

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Jalan Raya

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 34 Tahun 2006, disebutkan bahwa Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi pergerakan lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel. Sedangkan sistem jaringan jalan adalah satu kesatuan ruas jalan yang saling menghubungkan dan mengikat pusat-pusat pertumbuhan dengan wilayah yang berada dalam pengaruh pelayanannya dalam satu hubungan hierarki.

Jalan menurut peranan perjalanan dapat dibedakan dalam sistem jaringan jalan, fungsi jalan, status jalan, dan kelas jalan. Sistem jaringan jalan merupakan satu kesatuan jaringan jalan yang terdiri dari sistem jaringan jalan primer dan sistem jaringan jalan sekunder yang terjalin dalam hubungan hierarki Kerusakan jalan disebabkan antara lain karena beban lalu lintas berulang yang berlebihan (*overloaded*), panas/suhu udara, air dan hujan, serta mutu awal produk jalan yang jelek. Oleh sebab itu disamping direncanakan secara tepat jalan harus dipelihara dengan baik agar dapat melayani pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana, pemeliharaan jalan rutin maupun berkala perlu dilakukan untuk mempertahankan keamanan dan kenyamanan jalan bagi pengguna dan menjaga daya tahan / keawetan sampai umur rencana (Sugiharto, 2004).

Survey kondisi perkerasan perlu dilakukan secara periodik baik struktural maupun nonstruktural untuk mengetahui tingkat pelayanan jalan yang ada. Pemeriksaan nonstruktural (fungsional) antara lain bertujuan untuk memeriksa kerataan (*roughness*), kekasaran (*texture*), dan kekesatan (*skid resistance*). Pengukuran sifat kerataan lapis permukaan jalan akan

bermanfaat di dalam usaha menentukan program rehabilitasi dan pemeliharaan jalan. Di Indonesia pengukuran dan evaluasi tingkat kerataan jalan belum banyak dilakukan salah satunya dikarenakan keterbatasan peralatan. Karena kerataan jalan berpengaruh pada keamanan dan kenyamanan pengguna jalan maka perlu dilakukan pemeriksaan kerataan secara rutin sehingga dapat diketahui kerusakan yang harus diperbaiki (Sugiharto, 2004).

2.2 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan dibedakan menjadi beberapa macam yaitu:

2.2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsinya

Sesuai dengan fungsinya, jalan dikelompokkan dan dibedakan keberadaannya dalam SJJ (PP NO.34/2006).

2.2.1.1 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Fungsinya Dalam SJJ Sekunder

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. VD paling rendah 30Km/Jam;
 - b. Lebar badan jalan paling sedikit 11,0m;
 - c. Mempunyai kapasitas yang lebih besar daripada volume lalu lintas rata-rata;
 - d. Lalu lintas cepat tidak boleh terganggu oleh lalu lintas lambat; dan
 - 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. VD paling rendah 20Km/Jam;
 - b. Lebar badan jalan paling sedikit 9,0m;
 - c. Mempunyai kapasitas yang lebih besar daripada volume lalu lintas rata-rata;
 - d. Lalu lintas cepat tidak boleh terganggu oleh lalu lintas lambat; dan
 - 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. VD paling rendah 10Km/Jam; dan
 - b. Lebar badan jalan paling sedikit 7,5m
4. Jalan lingkungan sekunder atau juga dikenal sebagai jalan permukiman dilingkungan perkotaan berfungsi menghubungkan antarpersil dalam kawasan perkotaan, dengan ciri-ciri:
 - a. VD paling rendah 10Km/Jam;
 - b. Lebar badan jalan paling sedikit 6,5m;
 - c. Diperuntukkan bagi kendaraan bermotor beroda 3 atau lebih; dan
 - d. Yang tidak diperuntukkan bagi kendaraan bermotor beroda 3 atau lebih harus mempunyai lebar badan jalan paling sedikit 3,5 m.

2.2.1.2 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Fungsinya Dalam SJJ

Primer

Jalan dalam SJJ primer terdiri dari:

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 VD paling rendah 60Km/jam
 - c. Mempunyai kapasitas yang lebih besar dari volume lalu lintas rata-ratanya.
 - d. Mempunyai lebar badan jalan paling sedikit 11,0m.
 - 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 VD paling rendah 40Km/jam
 - c. Mempunyai kapasitas yang lebih besar dari volume lalu lintas rata-ratanya.
 - d. Mempunyai lebar badan jalan paling sedikit 9,0m.

- 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 antar-PKLing, melayani angkutan setempat, dengan ciri-ciri:
- a. Perjalanan jarak dekat;
 - b. Kecepatan rata-rata rendah dengan VD paling rendah 20Km/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 antarpusat 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 VD paling rendah 15Km/Jam.
 - c. Mempunyai lebar badan jalan paling sedikit 6,5m untuk melayani kendaraan bermotor roda 3 atau lebih, atau lebar badan jalan paling sedikit 3,5m untuk melayani kendaraan bermotor roda 2.
 - d. Jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

2.2.2 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan

Berdasarkan Kelasnya Jalan dikelompokkan berdasarkan:

2.2.2.1 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:

1. JBH yaitu jalan dengan spesifikasi:
 - a. Pengendalian jalan masuk: secara penuh,
 - b. Persimpangan sebidang: tidak ada
 - c. Jumlah lajur paling sedikit: 2 lajur untuk setiap arah
 - d. Lebar lajur paling sedikit: 3,5m
 - e. Median: dilengkapi
 - f. Pagar Rumija: dilengkapi
2. JRY yaitu jalan umum untuk lalu lintas secara menerus dengan spesifikasi:
 - a. Pengendalian jalan masuk: terbatas
 - b. Persimpangan sebidang: ada
 - c. Jumlah lajur paling sedikit: 2 lajur untuk setiap arah
 - d. Lebar lajur paling sedikit: 3,5m
 - e. Median: dilengkapi
 - f. Pagar Rumija: tidak dilengkapi
3. JSD adalah jalan umum dengan lalu lintas jarak sedang dengan spesifikasi:
 - a. Pengendalian jalan masuk: tidak dibatasi
 - b. Persimpangan sebidang: ada
 - c. Jumlah lajur paling sedikit: 2 lajur untuk 2 arah
 - d. Lebar jalur paling sedikit: 7,0m
 - e. Median: tidak dilengkapi
 - f. Pagar Rumija: tidak dilengkap

4. JKC, adalah jalan umum untuk melayani lalu lintas setempat dengan spesifikasi:
 - a. Pengendalian jalan masuk: tidak dibatasi
 - b. Persimpangan sebidang: ada
 - c. Jumlah lajur paling sedikit: 2 lajur untuk 2 arah
 - d. Lebar jalur paling sedikit: 5,5m
 - e. Median: tidak dilengkapi
 - f. Pagar Rumija: tidak dilengkapi
5. Jalan lalu lintas rendah (JLR) adalah jalan umum yang belum diatur dalam peraturan yang berlaku, tetapi dirumuskan untuk melayani lalu lintas yang rendah ($LHRTD < 2000SMP/hari$, atau kurang lebih $< 200SMP/jam$) dengan spesifikasi:
 - a. Pengendalian jalan masuk: (tidak dibatasi)
 - b. Persimpangan sebidang: ada
 - c. Jumlah lajur paling sedikit: 1 lajur untuk 2 arah
 - d. Lebar jalur paling sedikit: 4,0m
 - e. Median: tidak dilengkapi
 - f. Pagar Rumija: tidak dilengkapi

2.2.2.2 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Penggunaan Jalan

Berdasarkan Fungsi dan intensitas lalu lintas guna kepentingan pengaturan penggunaan jalan dan kelancaran LLAJ, diklasifikasikan menjadi 4 seperti diuraikan dalam Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Kelas Jalan Sesuai Penggunaannya

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

Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM /2021

Catatan: *) dalam keadaan tertentu dapat < 8 ton

2.2.3 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

Klasifikasi jalan menurut medan jalan mempunyai ciri-ciri, baik bentuk fisik unsur geometrik maupun operasional dari pengguna jalan, dan ciri—ciri tersebut saling sinergi satu dengan lainnya.

Dalam proses desain awal, potongan melintang topografi medan jalan mempunyai pengaruh terhadap penetapan alinemen 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 menunjukkan klasifikasi tersebut dan kriterianya.

Tabel 2. 2 Klasifikasi Jala menurut Medannya

NO	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan medan*) %
1	Datar	D	<10
2	Bukitn	B	10 - 25
3	Gunung	G	>25

Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM /2021

Catatan: (*) nilai kemiringan medan rata-rata per 50m dalam satu kilometer

2.3 Dasar Perencanaan Geometrik

Ditinjau secara keseluruhan perencanaan geometrik harus dapat menjamin keselamatan maupun kenyamanan dari pemakaian jalan. Untuk dapat menghasilkan suatu rencana jalan yang baik dan mendekati keadaan yang sebenarnya diperlukan suatu data dasar yang baik pula. Perencanaan geometrik jalan merupakan suatu perencanaan rute dari suatu ruas jalan secara lengkap, menyangkut beberapa komponen jalan yang dirancang berdasarkan kelengkapan data dasar, yang didapatkan dari hasil survey lapangan, kemudian dianalisis berdasarkan acuan persyaratan perencanaan geometrik yang berlaku (Saodang, 2010).

Selain itu perencanaan geometrik jalan merupakan perencanaan rute dari suatu ruas jalan secara lengkap, meliputi beberapa elemen yang disesuaikan dengan kelengkapan dan data dasar yang ada atau tersedia dari hasil survey

lapangan dan telah dianalisis, serta mengacu pada ketentuan yang berlaku (Hendarsin, 2000).

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

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada perencanaan bentuk fisik sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yaitu memberikan pelayanan yang optimal pada arus lalu lintas. Jadi tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infrastruktur yang aman dan efisien pelayanan arus lalu lintas serta memaksimalkan biaya pelaksanaan ruang, bentuk dan ukuran. Jalan dapat dikatakan baik apabila dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada pemakai jalan tersebut.

Yang menjadi dasar perencanaan geometrik adalah sifat gerakan, ukuran kendaraan, sifat pengemudi dalam mengendalikan gerak kendaraannya, dan karakteristik arus lalu lintas. Hal-hal tersebut haruslah menjadi bahan pertimbangan perencana sehingga dihasilkan bentuk dan ukuran jalan, serta ruang gerak kendaraan yang memenuhi tingkat kenyamanan dan keamanan yang diharapkan (Silvia, 1994).

Di dalam proses perencanaan geometrik, ada beberapa langkah yang akan diambil oleh seorang perencana akan banyak di pengaruhi oleh beberapa faktor penting yang harus di pertimbangkan dengan sebaik-baiknya.

2.3.1 Data Peta Topografi

Topografi merupakan faktor penting dalam menentukan lokasi jalan dan pada umumnya mempengaruhi alinyemen sebagai perencanaan geometrik. Untuk Topografi merupakan faktor penting dalam menentukan lokasi jalan dan pada umumnya mempengaruhi alinyemen sebagai perencanaan geometrik. Untuk Secara umum trase jalan pada daerah perbukitan, selalu mengikuti kontur dari topografi, sehingga banyak berkelok-kelok karena untuk mempertahankan kelandaian memanjang (*grade*) jalan. Namun demikian yang paling utama adalah grade disesuaikan dengan persyaratan yang ada, agar kendaraan-kendaraan berat masih bisa melaluinya (Saodang, 2004).

Data peta topografi dalam perencanaan jalan raya yaitu pengukuran route yang dilakukan dengan tujuan memindahkan kondisi permukaan bumi dari lokasi yang diukur pada kertas yang berupa peta planimetri.

Kegiatan pengukuran untuk rencana teknik jalan raya ini semua dengan pengukuran untuk rencana bangunan teknik sipil lainnya yang intinya adalah melakukan pengukuran sudut dan jarak (horizontal) serta pengukuran beda tinggi (vertikal). Akan tetapi pengukuran teknik jalan raya ini mempertimbangkan pula jarak yang panjang. Sehingga pengaruh bentuk lengkung permukaan bumi juga dipertimbangkan (Hendarsin, 2000).

2.3.2 Data Lalulintas

Data lalu lintas adalah data utama yang diperlukan dalam perencanaan teknik jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan menggunakan jalan pada suatu segmen jalan yang ditinjau. Besarnya volume 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 ada perencanaan konstruksi perkerasan (Saodang, 2004).

Analisis dan lalu lintas pada intinya dilakukan untuk menentukan kapasitas jalan. Unsur lalu lintas adalah benda atau pejalan kaki sebagai bagian dari lalu lintas, sedangkan unsur lalu lintas di atas roda disebut dengan kendaraan.

Volume lalu lintas yang tinggi akan membutuhkan lebar perkerasan jalan yang lebih lebar agar aman dan nyaman. Namun apabila jalan dibuat terlalu lebar, sedangkan volume lalu lintasnya rendah, cenderung akan membahayakan.

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati / melintas satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (kendaraan / hari, kendaraan / jam). Untuk volume lalu lintas ini, harus diketahui sebelumnya, jumlah lalu lintas perhari, pertahun serta arah dan tujuan lalu lintas, sehingga diperlukan juga penyelidikan lapangan terhadap semua jenis kendaraan untuk mendapatkan data LHR.

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

2.3.3 Data Penyelidikan Tanah

Ruas jalan yang didesain harus dikelompokkan berdasarkan kesamaan segmen yang mewakili kondisi tanah dasar yang dapat dianggap seragam (tanpa perbedaan yang signifikan). Pengelompokan awal dapat dilakukan berdasarkan hasil kajian meja dan penyelidikan lapangan atas dasar kesamaan geologi, pedologi,

kondisi drainase dan topografi, serta karakteristik geoteknik (seperti gradasi dan plastisitas).

Secara umum disarankan untuk menghindari pemilihan segmen seragam yang terlalu pendek. Jika nilai CBR yang diperoleh sangat bervariasi, pendesain harus membandingkan manfaat dan biaya antara pilihan membuat segmen seragam yang pendek berdasarkan variasi nilai CBR tersebut, atau membuat segmen yang lebih panjang berdasarkan nilai CBR yang lebih konservatif.

Hal penting lainnya yang harus diperhatikan adalah perlunya membedakan daya dukung rendah yang bersifat lokal (setempat) dengan daya dukung tanah dasar yang lebih umum (mewakili suatu lokasi). Tanah dasar lokal dengan daya dukung rendah biasanya dibuang dan diganti dengan material yang lebih baik atau ditangani secara khusus.

Dua metode perhitungan CBR karakteristik diuraikan sebagai berikut.

a. Metode Distribusi Normal Standar

Jika tersedia cukup data yang valid (minimum 10 titik data uji per segmen yang seragam) rumus berikut ini dapat digunakan:

$$CBR \text{ Karakteristik} = CBR \text{ rata rata} - f \times \text{deviasi standar} \dots\dots\dots(2.1)$$

- $f = 1,645$ (probabilitas 95%), untuk jalan tol atau jalan bebas hambatan.
- $f = 1,282$ (probabilitas 90%) untuk jalan kolektor dan arteri.
- $f = 0.842$ (probabilitas 80%), untuk jalan lokal dan jalan kecil.
- Koefisien variasi (CV) maksimum dari data CBR untuk suatu segmen tidak lebih besar dari 25%. Koefisien variasi sampai dengan 30% masih boleh digunakan.

Apabila jumlah data per segmen kurang dari 10 maka nilai CBR terkecil dapat mewakili sebagai CBR segmen.

b. Metode Persentil

Metode persentil menggunakan distribusi data nilai CBR pada segmen seragam yang dianggap terdistribusi secara normal. Nilai persentil ke “x” dari suatu kumpulan data membagi kumpulan data tersebut dalam dua bagian, yaitu bagian yang mengandung “x” persen data dan bagian yang mengandung $(100 - x)$ persen data.

Nilai CBR yang dipilih adalah adalah nilai persentil ke 10 (*10thpercentile*) yang berarti 10% data segmen yang bersangkutan lebih kecil atau sama dengan nilai CBR pada persentil tersebut. Atau: 90% dari data CBR pada segmen seragam tersebut lebih besar atau sama dengan nilai CBR pada persentil tersebut.

Prosedur perhitungan untuk presentil ke – 10 adalah sebagai berikut:

1. Susun data CBR secara berurutan dari nilai terkecil hingga terbesar.
2. Hitung jumlah total data nilai CBR (n).
3. Hitung 10% dari (n), nilai yang diperoleh disebut sebagai indeks.
4. Jika indeks yang diperoleh dari langkah (iii) merupakan bilangan pecahan, lakukan pembulatan ke bilangan terdekat dan lanjutkan ke langkah v(a). Jika indeks yang dihasilkan berupa bilangan bulat, lanjutkan ke langkah v(b).
5. Dari kumpulan data yang sudah diurutkan (langkah 1), hitung mulai dari data terkecil hingga mencapai data diurutkan yang diperoleh dari langkah 3. Nilai CBR pada urutan tersebut adalah nilai CBR persentil ke – 10.
6. Dari kumpulan data yang sudah diurutkan (langkah 1), hitung mulai dari data terkecil hingga mencapai data diurutkan yang diperoleh dari langkah 3. Nilai CBR persentil ke –10 adalah

nilai rata-rata dari dua nilai CBR yaitu CBR pada urutan tersebut dan urutan berikutnya.

