paling besar. Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar standar (ESA) dengan memperhitungkan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL).

Faktor distribusi lajur digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah. Pada jalan yang demikian, walaupun sebagian besar kendaraan niaga akan menggunakan lajur luar, sebagian lainnya akan menggunakan lajur-lajur dalam.

Tabel 2.25 Faktor Distribusi Lajur (DL)

Jumlah lajur setiap arah	Kendaraan niaga pada lajur desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

(Sumber : Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

2.9.8 Faktor ekivalen beban (*Vehicle Damage Factor*)

Dalam desain perkerasan, beban lalu lintas dikonversi ke beban standar (ESA) dengan menggunakan faktor ekivalen beban (*Vehicle Damage Factor*). Analisis struktur perkerasan dilakukan berdasarkan jumlah kumulatif ESA pada lajur rencana sepanjang umur rencana. Desain akurat memerlukan perhitungan beban lalu lintas yang akurat pula. Studi atau *survey* beban gandar yang dirancang dan dilaksanakan dengan baik merupakan dasar perhitungan ESA yang andal. Oleh karena itu, *survey* beban gandar harus dilakukan apabila dimungkinkan.

Tabel 2.26 Pengumpulan Data Beban Gandar

Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan	Sumber Data Beban Gandar
Jalan bebas hambatan	1 atau 2
Jalan raya	1 atau 2 atau 3
Jalan sedang	2 atau 3
Jalan kecil	2 atau 3

(Sumber : Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

Tabel 2.27 Nilai VDF masing-masing jenis kendaraan niaga

Jenis kendaraan	Sumatera				Jawa				Kalimantan				Sulawesi				Bali, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua				
	Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		
	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	
5B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
6A	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,5
6B	4,5	7,4	3,4	4,6	5,3	9,2	4,0	5,1	4,8	8,5	3,4	4,7	4,9	9,0	2,9	4,0	3,0	4,0	2,5	3,0	
7A1	10,1	18,4	5,4	7,4	8,2	14,4	4,7	6,4	9,9	18,3	4,1	5,3	7,2	11,4	4,9	6,7	-	-	-	-	
7A2	10,5	20,0	4,3	5,6	10,2	19,0	4,3	5,6	9,6	17,7	4,2	5,4	9,4	19,1	3,8	4,8	4,9	9,7	3,9	6,0	
7B1	-	-	-	-	11,8	18,2	9,4	13,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7B2	-	-	-	-	13,7	21,8	12,6	17,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7C1	15,9	29,5	7,0	9,6	11,0	19,8	7,4	9,7	11,7	20,4	7,0	10,2	13,2	25,5	6,5	8,8	14,0	11,9	10,2	8,0	
7C2A	19,8	39,0	6,1	8,1	17,7	33,0	7,6	10,2	8,2	14,7	4,0	5,2	20,2	42,0	6,6	8,5	-	-	-	-	
7C2B	20,7	42,8	6,1	8,0	13,4	24,2	6,5	8,5	-	-	-	-	17,0	28,8	9,3	13,5	-	-	-	-	
7C3	24,5	51,7	6,4	8,0	18,1	34,4	6,1	7,7	13,5	22,9	9,8	15,0	28,7	59,6	6,9	8,8	-	-	-	-	

(Sumber : Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

2.9.9 Beban Sumbu Standar Kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif *atau Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESAL)* merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana yang ditentukan sebagai berikut :

Menggunakan VDF masing-masing kendaraan niaga

$$ESA_{TH-1} = (\sum LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R \dots\dots\dots(2.77)$$

Dengan :

ESA_{TH-1} : Kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen pada tahun pertama.

LHR_{JK} : Lintas harian rata-rata tiap jenis kendaraan

VDF_{JK} : Faktor ekivalen beban tiap jenis kendaraan niaga

DD : Faktor distribusi arah

DL : Faktor distribusi lajur

R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

CESAL : Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana.

2.9.10 Drainase Perkerasan

2.9.10.1 Dampak drainase perkerasan terhadap lapisan perkerasan

Secara umum perencana harus menerapkan desain yang dapat menghasilkan “faktor m” $\geq 1,0$ kecuali jika kondisi lapangan tidak memungkinkan. Apabila drainase bawah permukaan tidak dapat disediakan, maka tebal lapis pondasi agregat bawah permukaan harus disesuaikan dengan menggunakan nilai koefisien drainase “m” sesuai ketentuan AASHTO 1993 atau Pt T-01-2002 B.