2.3.4 Data Penyelidikan Material

Data penyelidikan material diperoleh dengan melakukan penyelidikan material yang berfungsi untuk rencana bahan konstruksi lapisan perkerasan dan material filler untuk subdrain, yang ukuran maupun mutunya diperoleh dari uji laboratorium mekanika tanah dan mekanika buatan

2.3.5 Data-data Penunjang Lainnya

Data-data lain yang perlu diperhatikan diantaranya data tentang drainase. Peninjauan drainase meliputi data meteorologi dan geofisika untuk kebutuhan analisis data dari stasiun yang terletak pada daerah tangkapan tidak memiliki data curah hujan, maka dapat dipakai data dari stasiun di luar daerah tangkapan yang dianggap masih dapat diwakili.

2.4 Parameter Perencanaan Geometrik Jalan

Unsur jalan raya untuk tinjauan komponen geometrik direncanakan berdasarkan karakteristik-karakteristik dari unsur-unsur kendaraan, lalu lintas dan pengendara, disamping faktor-faktor lingkungan dimana jalan berada.

2.4.1 Kendaraan Rencana

Semua elemen geometrik jalan harus dapat melayani semua pergerakan kendaraan yang diwakili oleh kendaraan rencana yang dipilih. Ada dua karakteristik utama kendaraan rencana. Perbedaan utamanya adalah:

1. Kendaraan penumpang (sedang, minibus/mikrobus, pickup/truk kecil); dibandingkan dengan kendaraan besar (Bus dan Truk),

memiliki tinggi mata pengemudi yang lebih rendah, kecepatannya relatif kurang terpengaruh oleh kelandaian jalan, dan dapat berakselerasi lebih cepat (sehingga jarak pengeremannya lebih pendek).

2. Kendaraan besar; dibandingkan dengan kendaraan penumpang, memiliki tinggi mata pengemudi yang lebih tinggi, kecepatannya langsung dipengaruhi oleh kelandaian jalan, dan kemampuan berakselerasinya lebih rendah (sehingga jarak pengeremannya lebih panjang); memerlukan lajur yang lebih lebar, radius tikungan yang lebih besar, pelebaran lajur di tikungan yang lebih besar untuk mengakomodasi jalur lapak roda dan jalur ruang bebas vertikal badan kendaraan.

Kendaraan desain dipilih dari jenis-jenis kendaraan yang beroperasi di jalan yang sedang didesain yang memiliki dimensi dan atau radius putar kendaraan yang terbesar.

Undang-undang Nomor 22/2009 Pasal 19 mengatur bahwa jalan kelas I harus mampu dilalui oleh kendaraan paling besar dengan klasifikasi Kendaraan Besar (termasuk kendaraan dengan klasifikasi Kendaraan Sedang dan Kendaraan Kecil). Jalan kelas II harus mampu dilalui oleh kendaraan bermotor paling besar dengan klasifikasi Kendaraan Sedang (Kendaraan Besar dilarang masuk tetapi Kendaraan Kecil boleh masuk). Jalan kelas III hanya dapat dilalui oleh paling besar oleh kendaraan dengan klasifikasi Kendaraan Kecil yang artinya Kendaraan Besar dan Kendaraan Sedang tidak boleh masuk. Dalam keadaan normatif, kendaraan desain dapat ditetapkan berdasarkan klasifikasi kelas jalan ini, yaitu kendaraan desain untuk jalan kelas I adalah kendaraan dengan klasifikasi Kendaraan Besar, untuk kelas II adalah kendaraan dengan klasifikasi Kendaraan Sedang, dan untuk kelas III adalah kendaraan dengan klasifikasi Kendaraan Kecil. Tabel 2.3 menunjukkan dimensi kendaraan- kendaraan yang dominan beroperasi di jalan- jalan

nasional yang diperoleh dari pengamatan lapangan (Lawalata dkk, 2019; Lawalata dan Faisal 2020).

Tabel 2. 3 Dimensi dan Radius putar kendaraan desain sesuai Kelas Penggunaan Jalan

No	Jenis-jenis Kendaraan	Dimensi kendaraan			Jarak Antar Sumbu	Jalur		RPM	RPK	R _{maks}	R _{min} pada sudut belok kendaraan				
		Panjang	Lebar	Tinggi		Depan	Belakang				25°	45°	90°	135°	180°
		m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
Jenis-jenis kendaraan, berdasarkan dimensi, yang dapat beroperasi pada jalan kelas 1, 2, dan 3															
1	Toyota Avenza	4,19	1,88	1,89	2,65	0,75	0,79	5,49	4,72	5,82	3,58	3,40	3,28	3,19	3,10
2	Toyota Hiace	5,38	1,88	2,29	3,11	1,07	1,20	6,44	5,61	6,95	4,30	4,09	3,91	3,91	3,70
3	Isuzu ELF NLR 55 BLX	6,17	1,84	2,17	3,36	1,11	1,70	7,41	6,72	7,92	5,44	5,26	5,07	5,07	4,94
4	Truk Pemadam Kebakaran 2*	7,73	2,40	-	4,28	1,25	2,20	7,77	6,66	8,31	4,90	4,60	4,32	4,19	3,95
5	Bus Angkutan Masal Sedang*	7,30	2,15	3,15	3,74	1,24	2,33	6,80	5,81	7,35	4,28	3,98	3,65	3,55	3,41
6	Bus Mitsubishi Kecil	7,05	2,10	3,30	3,78	1,48	2,00	6,66	5,68	7,52	4,37	4,07	3,76	3,64	3,50
7	Bus Sedang Mitsubishi FE84GBQ(4x2)*	7,68	2,10	3,05	3,85	1,48	2,35	7,00	5,99	7,73	4,44	4,16	3,82	3,71	3,59
8	Truk Hino 500 Cargo FG 260 JM (T1.2)	8,85	2,49	2,75	5,06	1,28	2,49	9,08	7,90	9,60	5,99	5,62	5,23	5,06	4,86
9	Truk Isuzu Giga FVR 34 S 245 PS (T1.2)	7,60	2,49	2,97	4,30	1,25	2,05	7,69	6,69	8,38	4,89	4,59	4,25	4,10	3,92
Jenis-jenis kendaraan, berdasarkan dimensi, yang dapat beroperasi pada jalan kelas 1 dan 2															
10	Truk Pemadam Kebakaran 1*	9,93	2,49	-	4,60	1,40	2,48	9,31	8,17	9,93	6,24	5,89	5,46	5,36	5,08
11	Bus angkutan massal ukuran besar*	11,95	2,50	3,50	6,00	2,46	3,48	10,53	9,33	11,65	7,36	6,89	6,30	6,20	5,99
12	Truk Hino 500 Cargo FL 245 JW (T1.22)	11,95	2,49	2,78	5,83+1,35	1,28	3,49	11,11	10,06	11,83	8,03	7,60	7,08	6,83	6,59
13	Truk Isuzu Giga FVR 34 U (T1.2)	11,95	2,49	2,93	6,60	1,25	4,10	11,49	10,27	11,95	8,16	7,75	7,17	6,97	6,69
Jenis-jenis kendaraan, berdasarkan dimensi, yang dapat beroperasi pada jalan kelas 1															
14	Bus Besar	12,10	2,50	3,40	5,80	2,90	3,40	10,23	9,03	11,57	7,05	6,61	6,13	5,95	5,74
15	Truk Gandengan Hino 5 sumbu (T1.22+2.2)	16,80	2,50	2,50	3,20-7,50-1,40-1,40	1,70	3,70	11,37	10,13	11,75	7,53	6,70	5,79	4,54	3,89
16	Truk Gandengan Hino 4 sumbu (T1.2+2.2)	16,20	2,51	3,10	4,30-5,20-1,30	1,20	2,40	11,04	9,81	11,64	7,52	6,94	6,48	5,84	5,37
17	Truk Tempelan Hino 6 sumbu (T1.22+2.22)	16,40	2,50	3,20	3,40-1,20-6,70-1,30-1,30	1,20	1,40	11,47	10,24	11,84	7,64	6,86	6,02	4,70	4,01
Sumber: Lawalata dan Rahman, 2020															
Catatan: RPM - Radius putar minimum ban kendaraan pada sumbu depan terluar															
R _{min} - Radius putar minimum ban kendaraan pada sumbu paling belakang sebelah dalam															
RPK - Radius putar pusat sumbu depan kendaraan															
R _{maks} - Radius putar badan kendaraan depan terluar															

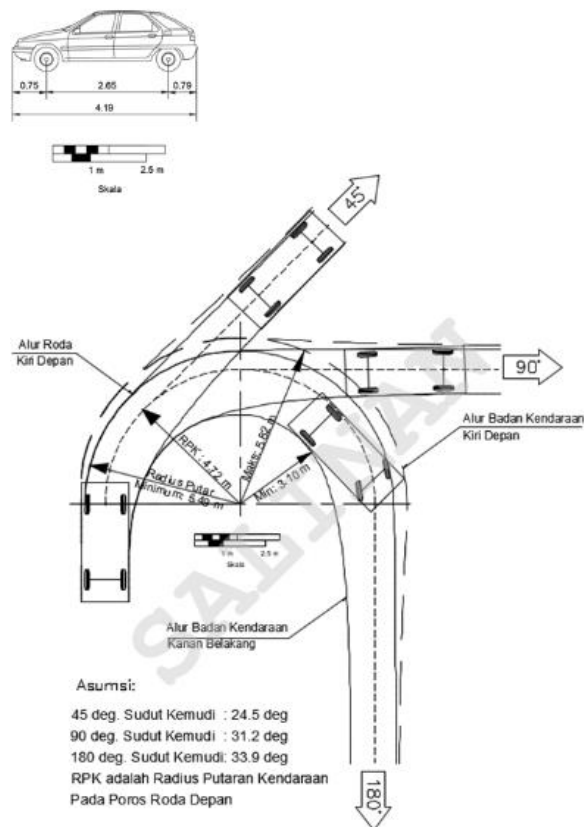
Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM /2021

Dalam pergerakan kendaraan yang membelok, ada radius yang juga harus diperhatikan, yaitu radius putar jalur depan terluar badan kendaraan. Pergerakan ini membentuk radius putar maksimum dari ruang vertikal yang harus diakomodir oleh dimensi vertikal lajur. Secara prinsip ruang ini harus bebas, dapat berada di atas perkerasan lajur lalu lintas, dapat juga diatas bahu, tetapi dilarang di atas jalur pejalan kaki atau trotoar.

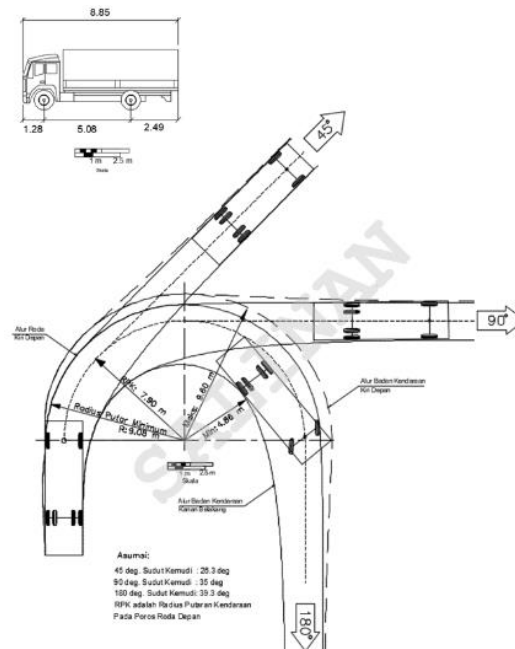
Kendaraan desain yang dipilih, selanjutnya menjadi pertimbangan dalam:

1. Penetapan lebar lajur jalan,
2. Pemeriksaan semua elemen geometrik yang terkait ketersediaan dimensi lajur lalu lintas yang harus mengakomodasi semua jenis kendaraan yang akan menggunakan jalan tersebut. Pemeriksaan ini dapat dilakukan menggunakan template berskala sesuai dimensi kendaraan desain atau menggunakan perangkat lunak, misalnya Autorun.

Gambar 2.1 s.d. Gambar 2.4, mengilustrasikan dimensi badan kendaraan desain, lapak ban kendaraan, dan lapak badan kendaraan berdasarkan Tabel 2.3, pada saat ini bermanouver di belokan atau tikungan untuk jenis-jenis kendaraan penumpang, kendaraan sedang, dan kendaraan besar.

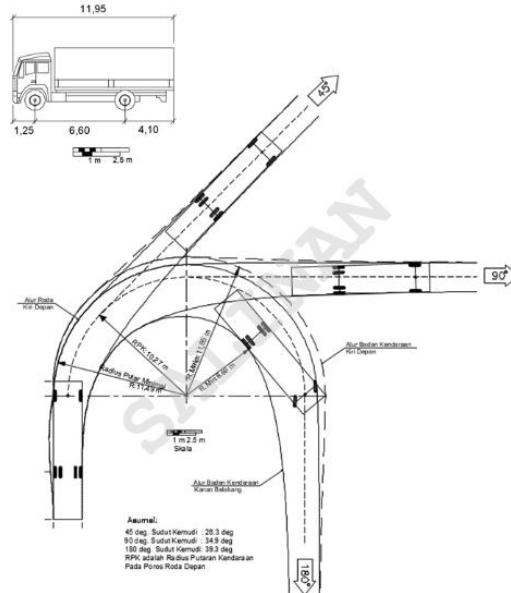


Gambar 2. 1 Alur lapak ban dan badan kendaraan Kecil
Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM /2021



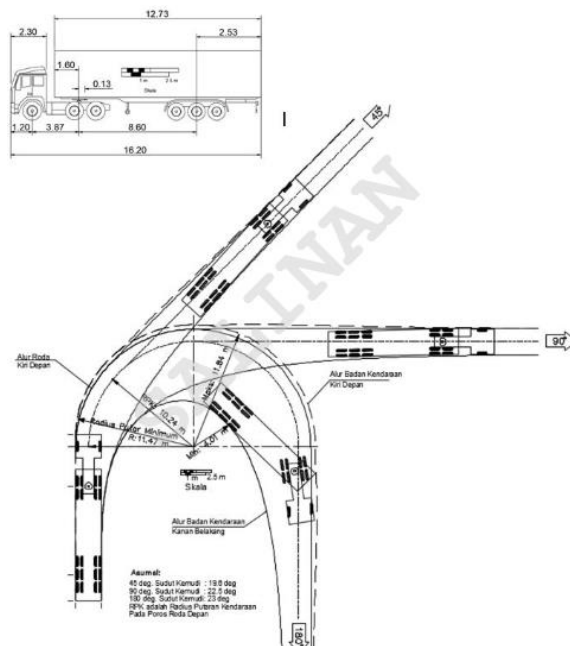
Gambar 2. 2 Alur lapak ban dan badan kendaraan Kecil saat membelok, untuk
Truk Kecil Hino 260 JM

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM /2021)



Gambar 2. 3 Alur lapak ban dan badan kendaraan Sedang saat membelok, untuk
Truk Isuzu Giga FVR.

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM /2021)



Gambar 2. 4 Alur lapak ban dan badan kendaraan Besar saat membelok , untuk Truk Tempelan Hino 6 sumbu.

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM /2021)

2.4.2 Kecepatan Rencana

Penetapan VD akan menjadi dasar pemilihan parameter geometrik yang lain sehingga VD disebut kriteria utama desain geometrik jalan. Pertimbangan utama dalam memilih VD adalah:

- Memungkinkan kendaraan desain melintas dengan aman dan nyaman pada batas-batas kecepatan operasional yang ditentukan, dalam cuaca yang cerah, arus lalu lintas yang kepadatannya sedang, dan gangguan dari jalan masuk yang dapat diabaikan.
- Mempertimbangkan fungsi jalan dan dipilih VD tertinggi dari rentang nilai VD yang diizinkan (lihat Tabel 5-1), kecuali dipilih yang lebih rendah karena pertimbangan keselamatan, ekonomi (termasuk ketersediaan dana), lingkungan, dan kemudahan konstruksi.
- Mempertimbangkan medan jalan (datar, bukit, dan gunung).
- Mempertimbangkan karakter pengemudi.

- e. Pada ruas jalan yang akan ditingkatkan di masa yang akan datang atau pelaksanaan konstruksi bertahap, maka VD yang dipilih hendaknya yang sesuai dengan VD di masa yang akan datang (akhir umur desain final).

Mengacu pada Permen PU No.19/PRT/M/2011, pasal 12 s.d pasal 18, PP No.34/2006, serta PP No.79/2013, pasal 23, Tabel 2.4 s.d. 2.5 dapat digunakan untuk pemilihan rentang VD

Tabel 2. 4 Korelasi padanan antarpengelompokan jalan SJJ Primer, Fungsi, Status, Kelas, dan SPPJ serta tipe jalan dan rentang VD

SJJ	Peran meng- hubungkan	Pengelompokan fungsi Jalan	Status dan Penyelenggara jalan	Kelas jalan			SPPJ	Tipe jalan (paling kecil)	Rentang V_D , Km/Jam			Keterangan
				I	II	III			Datar	Bukit	Gunung	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
SJJ Primer (Jalan Antarkota)	Jalan Tol	Jalan Arteri Primer	Jalan Nasional (Pemerintah Pusat)	X	-	-	JBH	4/2-T	80 - 120	70 - 110	60 - 100	-IKN=Ibu Kota Negara
	IKP - IKN			X	X	X	JRY	4/2-T	60 - 100	50 - 90	40 - 80	-IKP=Ibu Kota Provinsi
	IKP - IKP			X	X	X	JRY	4/2-T				-IKK=Ibu Kota Kabupaten
	IKP - IKP		(Jalan Perintis dan Ex jalan daerah)	-	-	X	JLR	2/2-TT	15 - 60	15 - 50	15 - 40	-KT=Kota
	IKP - IKP	Jalan Kolektor Primer	Jalan Nasional (Jalan perintis dan Ex jalan daerah)	X	X	X	JRY	4/2-T	40 - 80	30 - 70	20 - 60	-IKC=Ibu Kota Kecamatan
	IKP - IKP			-	-	X	JLR	2/2-TT	15 - 40	15 - 40	15 - 40	-PD=Desa (di pulau Jawa seperti kelurahan)
	IKP - IKK/KT	Jalan Lokal Primer	Jalan Provinsi (Pemerintah Provinsi)	X	X	X	JSD	2/2-TT	40 - 80	30 - 70	20 - 60	-DS=Desa (di pulau Jawa seperti Dukuh)
	IKK - IKK			X	X	X	JSD	2/2-TT				-KP=Kawasan Primer
	KT - KT			X	X	X	JSD	2/2-TT				-KS1=Kawasan Sekunder1
	IKK - IKC			-	X	X	JSD	2/2-TT				-KS2=Kawasan Sekunder2
	IKK - PD			-	X	X	JSD	2/2-TT				-KS3=Kawasan Sekunder3
	IKC - IKC			-	X	X	JSD	2/2-TT				-KS=Kawasan Sekunder ke-n;
	IKC - PD		Jalan Kabupaten (Pemerintah Kabupaten)	-	-	X	JKC	2/2-TT	20 - 60	20 - 50	20 - 40	-Prm=Perumahan/Persil
	PD - PD			-	-	X	JLR	2/2-TT				-Semua jalan Antarkota yang masuk ke dalam kota, pengelompokannya dari SJJ primer berubah menjadi SJJ sekunder, adapun jalan-jalan lainnya yang sudah ada di dalam
	PD - DS	Jalan Ling- kungan Primer		-	-	X	JLR	1/2	15 - 30	15 - 30	15 - 30	
	DS - DS			-	-	X	JLR	1/2				

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021)

Tabel 2. 5 Korelasi padanan antarpengelompokan jalan SJJ Sekunder, Fungsi, Status, Kelas, dan SPPJ serta tipe jalan dan rentang VD

SJJ	Peran meng- hubungkan	Pengelompokan fungsi Jalan	Status dan Penyelenggara jalan	Kelas jalan			SPPJ	Tipe jalan <i>(paling kecil)</i>	Rentang V_0 , Km/Jam			Keterangan
				I	II	III			Datar	Bukit	Gunung	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
SJJ Sekunder (Jalan Perkotaan)	Jalan Tol	Jalan Arteri Sekunder	Jalan Nasional (Pemerintah Pusat)	X	-	-	JBH	4/2-T	60 - 100			kota masuk ke dalam SJJ sekunder dan klasifikasi fungsinya ditetap- kan sesuai perannya. -Khusus untuk keluarga Jalan Nasional, Jalan Provinsi, dan Jalan Kabupaten yang dipersiapkan sebagai calon Jalan Nasional, calon Jalan Provinsi, dan calon Jalan Kabupaten dikategorikan masing-masing dengan sebutan Jalan Strategis Nasional, Jalan Strategis Provinsi, dan Jalan Strategis Kabupaten.
	KP – KS1	Jalan Arteri Sekunder	Jalan Kota (Pemerintah Kota)	X	X	X	JSD	2/2-TT	30 - 60			
	KS1 – KS1			X	X	X	JSD	2/2-TT				
	KS1 – KS2			-	X	X	JSD	2/2-TT				
	KS2 – KS2	Jalan Kolektor Sekunder		-	X	X	JSD	2/2-TT	20 - 40			
	KS2 – KS3			-	X	X	JSD	2/2-TT				
	KS1 – Prm	Jalan Lokal Sekunder		-	-	X	JKC	2/2-TT	10 - 30			
	KS2 – Prm			-	-	X	JKC	2/2-TT				
	KS3 – Prm			-	-	X	JKC	2/2-TT				
	KS _n – Prm			-	-	X	JLR	2/2-TT				
Prm – Prm	Jalan Lingkungan Sekunder	-		-	X	JLR	2/2-TT	10 - 20				

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021)

2.4.3 Kriteria Desain Utama

VD dapat ditetapkan langsung dari rentangnya sesuai dengan Tabel 2.4 s.d. 2.5 . Jika tidak ada pertimbangan lain diawal desain, maka pilih VD tertinggi, tetapi ini belum menjadi VD

yang final karena kemudian di akhir desain berdasarkan VD ini, dievaluasi biaya konstruksinya (atau hal lainnya) setelah seluruh desain geometriknya selesai. Jika hasil evaluasi dapat diterima, maka desain geometrik dengan VD yang dipilih dapat ditetapkan. Tetapi jika tidak, maka perlu dipilih nilai VD lain yang lebih rendah dan berdasarkan VD yang lebih rendah ini, proses desain diulang dan diakhiri dengan evaluasi. Jika hasil evaluasi dapat diterima, maka desain geometrik dengan VD yang lebih rendah tersebut dapat ditetapkan sebagai desain yang final. Demikian proses seterusnya sampai ditemui desain yang dapat diterima.

Penetapan VD seperti dijelaskan tersebut, memiliki risiko melakukan desain yang berulang-ulang. Oleh sebab itu, pemilihan VD pada tahap awal sudah mempelajari medan jalan, kemungkinan pelaksanaan konstruksi, dan kemungkinan ketersediaan anggaran

sehingga pemilihan yang tepat diawal akan meminimumkan pekerjaan desain.

2.4.4 Kriteria Desain Teknis

Elemen kriteria desain teknis geometri merupakan turunan selanjutnya dari kriteria desain utama yang tujuannya adalah menetapkan dimensi penampang melintang jalan yang meliputi jalur lalu lintas, bahu, median (jika ada), pilihan perkerasan jalan, dan ruang jalan. Masukan utama dalam menetapkan dimensi penampang melintang jalan adalah volume lalu lintas desain yang ditetapkan melalui suatu kajian transportasi atau dari analisis terhadap data lalulintas yang tersedia.

2.4.5 Ruang Bebas Jalan

Rubeja adalah area di sisi jalan yang lebarnya diukur dari batas lajur lalu lintas terluar ke arah luar sampai dengan lebar tertentu sesuai ketentuan (lihat Tabel 2.6) tetapi tidak melampaui batas Rumija (Gambar 2.5), pada sebagian atau sepanjang ruas jalan, bersih dari segala objek berbahaya yang berisiko tertabrak oleh kendaraan yang mengalami hilang kendali keluar dari jalur lalu lintas, sehingga area tersebut dapat dilalui kendaraan serta kembali ke lajur lalu lintasnya dengan selamat atau kendaraan tersebut dapat berhenti dengan selamat.

2.4.5.1 Penyediaan Ruang Bebas Jalan

Penyediaan Rubeja pada suatu ruas jalan merupakan salah satu pilihan untuk meningkatkan keselamatan pengguna jalan dan meningkatkan estetika ruang jalan. Penyediaan tersebut tergantung dari ketersediaan lahan di sisi jalan, kondisi kelandaian sisi jalan, dan perubahan bentang alam, karena permukaan tanah Rubeja harus kuat, stabil, dan rata, serta menerus dari permukaan bahu jalan



Gambar 2. 5 Rubeja pada tipe jalan 2/2-TT (atas) dan pada tipe jalan 4/2-T (bawah)

Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/20

Rubeja diterapkan pada ruas-ruas jalan baru yang didesain berkecepatan tinggi, seperti JBH dan JRY, atau pada desain rekonstruksi jalan eksisting yang diketahui memiliki riwayat kecelakaan tipe lepas kontrol keluar lajur lalu lintas yang signifikan.

Pada ruas JBH (termasuk jalan tol) baru, Rubeja idealnya diterapkan secara penuh (di sisi kanan dan sisi kiri), dengan mempersiapkan tipe JBH yang dilengkapi median direndahkan (lebar median direndahkan paling kecil 9,0m). Median yang lebar ini, pada awalnya dapat diperankan sebagai Rubeja dan dapat menjadi persiapan lahan untuk penambahan lajur dimasa yang akan datang. Penerapan Rubeja pada JBH yang telah beroperasi, dilakukan apabila tersedia lahan yang memadai dalam Rumija.

Apabila dalam penyediaan Rubeja ditemukan kendala karena objek berbahaya masih tetap ada di area sisi jalan, dan atau kebutuhan ruang tidak dapat terpenuhi, maka dapat dilakukan langkah peningkatan keselamatan dengan pilihan cara yang lain sebagai berikut:

- a. Memodifikasi objek bahaya menjadi lebih ramah, misalkan seperti mengubah desain tiang pinggir jalan yang kuat menjadi yang mudah runtuh apabila tertabrak (collapsible) dan mudah dilintasi kendaraan. Contoh lain misalnya mengubah desain saluran samping menjadi lebih datar atau diberi tutup beton pada saluran tersebut,
- b. Melindungi objek bahaya dengan pagar pengaman (misal *guardrail*).

2.4.5.2 Dimensi Rubeja Pada Bagian Yang Lurus

Dimensi Rubeja dipengaruhi oleh kecepatan kendaraan, jenis kendaraan yang mengalami kecelakaan (dalam hal desain dianggap kendaraan desain), keberadaan timbunan atau galian, dan volume lalu lintas (dalam desain digunakan LHRT). Ketentuan lebar Rubeja pada bagian jalan yang lurus ditunjukkan pada Tabel 2.6. Untuk desain jalan baru, kecepatan kendaraan yang digunakan adalah VD. Untuk desain rekonstruksi jalan lama, kecepatan kendaraan yang digunakan adalah kecepatan operasional 85th persentil distribusi kecepatan pada kondisi lengang.

LHRTD yang digunakan untuk desain Rubeja pada ruas JSD adalah total LHRTD untuk kedua arah, sedangkan untuk ruas JRY, digunakan LHRTD masing-masing arah. Untuk jalan yang memiliki LHRT yang masih rendah, tidak perlu menerapkan Rubeja.

Tabel 2. 6 Lebar Rubeja (m) diukur dari tepi lajur lalu lintas pada bagian yang lurus

V_D (km/jam)	$LHRT_D$ (kend./hari)	<i>Foreslope</i>			<i>Backslope</i>		
		1V: ($\geq 6H$)	1V: (5H-4H)	1V: 3H	1V: 3H	1V: (5H-4H)	1V: ($\geq 6H$)
< 60	<750	2,0-3,0	2,0-3,0	b)	2,0-3,0	2,0-3,0	2,0-3,0
	750-1500	3,0-3,5	3,5-5,5	b)	3,0-3,5	3,0-3,5	3,0-3,5
	1500-6000	3,5-4,5	5,5-5,0	b)	3,5-4,5	3,5-4,5	3,5-4,5
	>6000	4,5-5,0	5,0-5,5	b)	4,5-5,0	4,5-5,0	4,5-5,0
70-80	<750	3,0-3,5	3,5-4,5	b)	2,5-3,0	2,5-3,0	3,0-3,5
	750-1500	4,5-5,0	5,0-6,0	b)	3,0-3,5	3,5-4,5	4,5-5,0
	1500-6000	5,0-5,5	6,0-8,0	b)	3,5-4,5	4,5-5,0	5,0-5,5
	>6000	6,0-6,5	7,5-8,5	b)	4,5-5,0	5,5-6,0	6,0-6,5
90	<750	3,5-4,5	4,5-5,5	b)	2,5-3,0	3,0-3,5	3,0-3,5
	750-1500	5,0-5,5	6,0-7,5	b)	3,0-3,5	5,0-5,5	4,5-5,5
	1500-6000	6,0-6,5	7,5-9,0	b)	3,5-4,5	6,0-6,5	6,0-6,5
	>6000	6,5-7,5	8,0-10,0 ^{a)}	b)	4,5-5,5	6,5-7,5	6,5-7,5
100	<750	5,0-5,5	6,0-7,5	b)	3,0-3,5	4,5-4,5	4,5-5,0
	750-1500	6,0-7,5	8,0-10,0 ^{a)}	b)	3,5-4,5	5,0-5,5	6,0-6,5
	1500-6000	8,0-9,0	10,0-12,0 ^{a)}	b)	4,5-5,5	5,5-6,5	7,5-8,0
	>6000	9,0-10,0 ^{a)}	11,0-13,5 ^{a)}	b)	6,0-6,5	7,5-8,0	8,0-8,5
110 ^{c)}	<750	5,5-6,0	6,0-8,0	b)	3,0-3,5	4,5-5,0	4,5-5,0
	750-1500	7,5-8,0	8,5-11,0 ^{a)}	b)	3,5-5,0	5,5-6,0	6,0-6,5
	1500-6000	8,5-10,0 ^{a)}		b)	5,0-6,0	6,5-7,5	8,0-8,5

Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021

Keterangan:

1. Secara umum, Rubeja dibatasi sampai 9,0m, tetapi pada lokasi yang dilaporkan sering terjadi kecelakaan tipe keluar lajur lalu lintas atau bahkan kejadiannya terus berlanjut, desainer dapat menerapkan Rubeja dengan lebar yang lebih besar seperti ditunjukkan dalam Tabel.
2. Kendaraan berkecepatan tinggi yang mengalami kecelakaan hilang kendali keluar lajur dan melampaui bahu, pada bagian timbunan yang dapat dilintasi dengan foreslope 1V:3H, kecil kemungkinan dapat kembali ke lajur lalu lintasnya dengan aman, sehingga di sekitar dasar kaki foresloponya tidak boleh ada obyek tetap, karena pemulihannya diperkirakan akan terjadi di dasar kaki lereng. Lebar area pemulihan di dasar kaki lereng harus cukup memadai. Selain itu, jarak antara tepi jalur

lalu lintas dan awal kemiringan 1V:3H, akan mempengaruhi area pemulihan yang disediakan di dasar kaki lereng. Lebar area pemulihan di dasar lereng paling sedikit 3,0m.

3. Jika V_D lebih besar dari 110Km/J, desainer dapat memberikan lebar Rubeja yang lebih besar dari 9,0m seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.6

2.4.5.3 Dimensi Ruang Bebas Jalan di Tikungan

Penyesuaian Rubeja pada daerah tikungan perlu dipertimbangkan berdasarkan riwayat kecelakaan dan penyelidikan yang dapat menunjukkan kebutuhan akan penambahan lebar Rubeja untuk mengurangi potensi keparahan akibat kecelakaan kendaraan yang keluar lajur lalu lintas secara signifikan, dan jika peningkatan tersebut hemat biaya. Ketentuan lebar Rubeja di tikungan adalah ketentuan lebar Rubeja pada bagian jalan yang lurus dikalikan faktor penyesuaian (KRT). Faktor tersebut ditunjukkan pada Tabel 2.7.

Tabel 2. 7 Faktor penyesuaian lebar Rubeja di tikungan (KRT)

$R_{TIKUNGAN}$ (m)	K_{RT}					
	V_D (km/jam)					
	60	70	80	90	100	110
900	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2
700	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3
600	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3	1,4
500	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4
450	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5
400	1,2	1,2	1,3	1,3	1,5	-
350	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	-

R _{TIKUNGAN} (m)	K _{RT}					
	V _D (km/jam)					
	60	70	80	90	100	110
300	1,2	1,3	1,4	1,5	-	-
250	1,3	1,3	1,4	1,5	-	-
200	1,3	1,4	1,5	-	-	-
150	1,4	1,5	-	-	-	-
100	1,5	-	-	-	-	-

Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021

Lebar Rubeja di tikungan ditentukan menggunakan persamaan

$$LRT = LC \times KRT \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

LRT adalah lebar Rubeja di Tikungan, m

LC adalah lebar Rubeja di bagian jalan yang lurus, m (lihat Tabel 2.6)

KRT adalah faktor koreksi lebar Rubeja di Tikungan, m (lihat Tabel 2.7)

Catatan: KRT hanya digunakan untuk lengkung dengan radius kurang dari 900

2.4.6 Arus Lalulintas Jam Desain

Jalur lalu lintas harus didesain agar mampu melayani arus lalu lintas yang direpresentasikan oleh qJD, sesuai dengan kualitas pelayanan yang diharapkan selama umur desainnya. qJD ditetapkan dari LHRT tahun berjalan yang diproyeksikan sesuai dengan umur desain/pelayanan geometrik (umumnya 20 tahun) ke akhir tahun desain. Kecuali pada konstruksi yang didesain bertahap, akhir tahun konstruksi bertahap adalah akhir tahun tahap yang sedang dianalisis.