Bagan desain yang dalam manual ini ditetapkan dengan asumsi bahwa drainase berfungsi dengan baik. Apabila kondisi drainase menyebabkan nilai m lebih kecil dari 1 maka tebal lapis pondasi agregat seperti tercantum dalam bagan desain harus dikoreksi menggunakan formula berikut :

$$\text{Tebal desain lapis agregat} = \frac{\text{Tebal berdasarkan perhitungan atau bagan desain}}{m} \dots\dots(2.78)$$

Dalam proses desain, penggunaan koefisien drainase m yang lebih besar dari 1 tidak digunakan kecuali jika ada kepastian bahwa mutu pelaksanaan untuk mencapai kondisi tersebut dapat dipenuhi.

2.9.10.2 Tinggi minimum timbunan untuk drainase

Tinggi minimum permukaan tanah dasar diatas muka air tanah dan level muka air banjir adalah seperti ditunjukkan pada tabel 2.28.

Tabel 2.28 Tinggi Minimum Tanah Dasar diatas Muka Air Tanah dan Muka Air Banjir

Kelas Jalan (berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan)	Tinggi tanah dasar muka diatas muka air tanah (mm)	Tinggi tanah dasar diatas muka air banjir (mm)
Jalan bebas hambatan	1200 (jika ada drainase bawah permukaan di median)	500 (banjir 50 tahunan)
	1700 (tanah lunak jenuh atau gambut tanpa lapis drainase)	

Jalan raya	1200 (tanah lunak jenuh atau gambut tanpa lapis drainase) 800 (tanah lunak jenuh atau gambut dengan lapis drainase) 600 (tanah dasar normal)	
Jalan sedang	600	500 (banjir 10 tahunan)
Jalan kecil	400	NA

(Sumber : Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

Apabila timbunan terletak diatas tanah jenuh air, sedangkan ketentuan tersebut diatas tidak dapat dipenuhi maka harus disediakan lapis drainase (*drainage blanket layer*). Lapisan tersebut berfungsi untuk mencegah terjadinya perembesan material halus tanah lunak ke dalam lapis pondasi (sub base). Kontribusi daya dukung lapis drainase terhadap daya dukung struktur perkerasan tidak diperhitungkan.

Tabel 2.29 Koefisien Drainase “m” untuk Tebal Lapis Berbutir

Kondisi Lapangan (digunakan untuk pemilihan nilai m yang sesuai)	Nilai “m” untuk design
Galian dengan drainase bawah permukaan yang ideal (oulet drainase bawah permukaan selalu diatas muka air banjir)	1,0
Timbunan dengan lapis pondasi bawah menerus sampai bahu jalan (<i>day-lighting</i>) (tidak terkena banjir)	1,0
Timbunan dengan tepi permeabilitas rendah dan lapis pondasi bawah berbentuk kotak	1,0
Galian pada permukaan tanah atau timbunan tanpa drainase bawah permukaan dan permeabilitas rendah pada pinggir > 500 mm. Gunakan 0,9 jika ≤ 500 mm.	0,7
Tanah dasar jenuh air secara permanen selama musim hujan dan tidak teralirakan. Tidak ada sistim oulet. Ketentuan lapisan penopang (<i>capping layer</i>) dapat digunakan.	0,4

(Sumber : Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

2.9.11 Desain Pondasi Jalan

2.9.11.1 Pengujian daya dukung dan asumsi-asumsi

Spesifikasi umum pelaksanaan menetapkan bawah lapisan tanah yang lebih dalam dari 30 cm dibawah elevasi tanah dasar harus dipadatkan sampai 95% kepadatan kering maksimum. Hingga kedalam 30 cm dari elevasi tanah dasar tanah dipadatkan hingga 100% kepadatan kering maksimum.

Untuk desain, daya dukung rencana tanah dasar diperoleh dari nilai CBR rendaman 4 hari pada 95% kepadatan standar kering maksimum. Bagan desain-1 menunjukkan indikasi daya dukung berbagai jenis tanah. Nilai yang disajikan hanya digunakan sebagai acuan awal. Pengujian daya dukung harus dilakukan untuk mendapatkan nilai CBR yang sebenarnya. Bagan tersebut mengindikasikan bahwa kondisi setempat mempengaruhi daya dukung tanah dasar/. Fakta tersebut harus dipertimbangkan apabila kondisi yang tidak mendukung tersebut ditemui di lapangan.