LHRT pada tahun awal dapat diperoleh dari survei langsung pada jalan yang akan ditingkatkan atau dari suatu kajian transportasi untuk jalan baru yang sebelumnya tidak ada. Cara melakukan

perhitungannya untuk mendapatkan LHRT per komposisi kendaraan termasuk prosentase truk dan bus besar, agar mengacu kepada pedoman perhitungan lalu lintas yang berlaku.

Manfaat lain dari hasil survei lalu lintas ini, dapat digunakan untuk menghitung beban lalu lintas kendaraan berupa jumlah kumulatif ekivalen beban standar (CESA) sebagai dasar mendesain perkerasan jalan (MDP, 2017) yang akan diaplikasikan pada jalan yang geometriknya sedang didesain sehingga kemampuan menampung dan kemampuan kekuatan jalan konsisten.

Untuk memproyeksikan LHRT tahun berjalan ke akhir tahun pelayanan, umumnya dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.3) sebagai berikut.

$$LHRT_D = LHRT_{TB} X (1 + i)^n \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

$LHRT_D$ adalah volume lalu lintas harian rata rata tahunan desain

$LHRT_{TB}$ adalah volume lalu lintas harian rata-rata pada tahun berjalan

i adalah faktor pertumbuhan lalu lintas

n adalah umur desain, tahun

q_{JD} ditetapkan dari persamaan (2.4) sebagai berikut.

$$q_{JD} = LHRT_{TB} X K \dots\dots\dots (2.4)$$

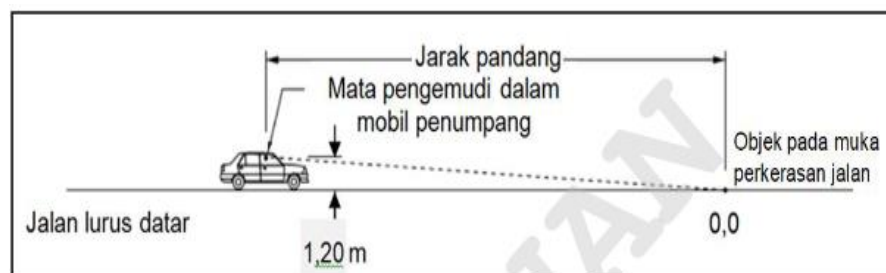
Keterangan:

K adalah faktor jam desain, nilai tipikalnya adalah 8% - 11% untuk jalan yang padat dan 7% s.d. 15% untuk jalan yang kurang padat seperti jalur pariwisata, jalur luar kota.

2.5 Jarak Pandang dan Jarak Ruang Bebas Samping Di Tikungan

2.5.1 Jenis Jenis Jarak Pandang

Untuk mengoperasikan kendaraan dalam arus lalu lintas di jalan umum dengan aman, pengemudi membutuhkan jarak pandang yang cukup agar pengemudi dapat memahami dan bereaksi terhadap situasi yang berbahaya di depannya. Jarak pandang adalah panjang jalan di depan pengemudi yang terlihat. Jarak pandang yang harus ada di jalan adalah yang mencukupi untuk kendaraan berjalan pada kecepatan desainnya dan berhenti sesaat sebelum mencapai objek atau halangan yang ada pada lajur jalannya. Gambar 2.6 mengilustrasikan konsep jarak pandang. Dalam desain geometrik, jarak pandang didasarkan pada VD.



Gambar 2. 6 Jarak Pandang

Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021

Dalam pedoman ini dibedakan empat jarak pandang dan masing-masing diaplikasikan sesuai uraian dan ketentuan Sebagai berikut:

1. Jarak Pandang Henti (J_{Ph})

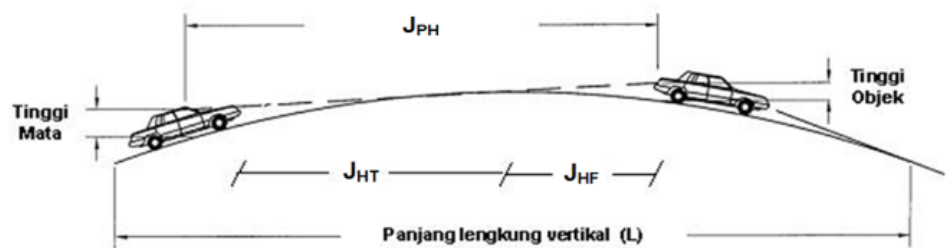
Jarak pandang henti adalah panjang jalan didepan pengemudi yang terlihat dan cukup panjang untuk menghentikan kendaraannya sesaat sebelum sebelum kendaraan tersebut mencapai objek halangan. Ketentuan teknis untuk J_{Ph} adalah bahwa pada jalan Antarkota, jalan perkotaan, dan J_{Ph} , pada seluruh panjang alinemen jalannya baik pada bagian lurus maupun tikungan harus memenuhi J_{Ph} .

- a. Jarak pandang henti mobil penumpang, gambar 2.7 mengilustrasikan bagian-bagian J_{ph} yang terdiri dari jarak waktu reaksi pengemudi (J_{ht}) dan jarak pengereman (J_{hf}). Tabel 5-11 dan Tabel 5-12 menunjukkan nilai J_{ph} untuk desain yang berdasarkan pada waktu reaksi 2,5 detik, perlambatan longitudinal 3,4 m/detik², dan koreksi tambahan jarak pandang pada kelandaian menurun atau pengurangan jarak pandang pada kelandaian menaik. Nilai-nilai dalam tabel tersebut dihitung berdasarkan persamaan (2.5).

$$J_{PH} = \frac{V_D t}{3,6} + \frac{V_D^2}{2 \times 3,6^2 \times 9,81 \left(\frac{a}{9,81 \pm G} \right)} = 0,278 V_D t + 0,039 \frac{V_D^2}{254 \left(\frac{a}{9,81 \pm G} \right)} \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan:

- JPH adalah jarak pandangan henti, m.
 t adalah waktu reaksi, 2,5 detik;
 VD adalah kecepatan desain, Km/Jam;
 a adalah perlambatan longitudinal, m/det²;
 G adalah kelandaian memanjang jalan, e.g. 0,05 (= 5%), tanda positif untuk nanjak.



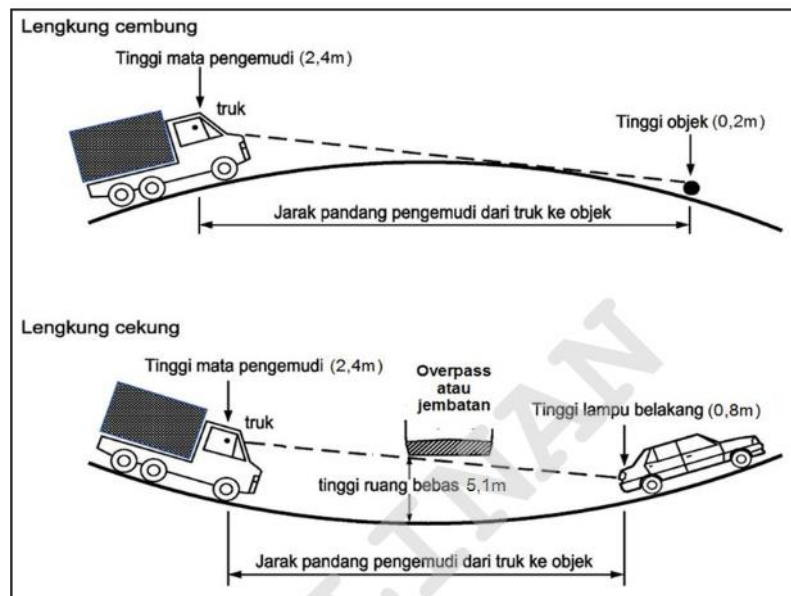
Gambar 2. 7 konsep Jph

Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021

- b. Jarak pandang henti truk, Lokasi-lokasi berikut pada jalan baru harus dipertimbangkan untuk memenuhi JPH truk karena berbahaya:
1. Menjelang daerah yang memerlukan perubahan kecepatan seperti pada titik-titik lengkung-lurus-lengkung pada tikungan gabungan dan lajur perlambatan.

2. Menjelang daerah perlunya penyatuan (*merging*), seperti lajur yang terputus (*drop-off*).
3. Menjelang zona konstruksi, khususnya dimana permukaan berubah dari yang terdapat lapis penutup (*sealed*) ke permukaan tanpa lapis penutup (*unsealed*).
4. Jarak pandang melalui *underpass*.
5. Menjelang perlintasan Kereta Api.
6. Persimpangan dengan jarak pandang samping terbatas, seperti pada persimpangan di wilayah perkotaan, sekitar pertokoan atau yang banyak bangunan-bangunan, pada medan berbukit, di dekat tiang jembatan, dan lain-lain.
7. Persimpangan pada atau dekat lengkung vertikal cembung.
8. Menjelang persimpangan dimana kecepatan truk mendekati atau hampir sama dengan kecepatan mobil.
9. Pada lokasi-lokasi lengkung vertikal cembung dan cekung.

Jika JPH tidak mencukupi untuk truk dan tidak mungkin untuk memperbaiki desain geometrik atau keadaan eksisting, maka perlu dipertimbangkan untuk memasang rambu-rambu lalu lintas dan garis marka jalan tambahan untuk meningkatkan keselamatan. Gambar 5-10 mengilustrasikan lokasi-lokasi yang harus memenuhi JPH Truk. Tabel 5-11 menunjukkan nilai JPH untuk mobil penumpang dan Tabel 5-12 nilai JPH untuk truk.



Gambar 2. 8 JPH untuk Truk

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021)

Tabel 2. 8 JPH Mobil penumpang pada kelandaian Datar, Menurun dan Menanjak

V_o (Km/Jam)	J_{ht} (m)	J_{hr} (m)	J_{PH} (dibulatkan), m						
			Datar	Menurun			Menanjak		
			Grade: 0%	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	13,9	4,6	20	20	20	21	19	18	18
30	20,9	10,3	35	33	34	36	31	30	30
40	27,8	18,4	50	49	52	54	46	44	43
50	34,8	28,7	65	68	72	76	63	60	59
60	41,7	41,3	85	89	95	101	81	78	76
70	48,7	56,2	105	113	120	129	103	99	95
80	55,6	73,4	130	140	149	161	126	121	116
90	62,6	92,9	160	169	181	196	151	145	139
100	69,5	114,7	185	201	216	234	179	171	164
110	76,5	138,8	220	236	253	275	209	199	190
120	83,4	165,2	250	273	294	320	241	229	219

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021)

Tabel 2. 9 JPH Truk pada kelandaian normal dan koreksi kelandaian

V _D (Km/h)	Jarak reaksi ^{a)} (m)	Jarak rem ^{a)} (m)	J _{PH} (normal) (m)	J _{PH} , (dibulatkan), m					
				Pada Turunan			Pada Tanjakan		
				3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	13,9	5,4	19	20	21	22	19	19	19
30	20,8	12,2	33	35	37	39	32	31	31
40	27,8	21,7	49	53	56	60	48	46	45
50	34,7	33,9	69	73	78	84	66	63	61
60	41,7	48,9	91	97	104	113	86	83	79
70	48,6	66,5	115	123	133	145	109	104	100
80	55,6	86,9	142	153	166	182	135	128	122
90	62,5	110,0	172	186	202	222	163	154	147
100	69,4	135,8	205	221	241	267	193	182	173
110	76,4	164,3	241	260	284	315	226	213	202
120	83,3	195,5	279	302	330	367	261	246	233

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021)

2. Jarak Pandang Mendahului (J_{pm})

J_{pm} yaitu panjang jalan didepan pengemudi yang terlihat dan cukup panjang untuk melakukan mendahului kendaraan yang ada didepannya dengan aman. Ketentuan teknis untuk J_{PM} adalah bahwa J_{PM} harus dipenuhi hanya pada jalan dua lajur dua arah tanpa median (2/2-TT) di jalan Antarkota dan porsi pemenuhannya paling sedikit 20% dari seluruh panjang ruas yang didesain. Pemenuhan J_{PM} tidak diterapkan baik di Jalan perkotaan maupun di J_{BH} .

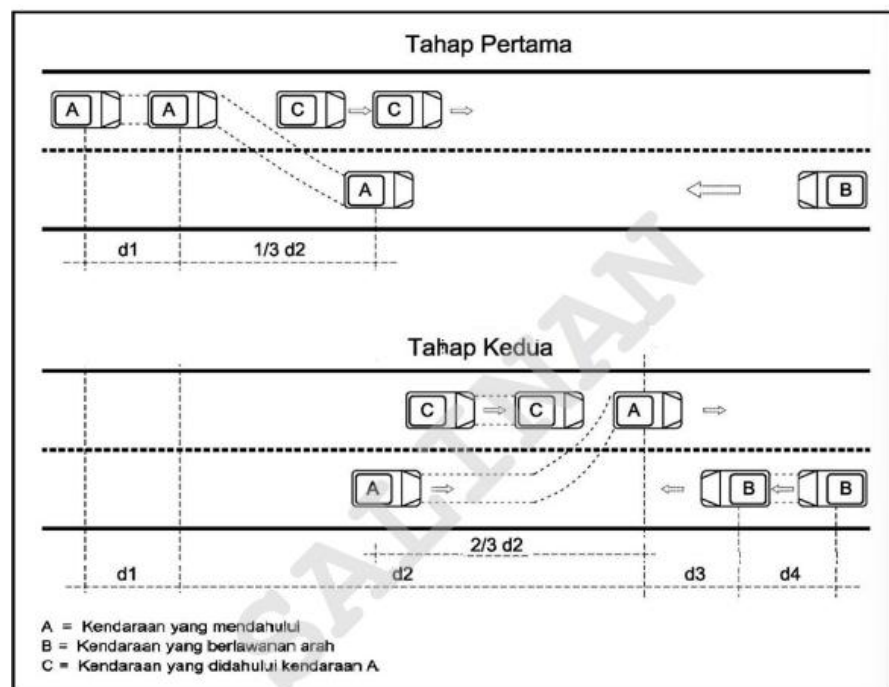
- a. Model Jarak Pandang Mendahului, diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi 120cm dan tinggi halangan (objek) di muka jalan 120cm. JPM ditentukan menggunakan persamaan (2.6) sebagai berikut:

$$J_{PM} = d1 + d2 + d3 + d4 \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan:

J_{PM} adalah jarak pandang mendahului, m.

- d_1 adalah jarak yang ditempuh selama waktu tanggap, m
- d_2 adalah jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula (m)
- d_3 adalah jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m),
- d_4 adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan, yang besarnya ditetapkan sama dengan $\frac{2}{3} d_2$ (m).



Gambar 2. 9 Manuver Mendahului

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021)

Tabel 2. 10 Jarak Pandang Henti (JPM)

V_D (Km/h)	Asumsi kecepatan kendaraan dalam arus (Km/Jam)		JPM (pembulatan) (m)
	Kendaraan didahului	Kendaraan mendahului	
30	29	44	200
40	36	51	270
50	44	59	345
60	51	66	410
70	59	74	485
80	65	80	540
90	73	88	615
100	79	94	670
110	85	100	730
120	90	105	775

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021)

Tabel 2. 11 Elemen JPM untuk jalan 2/2-TT

Komponen dari manuver mendahului	Rentang kecepatan arus (Km/Jam)			
	50-65	66-80	81-95	96-110
	Kecepatan rata-rata mendahului (Km/Jam)			
	56,2	70,0	84,5	99,8
d_1 =jarak yang ditempuh	45	66	89	113
Keberadaan pada lajur kanan: t_2 =waktu (detik) d_2 =jarak yang ditempuh	9,3 145	10,0 195	10,7 251	11,3 314
Panjang yang diizinkan: d_3 =jarak yang ditempuh	30	55	75	90
Kendaraan arah berlawanan: d_4 =jarak yang ditempuh	97	130	168	209
$J_{PM} = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$	317	446	583	726

Komponen dari manuver mendahului	Rentang kecepatan arus (Km/Jam)			
	50-65	66-80	81-95	96-110
	Kecepatan rata-rata mendahului (Km/Jam)			
	56,2	70,0	84,5	99,8
Awal manuver:				
a = percepatan rata-rata	2,25	2,30	2,37	2,41
t ₁ = waktu (detik)	3,6	4,0	4,3	4,5

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021)

b. Frekuensi Lajur-lajur Mendahului, Sebagai pertimbangan umum, frekuensi adanya lajur mendahului ditentukan jika jarak pandang mendahului tidak bisa disediakan setidaknya setiap 5Km atau kecepatan operasional dibagi 20 (Km) adalah sebesar 3 sampai 5 menit waktu tempuh (Troutbeck, 1981), maka perlu dipertimbangkan adanya lajur mendahului. Pada lokasi-lokasi dimana mendahului tidak diizinkan, marka garis marka jalan menerus harus dipasang sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan No.34 Tahun 2014 tentang Marka Jalan.

3. Jarak Pandang Aman (J_{Pa})

JPA adalah jarak pandang yang diperlukan pengemudi untuk mengenali objek yang komplek (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 JPA ini membutuhkan perhatian pengemudi yang lebih dari yang umum, maka JPA membutuhkan panjang yang lebih dari JPH. Ketentuan teknik untuk diterapkannya JPA adalah bahwa JPA 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 pengatur lalu lintas, banyak gambar iklan.

JPA dalam Tabel 2.12 memberikan nilai JPA yang sesuai di lokasi kritis dan dapat digunakan sebagai kriteria dalam mengevaluasi kesesuaian jarak pandang yang tersedia di lokasi-lokasi ini.

Tabel 2. 12 Jarak Pandang Aman

V _D (Km/Jam)	Jarak pandang aman, J _{PA} (m)				
	A	B	C	D	E
50	70	155	145	170	195
60	95	195	170	205	235
70	115	235	200	235	275
80	140	280	230	270	315
90	170	325	270	315	360
100	200	370	315	355	400
110	235	420	330	380	430
120	265	470	360	415	470
Manuver menghindari tipe A:		Berhenti di jalan Antarkota, dengan t=3,0detik			
Manuver menghindari tipe B:		Berhenti di jalan perkotaan, dengan t=9,1detik			
Manuver menghindari tipe C:		Pada perubahan kecepatan/lajur/arah di jalan Antarkota dengan 10,2 < t < 11,2 detik			
Manuver menghindari tipe D:		Pada perubahan kecepatan/lajur/arah di jalan pinggiran kota (<i>suburban</i>) dengan 12,1 < t < 12,9 detik			
Manuver menghindari tipe E:		Pada perubahan kecepatan/lajur/arah di jalan perkotaan dengan 14,0 < t < 14,5 detik			

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021)

Jarak pengereman dari kecepatan desain ditambahkan ke komponen pra-manuver untuk manuver penghindaran A dan B (Tabel 2.12). Komponen pengereman dalam manuver penghindaran C, D, dan E diganti dengan jarak manuver berdasarkan waktu manuver antara 3,5 dan 4,5 detik, yang menurun dengan meningkatnya kecepatan sesuai dengan Persamaan (2.8).

JPA untuk manuver penghindaran tipe A dan B ditentukan oleh Persamaan :

$$Jh = 0,278 V_{D. t} + 0.039 \frac{V_D^2}{a} \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan:

t adalah waktu pre-manuver, waktu

VD adalah kecepatan desain, Km/Jam

a adalah perlambatan oleh pengemudi, m/detik

JPA untuk manuver penghindaran tipe C, D, dan E ditentukan oleh persamaan (2.8):

$$J_{PA} = 0,278 V_{D. t} \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan:

t adalah total waktu pre-manuver dan waktu manuver, detik

VD adalah kecepatan desain, KM/Jam

4. Jarak Pandang Bebas Samping Tikung (J_{pb})

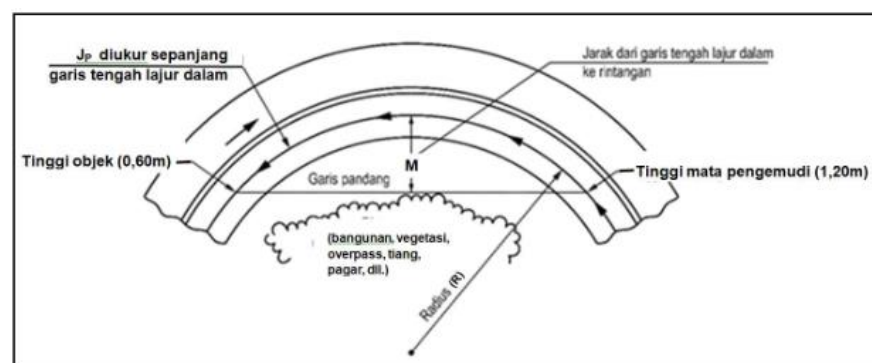
JPB adalah jarak pandang yang diperlukan pengemudi untuk mengenali kendaraan lain yang ada di seberang tikungan. JPB ini paling kecil sama dengan JPH. Ketentuan teknis untuk JPB adalah agar daerah di tikungan dibebaskan dari bangunan atau objek lain yang dapat menghalangi pandangan pengemudi sepanjang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

Tabel 2.13 menunjukkan hubungan antara radius lengkung horizontal, jarak pandang henti (JPH), dan jarak ruang bebas samping di tikungan (M) yang diperlukan bagi pengemudi agar bisa melihat objek pada jarak pandang hentinya dengan aman. Gambar 2.10 merepresentasikan Tabel 2.13 dalam bentuk kurva yang bisa digunakan untuk mengekstrapolasi nilai M yang diperlukan bagi suatu kecepatan desain dan radius tikungan tertentu. Angka M digunakan untuk mengontrol desain lengkungan terhadap pemenuhan JPH.

Tabel 2. 13 Jarak ruang Bebas Samping (M) di tikungan untuk pemenuhan JPH

V_{50} (Km/Jam)		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
J_{PH} (m)		19	32	48	65	86	108	133	161	190	223	257
Radius (m)	5000										1,24	2,75
	3000									1,50	2,07	2,75
	2000								1,62	2,26	3,11	4,13
	1500							1,47	2,16	3,01	4,14	5,50
	1200							1,84	2,70	3,76	5,18	6,87
	1000						1,46	2,21	3,24	4,51	6,21	8,25
	800						1,82	2,76	4,05	5,63	7,76	10,30
	600					1,54	2,43	3,68	5,39	7,51	10,33	13,71
	500					1,85	2,91	4,42	6,47	9,00	12,38	
	400					2,31	3,64	5,52	8,07	11,23		
	300				1,76	3,08	4,85	7,34				
	250				2,11	3,69	5,81	8,79				
	200			1,44	2,64	4,61	7,25					
	175			1,64	3,01	5,26	8,27					
	150			1,92	3,51	6,12						
	140			2,05	3,76	6,55						
	130			2,21	4,04	7,05						
	120			2,39	4,37	7,62						
	110			2,61	4,77	8,30						
	100		1,28	2,87	5,24							
	90		1,42	3,18	5,81							
	80		1,59	3,57	6,51							
	70		1,82	4,07	7,41							
	60		2,12	4,74								
	50		2,54	5,65								
	40	1,12	3,16									
	30	1,49	4,17									
	20	2,21										

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021)



Gambar 2. 10 Ruang bebas samping tikungan

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021)

Catatan: Posisi mata pengemudi:

- 1) mobil penumpang : di tengah lajur
- 2) truk yang membelok ke kiri : 1,15 m dari tepi kanan lajur
- 3) truk yang membelok ke kanan : 2,85 m dari

Untuk menentukan jarak bebas bagi truk (M):

- 1) gunakan JPH truk dan radius garis tengah lajur
- 2) untuk truk membelok ke kiri kurangi, 0,30 m dari perhitungan langkah 1)
- 3) untuk truk membelok ke kanan, tambahkan 0,55 m dari perhitungan langkah 1)

M dan JP dapat dihitung menggunakan persamaan (2.9) dan (2.10) (gunakan formula ini jika $JP \leq$ panjang lengkung).

$$M = R(1 - \cos(\frac{28,65 J_P}{R})) \dots\dots\dots (2.9)$$

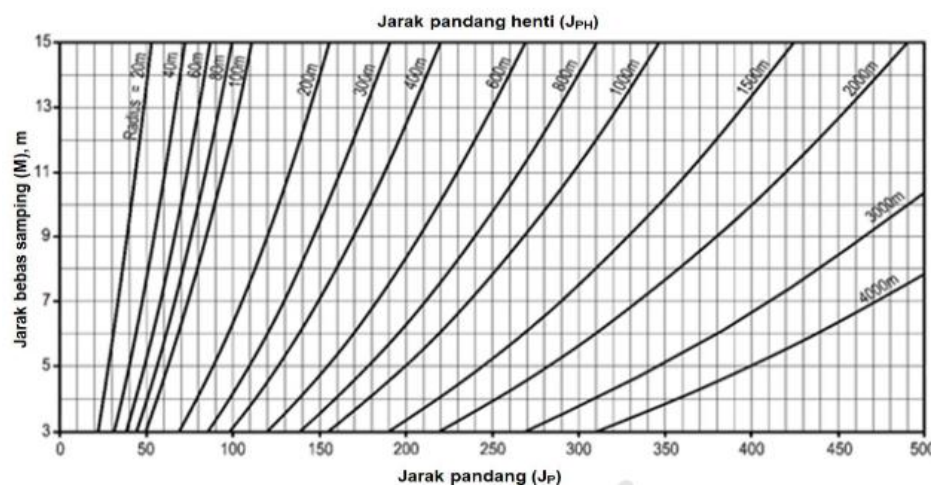
$$J_P = \frac{R}{28,65} (\cos'(\frac{R - J_P}{R})) \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan:

M adalah jarak bebas samping di tikungan, m

R adalah radius di pusat lajur sebelah dalam, m

JP adalah jarak pandang (JPH atau JPM), m



Gambar 2. 11 Jarak ruang bebas samping di tikungan, m
(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021)

2.5.2 Ketentuan Jarak Pandang

Jarak pandang ditentukan oleh tinggi mata pengemudi, tinggi obyek, waktu reaksi pengemudi, dan Perlambatan longitudinal.

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. Penelitian di Puslitbang Jalan dan Jembatan (Lawalata dkk, 2019) menyimpulkan tinggi mata pengemudi masing-masing untuk kendaraan penumpang, bus, dan truk sebesar 1,50m, 1,90m, dan 2,20-2,30m. Angka-angka ini berbeda dengan angka-angka yang diusulkan oleh KIAT (2019), yaitu 1,20m, 1,80m, dan 2,40m. Untuk mobil penumpang, hasil penelitian tersebut 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.

Penelitian tersebut berbeda hasilnya karena yang menjadi kendaraan dominan dalam grup kendaraan penumpang, bukan lagi sedan tetapi minibus yang tinggi mata pengemudinya lebih tinggi. Untuk Bus dan Truk memang berbeda tetapi tidak memberikan perbedaan yang besar. Dengan demikian, tinggi mata pengemudi untuk desain geometrik ditetapkan untuk mobil penumpang 120 cm, untuk bus ditetapkan 1,80 m, dan truk ditetapkan 240 cm. Sekalipun ketinggian bebas Rumaja harus dipenuhi sesuai dengan persyaratan teknis jalan, tetapi khusus pada lengkung vertikal cekung perlu diperiksa ketinggian bebas jalan yang harus dipenuhi untuk memfasilitasi Bus dan Truk.

2. Tinggi obyek

Dalam perhitungan jarak pandang, tinggi objek ditetapkan berdasarkan kompromi antara panjang jarak pandang dan biaya konstruksi jalan. JPH 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, gunakan nilai-nilai tinggi objek dalam Tabel 2.14.

Tabel 2. 14 Tinggi objek

Tinggi objek (m)		Penggunaan
Jenis objek	Tinggi	
1. Permukaan Jalan	0,0	a. Jarak pandang pada pendekat persimpangan b. Jarak pandang pada di akhir jalur tambahan saat mendekati <i>taper</i> . c. Jarak pandang pada lengkung vertikal cekung d. Jarak pandang pada lengkung horizontal e. Jarak pandang pada saat permukaan jalan banjir.
2. Objek diam di jalan	0,1	J _{PH} mobil penumpang dan truk ke objek di atas permukaan jalan pada jalur jalan
3. Lampu belakang mobil/lampu stop/lampu sign	0,8	a. J _{PH} terhadap pagar pengaman pinggir jalan b. J _{PH} truk terhadap pagar pengaman pinggir jalan c. J _{PH} dimana terdapat penghalang di atas (<i>overhead</i>)

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021)

3. Waktu Reaksi Pengemudi

Waktu reaksi pengemudi adalah waktu yang diperlukan oleh pengemudi mulai dari melihat, berfikir, dan bereaksi terhadap objek yang dilihat dimuka jalan, termasuk waktu untuk kemudian memutuskan suatu tindakan yang tepat. Waktu ini tergantung pada

kewaspadaan, kesadaran akan bahaya, dan kompleksitas keputusan yang harus dibuat. Untuk desain geometrik, waktu

reaksi pengemudi ditetapkan 2,5 detik dan digunakan sebagai dasar untuk menghitung JPH. Angka ini hampir mewakili semua populasi pengemudi (90%), termasuk pengemudi lansia.

4. Perlambatan Longitudinal

Nilainya tergantung pada kecepatan kendaraan, kondisi dan tekanan ban, jenis dan kondisi permukaan perkerasan jalan termasuk basah atau kering. Friksi antara ban kendaraan dengan permukaan jalan (koefisien friksi atau kekesatan memanjang) mempengaruhi perlambatan ini. Nilai koefisien friksi desain pada permukaan aspal dan beton ditetapkan sebesar 0,35 untuk mobil penumpang dan 0,29 untuk truk. Nilai tersebut cukup untuk mendukung umumnya nilai perlambatan longitudinal desain sebesar 3,4 m/det².

2.6 Alinyemen Horizontal

Alinemen horizontal jalan umumnya berupa serangkaian bagian-bagian jalan yang lurus dan melengkung berbentuk busur lingkaran, dan yang dihubungkan oleh lengkung peralihan atau tanpa lengkung peralihan. Kecepatan kendaraan yang digunakan pengemudi untuk berjalan di jalan, dipengaruhi terutama oleh persepsi pengemudi terhadap fitur alinemen horizontal jalan selain fitur elemen-elemen jalan yang lainnya seperti rambu batas kecepatan. Berdasarkan kenyataan ini, bilamana arah lintasan desain alinemen harus diubah karena suatu hal atau karena menyesuaikan dengan kondisi topografi, maka digunakan lengkung horizontal. Radius lengkungan harus cukup besar untuk mengizinkan kecepatan tempuh di lengkungan sama dengan pada bagian lurus atau di sepanjang ruas jalan yang sedang didesain.

Desain alinemen horizontal hendaknya dipilih sebisa mungkin lurus dengan radius tikungan sebesar mungkin, kecuali panjangnya yang perlu dibatasi untuk menetralkan monotonitas bentuk jalan yang membosankan pengemudi sehingga melalaikan kewaspadaan mengemudi

2.6.1 Tahapan Perencanaan

Langkah-langkah berikut ini hendaknya diikuti dalam melakukan desain alinemen horizontal:

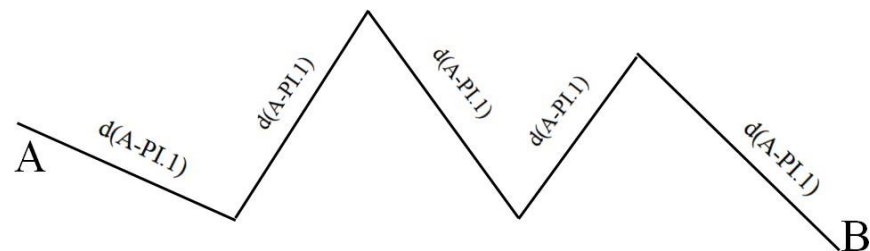
1. Dengan mengacu kepada kriteria perencanaan, identifikasi semua PTJ yang akan diterapkan di sepanjang alinemen
2. Tentukan kecepatan desain yang sesuai dengan klasifikasi medan jalan, kelas jalan dan pilih radius minimum yang akan digunakan
3. Siapkan alinemen-alinemen percobaan menggunakan serangkaian garis lurus dan lengkung, pemilihan lengkungan harus konsisten sepanjang alinemen. Perhatikan keberadaan lengkung di akhir segmen garis lurus yang panjang terutama jika radiusnya minimum, karena cenderung menjadi penyebab kecelakaan;
4. Siapkan draft alinemen vertikal dengan memperhatikan PTJ untuk desain alinemen vertikal, koordinasi antara alinemen horizontal dan vertikal dan drainase;
5. Pertimbangkan untuk lengkung horizontal pada turunan, terutama turunan tajam, mungkin radiusnya perlu diperbesar;
6. Atur alinemen horizontal sedemikian sehingga semua PTJ terpenuhi, terutama semua radius lengkung yang harus sesuai dengan kecepatan desain, jarak antarpersimpangan dan antarakses yang harus memenuhi PTJ, jarak pandang minimum yang harus terpenuhi pada semua bagian alinemen jalan, jarak pandang mendahului yang harus diadakan pada seluruh ruas jalan, kemiringan memanjang dan melintang jalan yang semuanya harus memenuhi PTJ, dan pekerjaan tanah yang harus diminimalkan;
7. Alinemen-alinemen hasil percobaan ini (butir 3 s.d. 6) kemudian masing-masing perlu dikaji untuk menilai kelayakannya dari segi teknis, ekonomi, dan lingkungan, serta jika diperlukan agar juga dikaji sosial, politik, budaya, pertahanan, dan keamanan.

Alinemen yang paling layak atau memenuhi kriteria pemilihan yang ditentukan, maka akan menjadi alinemen desain.

2.6.2 Menentukan Koordinat dan Jarak

Perencanaan geometrik jalan raya merupakan perencanaan 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 (Saodang, 2004).

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



Gambar 2. 12 Koordinat Jarak
(Saodang, 2004).