Berdasarkan kriteria-kriteria pada bagan tersebut, tanah dasar yang lazim ditemui di Indonesia mempunyai nilai CBR sekitar 4% bahkan dapat serendah 2%. Prosedur pengambilan contoh dan pengujian yang sesuai dengan kondisi lapangan harus diperhatikan. Dalam hal ini tanah lunak kepadatan berdasarkan standar pengujian laboratorium tidak mungkin dicapai dilapangan. Dengan demikian nilai CBR laboratorium tanah lunak menjadi tidak relevan.

2.9.11.2 Pengukuran daya dukung DCP (*Dynamic Cone Penetration Test*)

Pengujian daya dukung dengan DCP tidak memberikan hasil dengan tingkat ketelitian yang sama dengan pengujian di laboratorium. Pengujian DCP hanya dilakukan pada kondisi berikut :

- a. Tanah rawa jenuh air sehingga tidak mungkin dapat dipadatkan, sehingga pengujian CBR laboratorium menjadi tidak relevan. Dalam hal ini nilai CBR yang diperoleh dari pengujian DCP memberikan nilai yang lebih dapat diandalkan. Pengujian DCP juga digunakan untuk menentukan kedalaman tanah lunak. Pengujian penetrometer atau piezometer juga dapat digunakan.

- b. Pada kawasan tanah aluvial kering, khususnya daerah persawahan kemungkinan terdapat lapisan dengan kepadatan rendah (antara 1200-1500 kg/m³) dibawah permukaan tanah yang kering. Pengujian DCP harus dilakukan untuk memastikan kondisi faktual terbasah di lapangan dan harus diperhitungkan dalam desain. Untuk keamanan, dalam proses desain harus diasumsikan bahwa lapisan tersebut jenuh selama musim penghujan.

Nilai modulus tanah dasar yang diperoleh dari DCP harus disesuaikan dengan kondisi musim. Faktor penyesuaian minimum ditunjukkan pada tabel 2.30.

Tabel 2.30 Faktor Penyesuaian Modulus Tanah Dasar Terhadap Kondisi Musim

Musim	Faktor penyesuaian minimum nilai CBR berdasarkan pengujian DCP
Musim hujan dan tanah jenuh	0,90
Masa transisi	0,80
Musim kemarau	0,70

(Sumber : Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

Nilai CBR desain = (CBR hasil pengujian DCP) x Faktor penyesuaian.....(2.79)

2.9.12 Pemilihan Struktur Perkerasan

Pemilihan jenis perkerasan akan bervariasi berdasarkan volume lalu lintas, umur rencana, dan kondisi pondasi jalan. Batasan pada tabel 2.31 tidak mutlak, perencana harus mempertimbangkan biaya terendah selama umur rencana, keterbatasan dan kepraktisan pelaksanaan. Pemilihan alternatif desain berdasarkan manual ini harus didasarkan pada *discounted lifecycle cost* terendah.

Tabel 2.31 Pemilihan Tipe Perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagan Desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0-0,5	0,1-4	>4-10	>10-30	>30-200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (diatas tanah dengan CBR \geq 2,5%)	4	-	-	2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah perdesaan dan perkotaan)	4A	-	1,2	-	-	-
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC tebal \geq 100 mm dengan lapis pondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B	-	-	1,2	2	2
AC atau HRS tipid diatas lapis pondasi berbutir	3A	-	1,2	-	-	-
Burda atau burtu dengan LPA Kelas A atau batuan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis pondasi soil cement	6	1	1	-	-	-
Perkerasan tanpa penutup (japat,jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-

(Sumber : Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

2.9.13 Kebutuhan Pelapisan (*Sealing*) Bahu Jalan

2.9.13.1 Tebal lapis berbutir

Elevasi tanah dasar untuk bahu harus sama dengan elevasi tanah dasar perkerasan atau setidaknya pelaksanaan tanah dasar badan jalan harus dapat mengalirkan air dengan baik. Untuk memudahkan pelaksanaan, pada umumnya tebal lapis berbutir bahu dibuat sama dengan tebal lapis berbutir perkerasan.