Titik penting yang perlu ditentukan koordinatnya adalah:

- Titik awal proyek dengan simbol A
- Titik P1, 1, P2, 2, P1.n sebagai titik potong dari kedua bagian lurus rencana alinyemen horizontal.
- Rumus yang digunakan untuk menghitung jarak adalah:

$$d = \sqrt{(X_2^2 - X_1) + (Y_2^2 - Y_1)} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana : d = Jarak tiitik Ake titik P1.1
 X2 = Koordinat titik P1.1 pada sumbu X
 X1 = Koordinat titik A pada sumbu X
 Y2 = Koordinat titik P1.1 pada sumbu Y

Y_1 = Koordinat titik A pada sumbu Y

2.6.3 Menentukan Sudut Azimuth (α) dan Sudut Bearing (Δ)

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

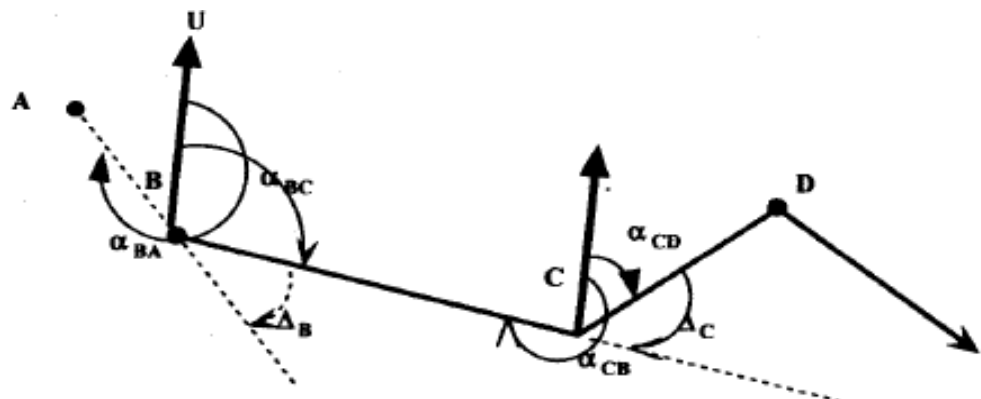
$$\alpha_A = \arctan \frac{Y_{p1} - X_A}{Y_{p1} - Y_A} \dots \dots \dots (2.12)$$

$$\text{Azimuth } A = 180 - \alpha_A \dots \dots \dots (2.13)$$

$$\alpha_{P1} = \arctan \frac{X_{p1} - X_A}{Y_{p2} - Y_{p1}} \dots \dots \dots (2.14)$$

$$\text{Azimuth } P1 = 180 - \alpha_{P1} \dots \dots \dots (2.15)$$

$$\Delta_1 = \text{Azimuth } \alpha_A (\text{Terbesar}) - \text{Azimuth } \alpha_{P1} (\text{Terkecil})$$



Gambar 2. 13 Sudut Azimuth dan Sudut Tangen
(Saodang, 2004)

2.6.4 Menghitung Medan Jalan

Berdasarkan perhitungan rata-rata ketinggian muka tanah lokasi rencana, maka dapat diketahui lereng melintang yang digunakan untuk menentukan golongan medan, dapat dilihat pada Tabel 2.2 apakah medan jalan tersebut datar, perbukitan atau pegunungan.

2.6.5 Superelevasi

Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai ke kemiringan maksimum (superelevasi) pada bagian lengkung jalan. Dengan mempergunakan diagram superelvasi dapat ditentukan bentuk penampang melintang pada setiap titik di suatu lengkung horizontal yang direncanakan (Saodang, 2004).

a. Metode Pencapaian Superelevasi

Metode pencapaian superlevasi didasarkan kepada hubungan curvilinear antara superelevasi dan kekesatan samping jalan dengan kebalikan radius lengkung. Metode ini mempunyai bentuk parabola asimetris dan mewakili sebaran praktis superelevasi terhadap suatu rentang kelengkungan. Metode ini menerapkan “kecepatan tempuh rata- rata” yang lebih rendah dari kecepatan desain untuk mencapai superelevasi melebihi nilai untuk lengkung pertengahan pada metode hubungan garis lurus. Metode ini berasumsi bahwa tidak semua pengendara berkendara berjalan dengan kecepatan yang sama dengan kecepatan desain. Tabel 2.15 menunjukkan hubungan antara VD dengan kecepatan tempuh rata-rata kendaraan (V Tempuh Rata-rata).

Tabel 2. 15 Hubungan V_D dengan $V_{Kecepatan}$ tempuh Rata-rata

V_D (Km/Jam)	V_{Tempuh} Rata-rata ¹⁾ (Km/Jam)
20	20
30	30
40	40
50	47
60	55
70	63
80	70
90	77
100	85
110	91
120	98

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021)

b. Nilai Superelevasi Maksimum

Superelevasi maksimum yang diterapkan adalah 8% untuk jalan Antarkota, Jalan Perkotaan, dan JBH (Permen PU No.19/PRT/M/2011).

c. Nilai Superelevasi Minimum

Pada kecepatan menengah dan rendah, lebih dikehendaki agar semua tikungan memiliki nilai superelevasi setidaknya sama dengan kemiringan melintang normal jalan pada bagian lurus (3% pada daerah dengan curah hujan yang tinggi). Pada tikungan besar, kemiringan melintang jalan yang normal (adverse) hendaknya dipertimbangkan. arah dari sumbu tengah jalan Antarkota yang tanpa median. Pada jalan dengan median, setiap jalur lalu lintas biasanya mempunyai profil kemiringan searah menjauhi median. Perubahan dari kemiringan melintang normal ke superelevasi penuh terjadi ketika jalan berubah dari lurus ke alinemen melengkung, kecuali jika kemiringan melintang jalan

adverse (tikungan dengan kemiringan normal) diterapkan, atau dari radius lengkung sangat besar dengan kemiringan melintang adverse ke lengkung radius lebih kecil.

Sumbu rotasi, titik dimana kemiringan melintang jalan berputar untuk membentuk superelevasi, tergantung pada jenis fasilitas jalan, potongan melintang jalan yang digunakan, medan dan lokasi jalan. Pada jalan dua lajur dua arah, superelevasi dibentuk dengan rotasi setiap setengah potongan melintang (termasuk bahu jalan) pada garistengah atau sumbu rotasi. Pada jalan yang dilengkapi median sempit (kurang dari 5 m), kedua badan jalan bisa dirotasikan di garis tengah median. Jika median jalan lebar, sumbu rotasi biasanya sepanjang tepi median dari setiap badan jalan (terutama pada daerah datar).

d. Penerapan Superelevasi

Pada bagian jalan lurus, perkerasan jalur lalu lintas mempunyai kemiringan melintang jalan normal untuk mengalirkan air. Kemiringan melintang ini diterapkan pada kedua.

e. Panjang Pencapaian Superelevasi

Panjang pencapaian superelevasi adalah transisi kemiringan melintang jalan dari kemiringan badan jalan normal pada bagian jalan lurus hingga kemiringan melintang jalan superelevasi penuh pada busur lingkaran. Panjang total yang diperlukan untuk pencapaian superelevasi disebut panjang pencapaian superelevasi (L_s)

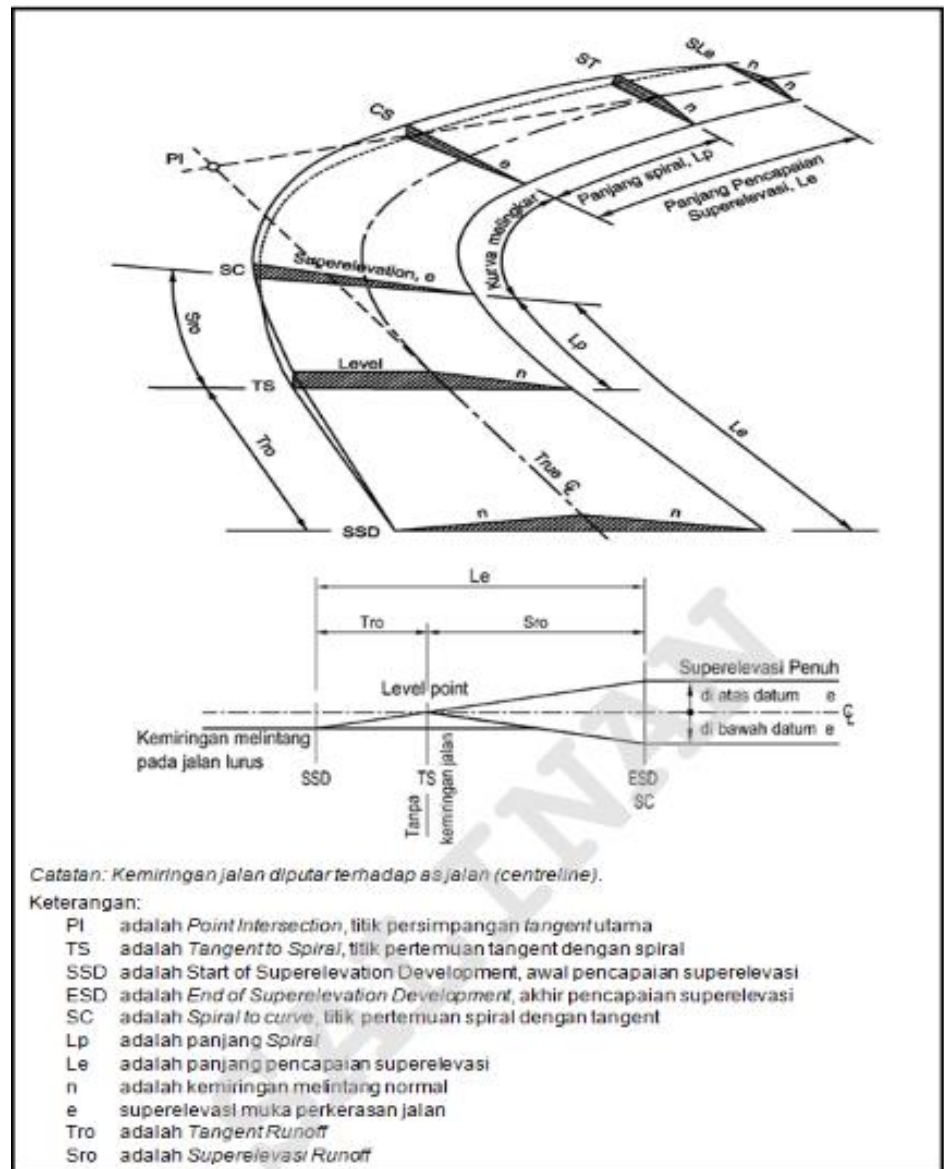
Panjang ini terdiri dari dua elemen utama:

1. panjang superelevation *runoff* (S_{ro}) adalah panjang jalan yang diperlukan untuk mencapai perubahan kemiringan melintang jalan dari yang datar (dalam gambar disebut level) menjadi

superelevasi penuh.

2. panjang tangent runoff (T_{ro}) adalah panjang jalan yang diperlukan untuk mencapai perubahan kemiringan melintang jalan dari kemiringan normal menjadi datar.

Gambar 2. 14 Profil tipikal pencapaian superelevasi pada jalan dua lajur



(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021)

f. Laju Rotasi

Laju rotasi perkerasan dibatasi tidak melampaui 2,5% per

detik waktu tempuh pada kecepatan operasi. Panjang minimum pencapaian superelevasi untuk memenuhi kriteria laju rotasi yang sesuai bisa diturunkan dari persamaan (2.16) berikut:

Laju rotasi 3,5% (0,035) radian/detik adalah sesuai untuk $VD < 80\text{Km/Jam}$.

Laju rotasi 2,5% (0,025) radian/detik adalah sesuai untuk $VD \geq 80\text{Km/Jam}$.

$$L_{rr} = \frac{28,65 (Q_1 - Q_2) V}{r} \dots\dots\dots (2.16)$$

Keterangan:

L_{rr} adalah panjang pencapaian superelevasi berdasarkan kriteria laju rotasi, m

e_1 adalah kemiringan melintang normal (%)

e_2 adalah superelevasi penuh (%)

V adalah kecepatan operasi (Km/Jam)

r adalah laju rotasi (%).

g. Kelandaian Relatif

Untuk penampilan dan kenyamanan, panjang runoff superelevasi hendaknya didasarkan atas perbedaan maksimum yang dapat diterima antara kelandaian memanjang sumbu rotasi dan tepi perkerasan. Sumbu rotasi biasanya adalah garis tengah jalan yang tanpa pemisah jalan, tetapi bisa tepi dalam atau tepi luar perkerasan pada jalan yang dilengkapi median. Kelandaian relatif maksimum bervariasi dengan kecepatan desain untuk memberikan panjang runoff yang lebih panjang pada kecepatan lebih tinggi dan lebih pendek pada kecepatan lebih rendah. Interpolasi kelandaian relatif yang diterima antara 0,80% dan 0,35% masing-masing untuk kecepatan desain 20 dan 130Km/Jam memberikan kelandaian relatif maksimum untuk rentang kecepatan desain (lihat Tabel 2.16)

Tabel 2. 16 Kelandaian Relatif Maksimum

V_0 (Km/Jam)	Kelandaian Relatif Maksimum (%)	Kemiringan Relatif Ekvivalen Maksimum
20	0,80	1:125
30	0,75	1:133
40	0,70	1:143
50	0,65	1:154
60	0,60	1:167
70	0,55	1:182
80	0,50	1:200
90	0,47	1:213
100	0,44	1:227
110	0,41	1:244
120	0,38	1:263
130	0,35	1:286

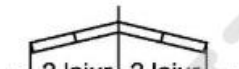
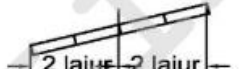
(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021)

Jika ada beberapa lajur yang akan dirotasi, faktor-faktor penyesuaian berikut ini hendaknya diterapkan pada lajur-lajur yang akan dirotasi. Lihat Tabel 2.17.

Tabel 2. 17 Faktor Penyesuaian untuk Jumlah Lajur Rotasi

Jumlah Lajur Rotasi n_1	Faktor Penyesuaian $b_w^{-n_1}$	Kenaikan panjang relatif terhadap rotasi satu lajur ($n_1 b_w$)
1,0	1,00	1,00
1,5	0,83	1,25
2,0	0,75	1,50
2,5	0,70	1,75
3,0	0,67	2,00
3,5	0,64	2,25

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021)

Satu lajur dirotasi	Dua lajur dirotasi	Tiga lajur dirotasi
 Ruas Normal	 Ruas Normal	 Ruas Normal
 Ruas dirotasi	 Ruas dirotasi	 Ruas dirotasi

Gambar 2. 15 Faktor Penyesuaian Jumlah Lajur Dirotasi
(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021)

2.6.6 Bentuk Tikungan

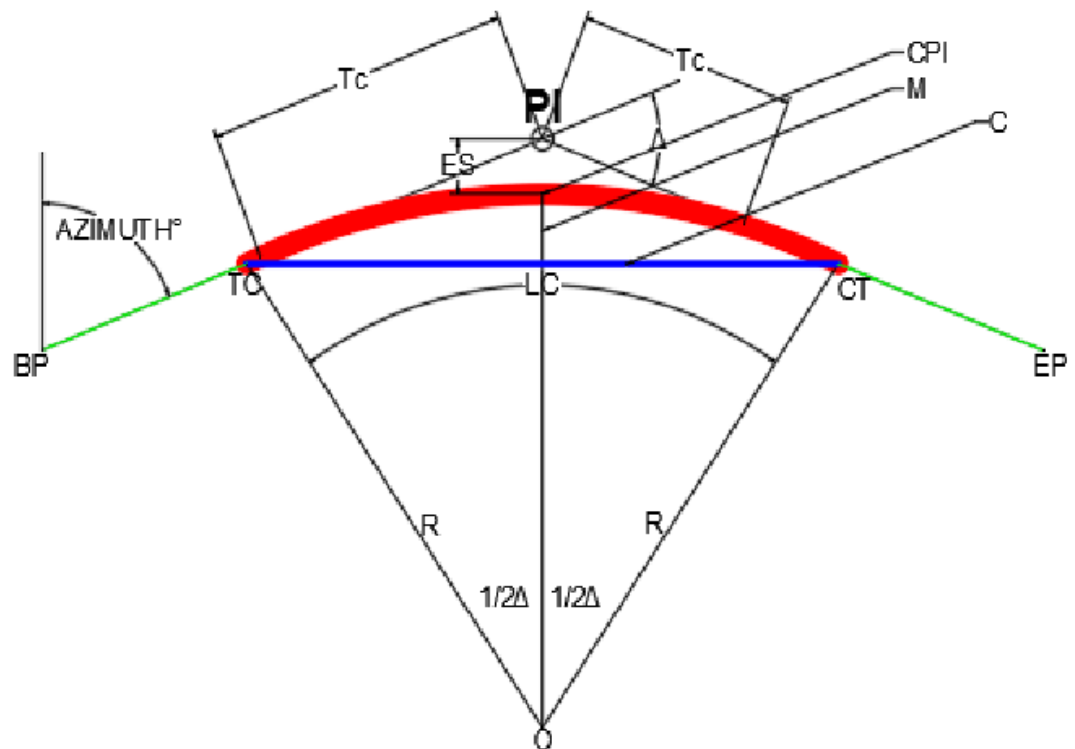
Bentuk geometri lengkung horisontal yang digunakan dan aman diterapkan di lapangan untuk keperluan perencanaan teknis, berdasarkan Peraturan Desain Geometrik Jalan Tahun 2021 terdapat 2 jenis tikungan, yaitu :

1. Busur lingkaran / Full Circle (FC)
2. Gabungan busur spiral-lingkaran-spiral/ *Spiral-Circle-Spiral* (S-C-S)

Bentuk bagian dari tikungan lengkung horizontal yang diterapkan dalam perencanaan jalan raya dapat berupa lengkung penuh atau lengkung peralihan. Pendekatan yang digunakan untuk memilih bentuk tikungan (Full circle dan Spiral-circle-spiral) dapat menggunakan nilai sudut perpotongan horizontal (Δ), panjang bagian lurus dan jarak kebebasan samping. Adapun bentuk dan komponen dari type tikungan dapat dilihat pada berikut:

1. Lengkung Full Circle (FC)

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



Gambar 2. 16 Bentuk Geometri Lengkung Full Circle (FC)

(Sumber: Raharjo, 2022)

Dimana :

- R = jari – jari kelengkungan busur
- TC, CT = titik singgung, perubahan dari garis lurus ke garis lengkung
- PI = titik perpotongan antara tergent I dan II
(*Point of Intersection*)
- O = titik pusat lingkaran
- Δ = sudut defleksi
- α = sudut jurusan / Azimuth

Jika α_1 merupakan azimuth tangen I dan α_2 merupakan azimuth tangen II, maka $\Delta = \alpha_2 - \alpha_1$ (lihat sket) dengan catatan $\Delta > 0$. Perhitungan komponen utama pada lengkung tipe Full-Circle dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Tc = Rc \tan \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots (2.17)$$

$$Ec = Ec \tan \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots (2.18)$$

$$Lc = \frac{\Delta \pi}{360^\circ} \dots\dots\dots (2.19)$$

$$D = \frac{25}{2 \pi R} X C \dots\dots\dots (2.20)$$

$$r = \frac{V^2}{127 (e+f)} \dots\dots\dots (2.21)$$

$$Tlb TC - CT = 2. RC. Sin 0.5 \Delta \dots\dots\dots (2.22)$$

Keterangan :

Rc = Jari-jari lengkung rencana (m)

Ec = Pergeseran horizontal (m)

Lc = Panjang busur lingkaran (m)

Δ = Sudut defleksi (derajat)

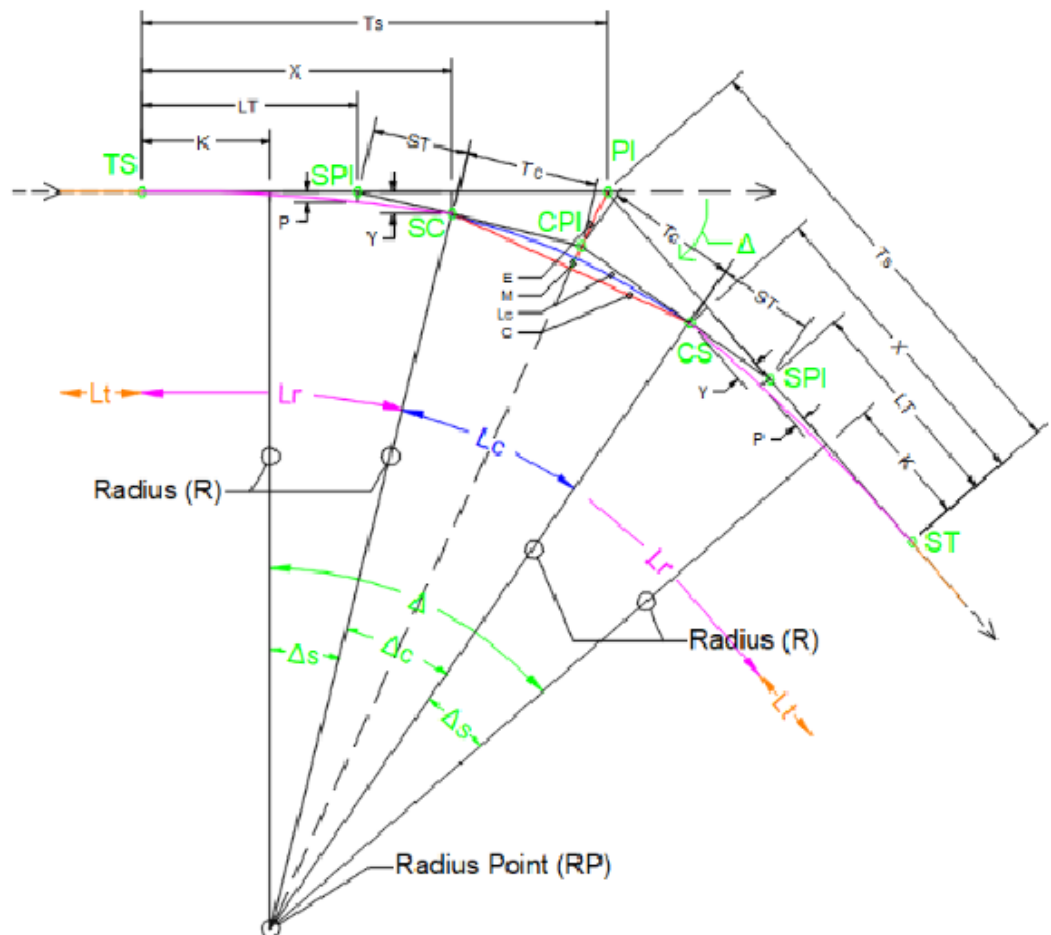
Tlb = Panjang Tali Busur

Pencapaian superelevasi pada lengkun FC dilakukan sebagian pada segmen yang lurus dan sebagian lainnya pada segmen lengkung. Karena ketiadaan bagian lengkung peralihan, panjang daerah pencapaian kemiringan disebut peralihan fiktif (Ls'). Bina Marga menempatkan $\frac{3}{4} Ls'$ dibagian lurus dan $\frac{1}{4} Ls'$ ditempatkan dibagian Lengkung.

2. Lengkung Spiral-Circle-Spiral (SCS)

Spiral – Circle – Spiral (SCS) adalah tikungan yang terdiri dari satu lengkung lingkaran dan dua lengkung spiral atau lengkung peralihan. Tikungan ini dimaksudkan jika tidak bisa digunakan jenis FC karena ruang untuk kendaraan berbelok tidak terlalu besar atau sedang, maka alternatif kedua menggunakan tikungan jenis ini, karena pada tikungan ini menggunakan lengkung peralihan pada saat masuk tikungan, kemudian busur lingkaran di

puncak tikungan dan diakhiri lagi dengan lengkung peralihan saat kendaraan keluar tikungan.



Gambar 2. 17 Bentuk Geometri Lengkung Spiral-Circle-Spiral (SCS)
(Sumber: Raharjo, 2022)

Lengkung TS-SC adalah lengkung peralihan berbentuk spiral yang menghubungkan bagian lurus dengan bagian radius tak berhingga diawal spiral (kiri TS) dan bagian berbentuk lingkaran dengan radius = R_c diakhir spiral (kanan SC). Titik TS adalah titik peralihan bagian lurus ke bagian berbentuk spiral dan titik SC adalah peralihan bagian spiral ke bagian lingkaran. Perhitungan komponen tikungan Spiral-Circle-Spiral dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

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

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

$$\theta_s = \frac{90}{\pi} \times \frac{L_s}{R_c} \dots\dots\dots (2.25)$$

$$p = \frac{L_s^2}{6R_c} - R_c(1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots (2.26)$$

$$K = L_s - \frac{L_s^3}{40R_c^2} - R_c \sin \theta_s \dots\dots\dots (2.27)$$

$$T_s = (R_c + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + K \dots\dots\dots (2.28)$$

$$E_s = (R_c + p) \sec \frac{1}{2} \Delta + R_c \dots\dots\dots (2.29)$$

$$L_c = (\Delta - 2\theta_s) 180 \times \pi \times R_c \dots\dots\dots (2.30)$$

$$L_{tot} = L_c + 2L_s \dots\dots\dots (2.31)$$

Dimana:

X_s = Absis titik SC pada garis tangen, jarak dari TS-SC (m)

Y_s = Ordinat titik SC pada titik tegak lurus pada titik tangen (m)

L_s = Panjang lengkung peralihan (m)

L_c = Panjang busur lingkaran (dari titik SC ke CS), (m)

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

E_s = Jarak dari PI ke lingkaran (m)

R = Jari-jari lingkaran (m)

P = Pergeseran tangen terhadap spiral (m)

K = Absis dari p pada garis tangen spiral (m)

Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen (°)

θ_s = Sudut lengkung spiral (°)

Δ_c = Sudut lengkung circle, (°)

D = Jarak titik

E_m = Superelevasi maksimum

E_n = Superelevasi minimum

Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya

perubahan alinyemen yang tiba-tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran ($R = \infty$, $R = R_c$), jadi lengkung peralihan ini diletakkan antara bagian lurus dan bagian lingkaran, yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan berbentuk busur lingkaran. Dengan adanya lengkung peralihan, maka dibuatlah tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (S-C-S).

Panjang lengkung peralihan (L_s) diambil nilai yang terbesar dari tiga persamaan dibawah ini yaitu :

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

$$L_s = \frac{V_R}{3,6} \times T \dots\dots\dots (2.32)$$

- b. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal :

$$L_s = 0.022 \times \frac{V^2}{R \times C} - 2,27 \times \frac{V_R^2}{C} \dots\dots\dots (2.33)$$

- c. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian :

$$L_s = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 \times T_e} \times V_r \dots\dots\dots (2.34)$$

2.6.7 Kemiringan Melintang

Penggunaan kemiringan melintang normal pada tikungan, dikenal sebagai kemiringan melintang yang berlawanan (*adverse*) karena bentuk penampang melintang normal memiliki kemiringan normal biasanya +2% dan -2% yang salah satu kemiringannya berlawanan dengan arah tikungan, biasanya dihindari, kecuali pada tikungan dengan radius besar yang bisa dianggap sebagai jalan lurus. Tabel 5-42 memberikan radius minimum tikungan untuk berbagai kecepatan operasi dengan kemiringan melintang normal dan yang *adverse*.

Kemiringan melintang *adverse* tidak melebihi 3%, kecuali untuk tikungan di dalam perkotaan dengan kecepatan operasi ≤ 40 Km/Jam pada daerah-daerah yang terbatas, dan belokan persimpangan atau bundaran. Secara umum, faktor kekesatan maksimum dibatasi menjadi setengahnya (atau dua pertiganya jika faktor resultan $< 0,08$

(0,033 hingga 0,048)) yang memperbolehkan tikungan dengan superelevasi.

Penggunaan kemiringan melintang adverse dibatasi pada jalan Antarkota dan JBH, dimana kedalaman air pada perkerasan bisa dikurangi. Kemiringan melintang normal sebaiknya dihindari dalam kondisi-kondisi berikut:

1. Pada pendekat persimpangan atau daerah pengereman lainnya
2. Daerah yang rawan aquaplaning
3. Jalan berkecepatan tinggi dengan kelandaian menurun melebihi 4%

Tabel 2. 18 Radius minimum tikungan dengan kemiringan melintang jalan normal

V _D (Km/Jam)	Lereng Normal (F-C)			Kemiringan melintang jalan Adverse 3%
	e _{Maksimum} = 4 %	e _{Maksimum} = 6 %	e _{Maksimum} = 8 %	
	R _{Minimum} (m)	R _{Minimum} (m)	R _{Minimum} (m)	R _{Minimum} (m)
20	163	194	184	-
30	371	421	443	-
40	679	738	784	80
50	951	1050	1090	130
60	1310	1440	1490	200
70	1740	1910	1970	300
80	2170	2360	2440	500
90	2640	2880	2970	900
100	3250	3510	3630	1600
110	-	4060	4180	2400
120	-	4770	4900	2800

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021)

2.6.8 Pelebaran Perkerasan Jalan Pada Tikungan

Perkerasan bisa diperlebar pada tikungan untuk menjaga ruang bebas samping antar kendaraan, sejajar ruang bebas yang ada pada jalan lurus. Pelebaran dibutuhkan untuk dua alasan:

1. Kendaraan yang melintasi tikungan memerlukan lebar perkerasan jalan yang lebih dari saat melintasi jalan lurus, karena lintasan roda belakang berada di sisi dalam roda depan dan julur depan

kendaraan mengurangi ruang bebas antara kendaraan yang didahului dan yang mendahului.

2. Ketika pada tikungan kendaraan lebih banyak menyimpang dari garis tengah lajur, dari pada di jalan lurus.

Besaran pelebaran yang dibutuhkan tergantung pada:

- 1) Radius tikungan
- 2) Lebar lajur pada jalan lurus
- 3) Panjang dan lebar kendaraan
- 4) Ruang bebas kendaraan.

Faktor-faktor lainnya seperti jurul depan kendaraan, jarak sumbu roda, dan lebar lintasan roda kendaraan juga ikut berperan. Akan tetapi, ada pembatasan terhadap pelebaran akibat kelayakan konstruksi untuk jalan dua lajur, pelebaran ditiadakan ketika total pelebaran kurang dari 0,50m. Terdapat kebutuhan melebarkan perkerasan jalan pada tikungan horizontal untuk digunakan oleh kendaraan yang lebih besar dari kendaraan desain, seperti kendaraan semi trailer dengan lebar 2,5m dan panjang 18,0m.

Tabel 2. menunjukkan pelebaran untuk suatu rentang radius busur lingkaran dan kendaraan desain. Untuk pelebaran lajur dengan lengkung peralihan, umumnya menerapkan setengah dari pelebaran tikungan pada setiap sisi jalan. Namun, ini berarti pergeseran terkait dengan transisi harus lebih besar dari pelebaran tikungan yang diterapkan pada sisi luar tikungan sehingga kendaraan desain akan memanfaatkan pelebaran tersebut dan untuk menjaga penampilan tikungan. Nilai pergeseran di tikungan ini dapat dihitung menggunakan persamaan (2.35).

$$p = \frac{Lp^2}{24R} \dots\dots\dots(2.35)$$

Keterangan:

p adalah pergeseran, m

L_p adalah panjang lengkung peralihan dan R adalah radius busur lingkaran

Untuk tikungan tanpa lengkung peralihan, praktisnya semua pelebaran tikungan di sisi dalam tikungan dengan garis marka tengah jalan kemudian diimbangi (offset) dari garis kontrol agar lebar lajur semuanya sama. Dengan ini membantu pengemudi menentukan peralihannya sendiri. Tikungan radius kecil hendaknya didesain dengan bantuan template belokan atau program komputer turn path. Ini karena sudut belokan mulai mempengaruhi lebar jalur lintasan dan penerapan pelebaran tikungan yang harus diperiksa terhadap jalur lintasan. Secara umum pelebaran perkerasan di tikungan dapat diperoleh dari Tabel 2.19.

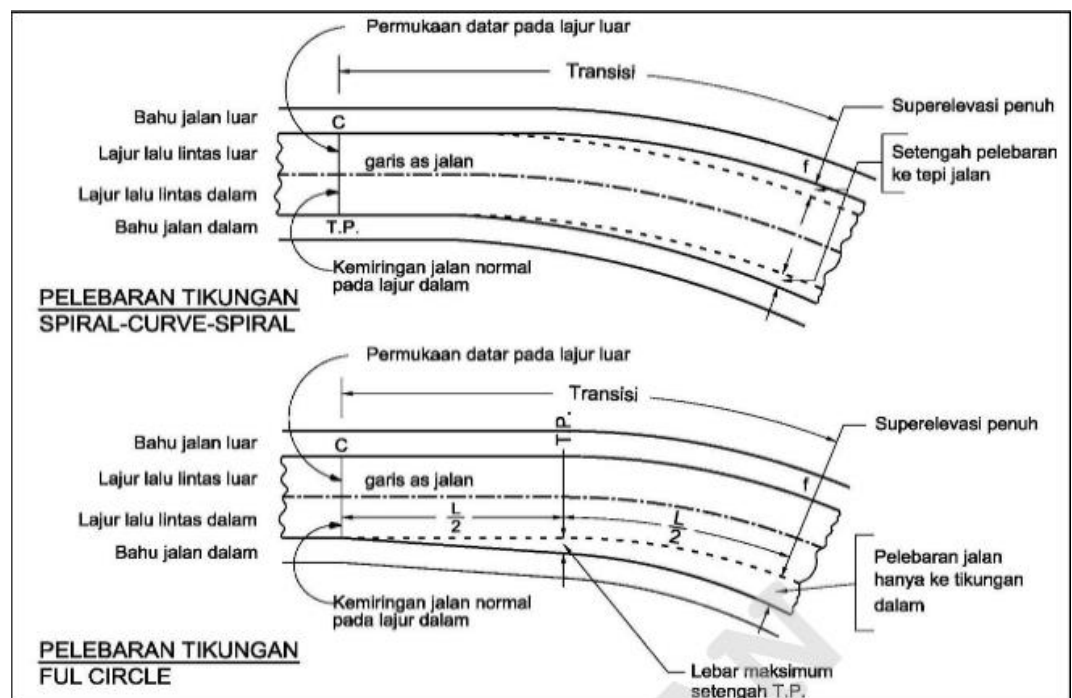
Tabel 2. 19 Pelebaran tikungan per lajur untuk kendaraan desain

Radius (m)	Pelebaran tikungan untuk Truk atau Bus Tunggal (m)	Pelebaran tikungan untuk Truk Semi-Trailer (m)
30	-	-
40	1.03	-
50	0.82	-
60	0.71	1.27
70	0.59	1.03
80	0.52	0.91
90	0.46	0.81
100	0.41	0.71
120	0.36	0.63
140	0.32	0.56
160	0.28	0.49
180	0.24	0.42
200	-	0.35
250	-	0.29
300	-	0.23

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021)

Catatan:

- Gunakan template belokan untuk daerah berwarna abu-abu sesuai kendaraan desain.
- Kebutuhan penggunaan template belokan ditentukan oleh variasi pelebaran akibat sudut belokan.
- Kebutuhan pelebaran tikungan berhenti saat pelebaran per lajur = 0,25m.
- Pelebaran tikungan untuk badan jalan adalah pelebaran / lajur x jumlah lajur.
- Lebar total dari lajur lalu lintas bisa dibulatkan ke 0,25 m terdekat.
- Pelebaran per lajur tidak tergantung pada lebar lajur di jalan lurus.
- Pelebaran ditujukan untuk menjaga ruang bebas horizontal yang digunakan jalan lurus.