2.9.13.2 Bahu tanpa pengikat – lapis berbutir kelas S

Lapis permukaan harus berupa lapis pondasi agregat kelas S, atau kerikil alam yang memenuhi ketentuan dengan Indeks Plastisitas (IP) antara -12%. Tebal lapis permukaan bahu LFA kelas S sama dengan tebal lapis beraspal tapi tidak lebih tebal dari 200 mm. Jika tebal lapis beraspal kurang dari 125 mm, maka tebal minimum LFA kelas S 125 mm.

2.9.14 Langkah-langkah perencanaan tebal perkerasan

- a. Mempersiapkan data lalu lintas harian rata-rata.
- b. Menentukan nilai kumulatif beban (ESA)

Terdapat beberapa langkah untuk menentukan nilai ESA, yaitu :

- 1) Menentukan nilai faktor ekivalen beban (VDF) aktual dan normal.
- 2) Perhitungan lalu lintas
- 3) Menentukan nilai faktor pengali pertumbuhan lalu lintas (R)
- 4) Menghitung nilai ESA

- c. Menentukan tipe perkerasan
- d. Menentukan segmen tanah dasar

e. Menentukan Struktur Pondasi Perkerasan

Menentukan struktur pondasi perkerasan dapat dilihat pada tabel-tabel berikut :

Tabel 2.32 Bagan Desain -2 : Desain Pondasi Jalan Minimum

CBR Tanah dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur			Perkerasan Kaku
			Beban lalu lintas pada lajur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESA5)			Stabilisasi Semen ⁽⁶⁾
			< 2	2 - 4	> 4	
			Tebal minimum perbaikan tanah dasar			
≥ 6	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilisasi semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan Spesifikasi Umum, Devisi 3 – Pekerjaan Tanah) (pemadatan lapisan ≤ 200 mm tebal gembur)	Tidak diperlukan perbaikan			300
5	SG5		-	-	100	
4	SG4		100	150	200	
3	SG3		150	200	300	
2,5	SG2.5		175	250	350	
Tanah ekspansif (potensi pemuai > 5%)		Lapis penopang ⁽⁴⁾⁽⁵⁾ -atau- lapis penopang dan geogrid ⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾	400	500	600	Berlaku ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur
Perkerasan di atas tanah lunak ⁽²⁾			1000	1100	1200	
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum – ketentuan lain berlaku)		Lapis penopang berbutir ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	650	750	850	
			1000	1250	1500	

(Sumber : Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

Tabel 2.33 Bagan Desain -3 : Desain Perkerasan Lentur Opsi Biaya Minimum Dengan CTB

	F1 ²	F2	F3	F4	F5
	Untuk lalu lintas di bawah 10 juta ESA5 lihat bagan desain 3A – 3B dan 3 C				
	Lihat Bagan Desain 4 untuk alternatif perkerasan kaku ³				
Repetisi beban sumbu kumulatif 20 tahun pada lajur rencana (10 ⁶ ESA ₅)	> 10 - 30	> 30 – 50	> 50 – 100	> 100 – 200	> 200 – 500
Jenis permukaan berpengikat	AC				
Jenis lapis Fondasi	Cement Treated Base (CTB)				
AC WC	40	40	40	50	50
AC BC ⁴	60	60	60	60	60
AC BC atau AC Base	75	100	125	160	220
CTB ³	150	150	150	150	150
Fondasi Agregat Kelas A	150	150	150	150	150

(Sumber : Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

Tabel 2.34 Bagan Desain – 3A : Desain Perkerasan Lentur dengan HRS

Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^6 CESA ₆)	FF1<0,5	$0,5 \leq FF2 \leq 4,0$
Jenis permukaan	HRS atau penetrasi makadem	HRS
Struktur Perkerasan	Tebal lapisan (mm)	
HRS WC	50	30
HRS Base	-	35
LFA Kelas A	150	250
LFA Kelas A atau LFA Kelas B atau kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan CBR > 10% ⁵	150	125

(Sumber : Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

Tabel 2.35 Bagan Desain-3B : Desain Perkerasan Lentur-Aspal dengan Lapis Pondasi Berbutir

	STRUKTUR PERKERASAN								
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
Solusi yang dipilih	Lihat Catatan 2								
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^6 ESA5)	< 2	$\geq 2 - 4$	> 4 - 7	> 7 - 10	> 10 - 20	> 20 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200
	KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)								
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40	40
AC BC	60	60	60	60	60	60	60	60	60
AC Base	0	70	80	105	145	160	180	210	245
LPA Kelas A	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Catatan	1		2		3				

(Sumber : Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

Tabel 2.36 Bagan Desain-3C : Penyesuaian Tebal Lapis Pondasi Agregat A Untuk Tanah Dasar CBR $\geq 7\%$ (Hanya Untuk Bagan Desain – 3B)

STRUKTUR PERKERASAN									
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10 ⁶ CESA5)	> 2	> 2 - 4	> 4 - 7	> 7 - 10	> 10 - 20	> 20 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200
TEBAL LFA A (mm) PENYESUAIAN TERHADAP BAGAN DESAIN 3B									
Subgrade CBR ≥ 5.5 - 7	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Subgrade CBR > 7- 10	330	220	215	210	205	200	200	200	200
Subgrade CBR ≥ 10	260	150	150	150	150	150	150	150	150
Subgrade CBR ≥ 15	200	150	150	150	150	150	150	150	150

(Sumber : Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

g) Menentukan standar drainase bawah permukaan

Dalam menentukan standar drainase bawah permukaan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.37 Tinggi Minimum Tanah Dasar diatas Muka Air Tanah dan Muka Air Banjir

Kelas Jalan (berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan)	Tinggi tanah dasar muka diatas muka air tanah (mm)	Tinggi tanah dasar diatas muka air banjir (mm)
Jalan bebas hambatan	1200 (jika ada drainase bawah permukaan di median)	500 (banjir 50 tahunan)
	1700 (tanah lunak jenuh atau gambut tanpa lapis drainase)	
Jalan raya	1200 (tanah lunak jenuh atau gambut tanpa lapis drainase)	
	800 (tanah lunak jenuh atau gambut dengan lapis drainase)	
	600 (tanah dasar normal)	

Jalan sedang	600	500 (banjir 10 tahunan)
Jalan kecil	400	NA

(Sumber : Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

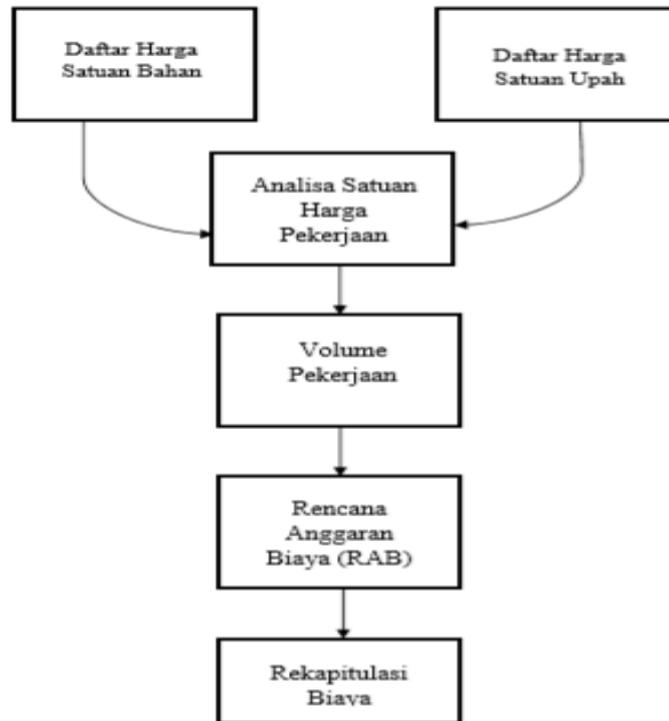
- h) Menetapkan kebutuhan daya dukung tepi perkerasan.
- i) Menetapkan kebutuhan pelapisan (*sealing*) bahu jalan.
- j) Ulangi langkah a-i untuk setiap segmen yang seragam.

2.10 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah proses merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Manajemen proyek tumbuh karena dorongan mencari pendekatan pengelolaan yang sesuai dengan tuntutan dan sifat kegiatan proyek, suatu kegiatan yang dinamis dan berbeda dengan kegiatan operasional rutin.

Ada banyak faktor yang mempengaruhi lancarnya pelaksanaan suatu proyek konstruksi. Salah satunya adalah ketersediaan dana untuk membiayai pelaksanaan proyek konstruksi. Sebagai dasar untuk membuat sistem pembiayaan dalam sebuah proyek, kegiatan estimasi juga digunakan untuk merencanakan jadwal pelaksanaan konstruksi. Kegiatan estimasi dalam proyek konstruksi dilakukan dengan tujuan tertentu tergantung dari pihak yang membuatnya.

Pihak owner membuat estimasi dengan tujuan untuk mendapatkan informasi sejelas-jelasnya tentang biaya yang harus disediakan untuk merealisasikan proyeknya, hasil estimasi ini disebut OE (Owner Estimate) atau EE (Engineer Estimate). Pihak kontraktor membuat estimasi dengan tujuan untuk kegiatan penawaran terhadap proyek konstruksi. Kontraktor akan memenangkan lelang jika penawaran yang diajukan mendekati owner estimate (OE) atau engineer estimate (EE). Dalam menentukan harga penawaran, kontraktor harus memasukkan aspek-aspek lain yang sekiranya berpengaruh terhadap biaya proyek nantinya. Tahap-tahap yang sebaiknya dilakukan untuk menyusun anggaran biaya dapat dilihat pada gambar 2.30.



Gambar 2.30 Tahapan Estimasi Biaya

2.10.1 Rencana kerja dan syarat-syarat

Rencana kerja dan syarat-syarat adalah segala ketentuan dan formasi yang diperlukan terutama hal-hal yang tidak dapat dijelaskan dengan gambar-gambar yang harus dipenuhi oleh para kontraktor pada saat mengikuti pelelangan maupun pada saat melaksanakan pekerjaan yang akan dilakukan olehnya. Rencana kerja dan syarat-syarat terdiri :

- a. Syarat umum
- b. Syarat administrasi
- c. Syarat Teknis
- d. Syarat Teknik Khusus

2.10.2 Rencana anggaran biaya

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah perhitungan banyaknya biaya yang dibutuhkan baik upah maupun bahan dalam sebuah pekerjaan proyek konstruksi, membangun rumah, atau meningkat rumah, gedung, jembatan, masjid, dan lain-lain.

Rencana Anggaran Biaya dibuat berdasarkan uraian pekerjaan yang disusun menurut jenis pekerjaan yang ada dalam pelaksanaan konstruksi dan disusun berdasarkan gambar kerja dan RKS (Rencana Kerja dan Syarat) dengan memperhitungkan segala biaya pengadaan bahan maupun alat. RAB sendiri terdiri dari :

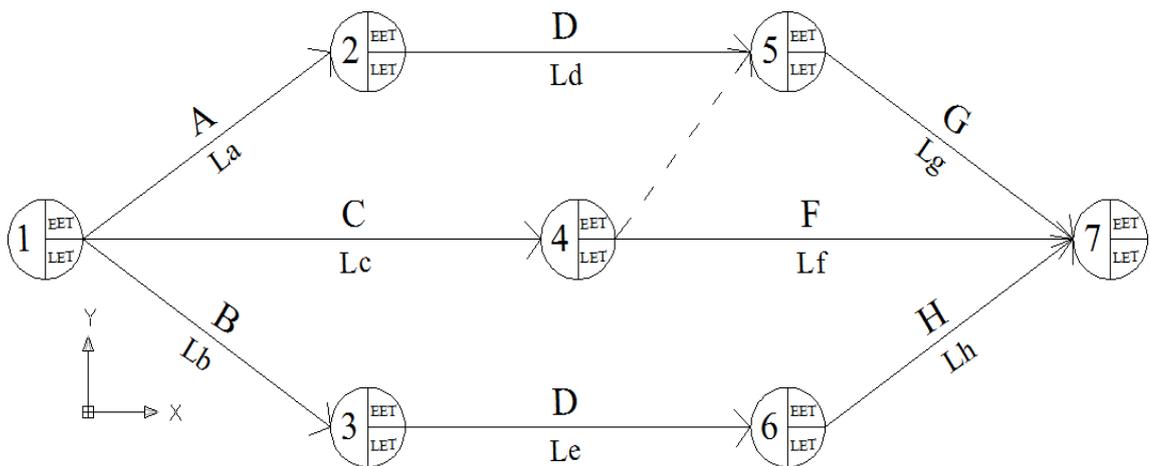
- a. Perhitungan Kuantitas Pekerjaan
- b. Analisa Harga Satuan
- c. Rencana Anggaran Biaya
- d. Rekapitulasi

2.10.3 Network Planning

Network Planning adalah alat manajemen yang memungkinkan dengan lebih luas dan lengkap dalam perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Proyek secara umum didefinisikan sebagai suatu rangkaian kegiatan-kegiatan (aktivitas) yang mempunyai saat permulaan dan yang harus dilaksanakan serta diselesaikan untuk mendapat satu tujuan tertentu. Ini penting untuk digunakan oleh orang yang bertanggung jawab atas bidang-bidang engineering, produksi, marketing administrasi dan lain-lain, di mana setiap kegiatan tersebut tidak merupakan kegiatan rutin. Cara membuat network planning bisa dengan cara manual atau menggunakan software komputer seperti *Ms. Project*. Untuk membuatnya kita membutuhkan data-datayaitu :

- a. Jenis pekerjaan yang dibuat detail rincian item pekerjaan, contohnya jika kita akan membuat network planning pondasi batu kali maka apabila dirinci ada pekerjaan galian tanah, pasangan pondasi batu kali kemudian urugan tanahkembali.

- Durasi waktu masing-masing pekerjaan, dapat ditentukan berdasarkan pengalaman atau menggunakan rumus analisis bangunan yang sudah ada.
- Jumlah total waktu pelaksanaan pekerjaan.
- Metode pelaksanaan konstruksi sehingga dapat diketahui urutan pekerjaan.



Gambar 2.31 Sketsa *Network Planning*

Keterangan :

- \longrightarrow (*Arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Simbol ini merupakan pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan resources tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.
- \bigcirc (*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu kegiatan.
- \Longrightarrow (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasi kritis (*critikcal path*).

d. - - - - - \rightarrow (*Dummy*), bentuknya merupakan anak oangah putus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semua adalah aktifitas yang tidak menekan waktu.

e.  1 = Nomor Kejadian

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

LET (*Laetest Event Time*) = waktu yang paling lambat, yaitu mengurangi durasi dari kejadian yang dimulai dari kegiatan paling akhir dilanjutkan kegiatan sebelumnya dengan mengambil angka terkecil.

f. A, B, C, D, E, F, G, H merupakan kegiatan, sedangkan La, Lb, Lc, Ld, Le, Lf, Lg dan Lh merupakan durasi dari kegiatan tersebut.

2.10.4 *Barchart* dan Kurva S

Barchart adalah suatu diagram yang terdiri dari batang-batang yang menunjukkan saat dimulai dan saat selesai yang direncanakan untuk kegiatan-kegiatan pada suatu proyek. Disamping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahn-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan. (Wulfram, 2002).

Kurva S dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lama waktu yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dari tahap pertama sampai berakhirnya pekerjaan tersebut. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapat dari perbandingan dan jumlah harga penawaran. (Wulfram, 2002).

WAKTU PELAKSANAAN (TIME SCHEDULE)

PROYEK PEMBANGUNAN insinyurgoblog.com

NO	URAIAN PEKERJAAN	JUMLAH HARGA (RP.)	BOBOT (%)	WAKTU PELASANAAN																KET														
				JANUARI				FEBRUARI				MARET				APRIL																		
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4															
1	Pekerjaan Pendahuluan	25.697.028,00	6,91	3,5	3,5																													
2	pekerjaan Pondasi	64.896.432,00	17,45			5,8	5,8	5,8																										
3	Pekerjaan Struktur	120.000.000,00	32,27					8,1	8,1	8,1	8,1																							
4	Pekerjaan Dinding Bata	4.300.000,00	1,16							0,3	0,3	0,3	0,3																					
5	Pekerjaan Pintu, Kusen, dan Jendela	26.000.000,00	6,99							1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2																			
6	Pekerjaan Instalasi Listrik	13.000.000,00	3,50									0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5															
7	Pekerjaan Sanitasi	18.000.000,00	4,84									0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6													
8	Pekerjaan Atap	75.000.000,00	20,17											4	4	4	4	4	4	4	4													
9	Perkerjaan finishing	25.000.000,00	6,72																	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3										
Jumlah		371.893.460,00	100,00																															
RENCANA PROGRES MINGGUAN (%)				3,5	3,5	5,8	5,8	14	9,5	9,5	11	6,6	6,30	6,30	6,5	6,5	2,4	1,9	1,3															
KOMULATIF PROGRES MINGGUAN (%)				3,5	6,9	13	19	32	42	51	62	69	75,0	81	88	94	97	99	100															

Gambar 2.32 Barchart dan Kurva S