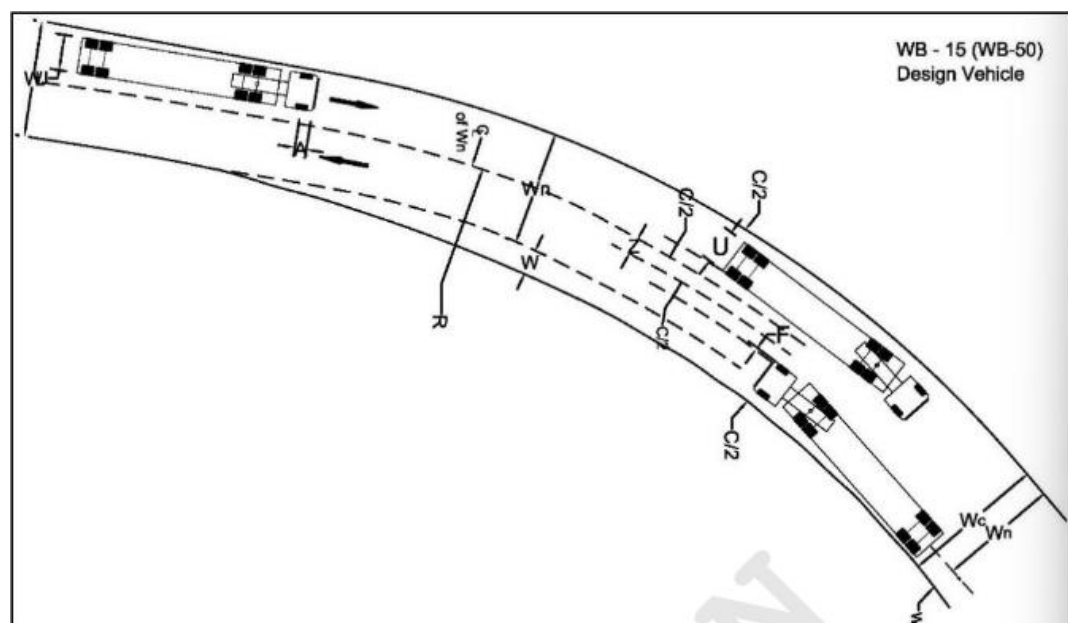


Gambar 2. 18 Metode Penggunaan Pelebaran Tikungan
(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021)

Tabel 2. 20 Penambahan lebar penunjang (z) pada pelebaran,

Radius (m)	V _D , Km/Jam								
	20	30	40	50	60	70	80	90	100
20	0,45	0,68	0,90	1,12	1,34	1,57	1,79	2,02	2,25
30	0,37	0,55	0,74	0,92	1,10	1,27	1,46	1,64	1,83
40	0,32	0,48	0,63	0,79	0,95	1,10	1,26	1,41	1,57
50	0,28	0,42	0,56	0,70	0,84	0,98	1,12	1,25	1,39
60	0,26	0,39	0,52	0,65	0,78	0,90	1,03	1,16	1,29
70	0,24	0,36	0,48	0,60	0,72	0,83	0,94	1,06	1,18
80	0,22	0,34	0,45	0,56	0,67	0,78	0,89	1,00	1,10
90	0,21	0,32	0,42	0,52	0,63	0,73	0,84	0,94	1,04
100	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,69	0,80	0,89	0,99
200	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42	0,49	0,56	0,64	0,70
300	0,12	0,17	0,23	0,29	0,35	0,40	0,46	0,52	0,58
400	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
500	0,09	0,14	0,18	0,22	0,27	0,31	0,36	0,40	0,45
600	0,08	0,13	0,16	0,20	0,25	0,29	0,33	0,37	0,41
700	0,08	0,12	0,15	0,19	0,23	0,26	0,30	0,34	0,38
800	0,07	0,11	0,14	0,18	0,21	0,25	0,29	0,32	0,36
900	0,07	0,10	0,14	0,17	0,20	0,23	0,27	0,30	0,33
1000	0,07	0,10	0,13	0,16	0,19	0,22	0,26	0,29	0,32

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021)

Gambar 2. 19 Pelebaran Perkerasan di Tikungan
(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021)

2.7 Alinyemen Vertikal

Alinemen vertikal merupakan profil memanjang sepanjang garis tengah jalan, yang terbentuk dari serangkaian segmen dengan kelandaian memanjang dan lengkung vertikal. Profilnya tergantung topografi, desain alinemen 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 konsisten terhadap jalan. Kadang kala, lereng curam membatasi desain alinemen horizontal dan vertikal yang normal. Pada medan gunung, perubahan elevasi permukaan tanah baik memanjang maupun melintang sepanjang alinemen jalan muncul secara mendadak, sehingga sering menyebabkan dibutuhkan penggalian yang terjal dan pembuatan lereng bertangga (benching) untuk memperoleh alinemen horizontal dan vertikal yang dapat diterima.

2.7.1 Kontrol Desain

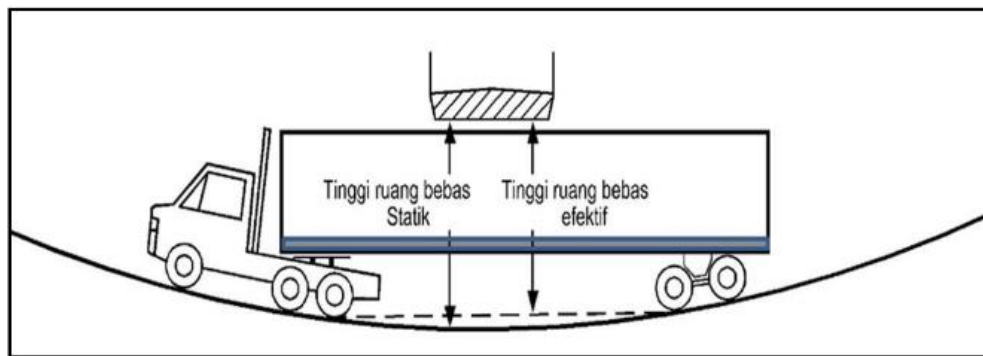
Ketinggian alinemen vertikal jalan pada setiap lokasi di sepanjang rute sebagian besar dikendalikan oleh fitur-fitur yang dilintasi jalan. Berikut ini adalah hal hal yang harus diperhatikan dalam mendesain alinemen vertikal:

1. Topografi eksisting.
2. Kondisi geoteknis.
3. Persimpangan eksisting.
4. Jalur masuk properti.
5. Overpass (ruang bebas vertikal, jarak pandang, dan pelapisan ulang).
6. Underpass.
7. Akses pejalan kaki.
8. Aset pelayanan utilitas dan persyaratan perlindungannya.

9. Buka median.

Desain harus memperhatikan dampak profil melintang badan jalan yang berbatasan atau memotong jalan yang bisa mempengaruhi desain geometrik vertikal, khususnya ketika mempertimbangkan drainase, dan juga perubahan-perubahan dalam:

- Profil melintang atau superelevasi
- Posisi puncak kemiringan melintang jalan
- Penambahan atau pengurangan lajur lalu lintas
- Sudut antara jalan dan objek



Gambar 2. 20 Ruang bebas untuk kendaraan panjang
(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021)

Kesemuanya bisa berdampak pada ruang bebas vertikal dan harus diperiksa terhadap pemenuhannya. Harus dipertimbangkan spesifikasi kendaraan yang panjang bagi struktur di atas jalan, sebagaimana ditunjukkan Gambar 2.20. Objek-objek relatif besar seperti overpass dan pepohonan harus diperiksa dampaknya terhadap jarak pandang, terutama jika terjadi di dekat lengkung vertikal cekung, memakai tinggi mata pengemudi truk sebesar 2,40m dan tinggi lampu belakang kendaraan sebesar 0,80m. Situasi ini ditunjukkan dalam Gambar 2.20.

2.7.2 Kelandaian Minimum

Jalan dengan kelandaian datar dan tanpa kerb biasanya bisa memberikan drainase permukaan yang baik dimana kemiringan

melintangnya mencukupi untuk membuang air secara lateral melalui bahu dan kemudian ke saluran samping. Kelandaian minimum yang pantas biasanya 0,3 persen (Tabel 5-47). Akan tetapi, drainase tepi jalan dan median mungkin memerlukan kelandaian lebih curam daripada kelandaian jalan agar bisa mengalirkan air dengan baik.

Tabel 2. 21 Kelandaian memanjang minimum

Lokasi	Kelandaian Minimum
Jalan dengan kerb dan saluran	1,0 % (ideal) 0,5 % (minimum)
Jalan pada daerah galian:	
Saluran tanah	0,5 %
Saluran pasangan	0,3 %
Jalan tanpa kerb dan saluran, bukan daerah galian	0 %

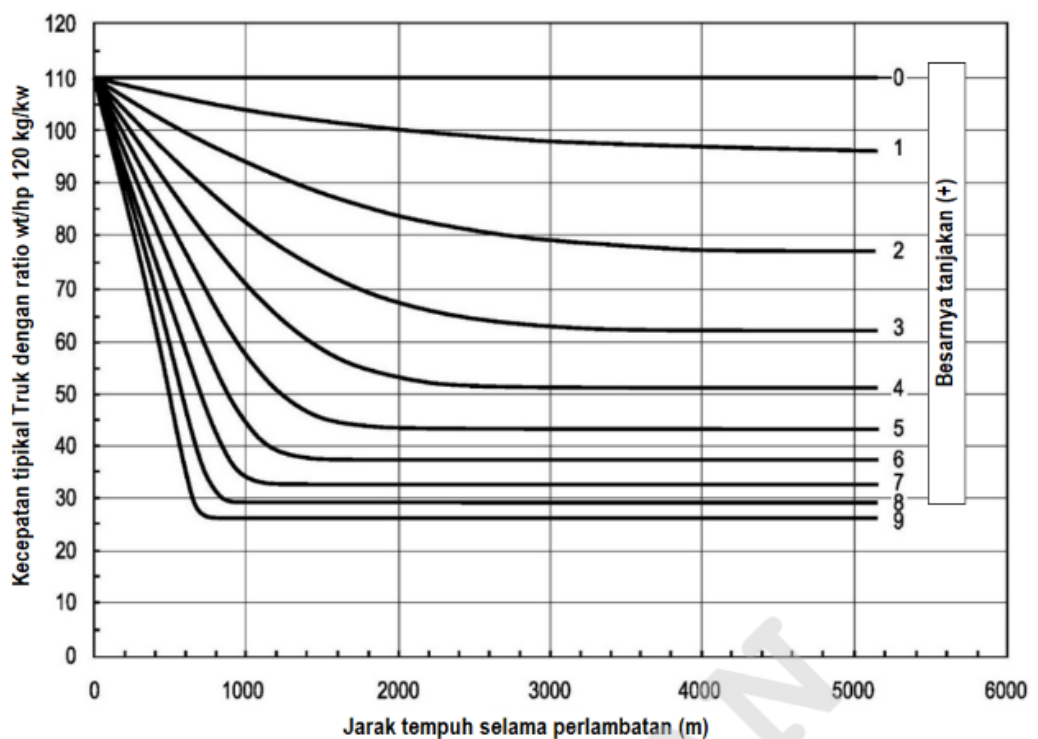
(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021)

2.7.3 Kelandaian Maksimum

Semua jalan didesain dengan kecepatan operasi yang seragam di sepanjang ruas jalan tersebut. Kendaraan penumpang (katagori Kendaraan Kecil) umumnya dapat mengatasi kelandaian antara 4-5%, tetapi, tidak pada truk. Umumnya kecepatan Truk pada turunan akan bertambah sampai dengan 5% dan pada tanjakan akan menurun sampai dengan 7% atau bahkan lebih dibandingkan kecepatannya di daerah datar. Dampak terhadap panjang dan derajat kelandaian pada truk (dengan weight to power ratio, WPR=120 kg/kw) ditampilkan dalam Gambar 2.21 dan Gambar 2.22. Pada Gambar 5-30 bisa ditentukan, sejauh mana truk yang mulai menanjak dengan kecepatan pada awal tanjakan 110Km/Jam, melalui variasi nilai kelandaian (atau kombinasi kelandaian) sebelum mencapai kecepatan tertentu yang stabil. Gambar 2.21 menunjukkan kinerja truk pada kelandaian yang mendekati kelandaian pada atau di bawah kecepatan merayap. Grafik menunjukkan bahwa truk hanya bisa

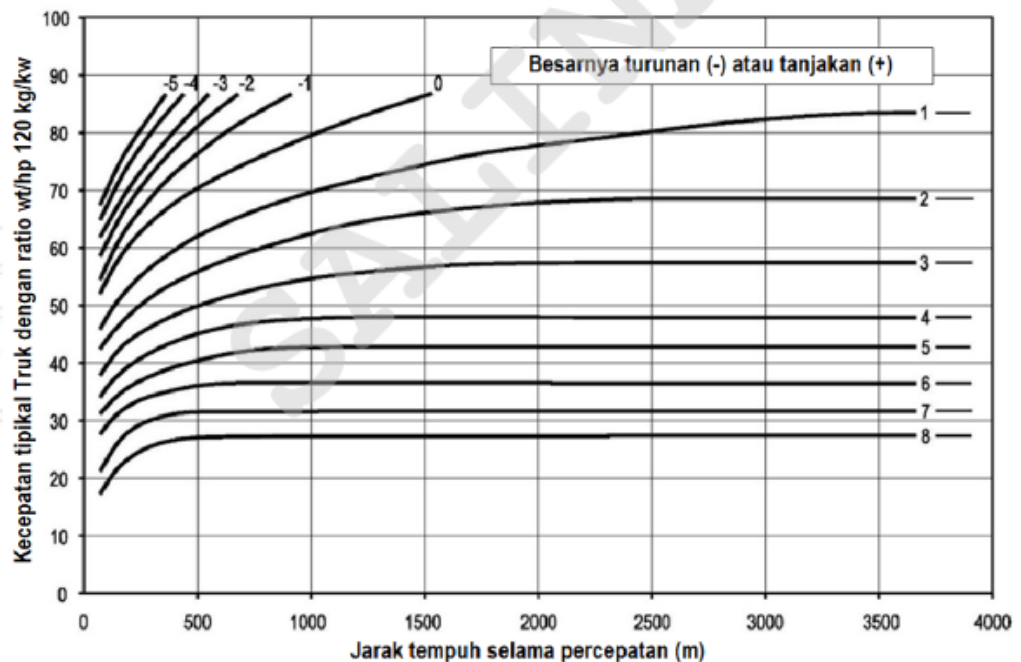
berakselerasi hingga kecepatan 40Km/Jam atau lebih pada kelandaian kurang dari 5,5%.

Grafik-grafik ini sangat berguna dalam menentukan dampak truk terhadap lalu lintas pada kondisi-kondisi kelandaian tertentu. Sesuai dengan kemajuan teknologi dewasa ini, wt/hp truk cenderung menurun yang berarti bahwa truk-truk dewasa ini memiliki kemampuan menanjak yang lebih. Penurunan wt/hp tersebut sampai dengan ± 85 kg/kw.



Gambar 2. 21 Kurva Kecepatan-Jarak tempuh pada tanjakan tipikal truk WPR 120 kg/kw

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021)



Gambar 2. 22 Kurva Kecepatan-Jarak tempuh tipikal truk dengan WPR 120 kg/kw

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021)

Mengacu pada Permen PU No.19/PRT/M/2011, kelandaian maksimum yang diterapkan menurut spesifikasi penyediaan prasarana jalan dengan jenis medan yang berbeda ditampilkan dalam Tabel 5-48. Perlu diperhatikan pada menetapkan kriteria desain kelandaian maksimum, agar memperhatikan kendaraan desainnya terkait dengan kemampuannya dalam melintasi tanjakan dengan kelandaian maksimum. Pada jalan kelas I dengan kendaraan desain kendaraan besar (Truk berat semi trailer), kemampuannya melintasi tanjakan dengan kecepatan 40Km/Jam paling tinggi kira-kira 5,5% sehingga kelandaian maksimum perlu dibatasi sesuai kemampuan tersebut. Jika kelandaian maksimum lebih besar dari 5,5% sangat dimungkinkan akan ditemui kendaraan besar dengan kecepatan $\leq 40\text{Km/Jam}$.

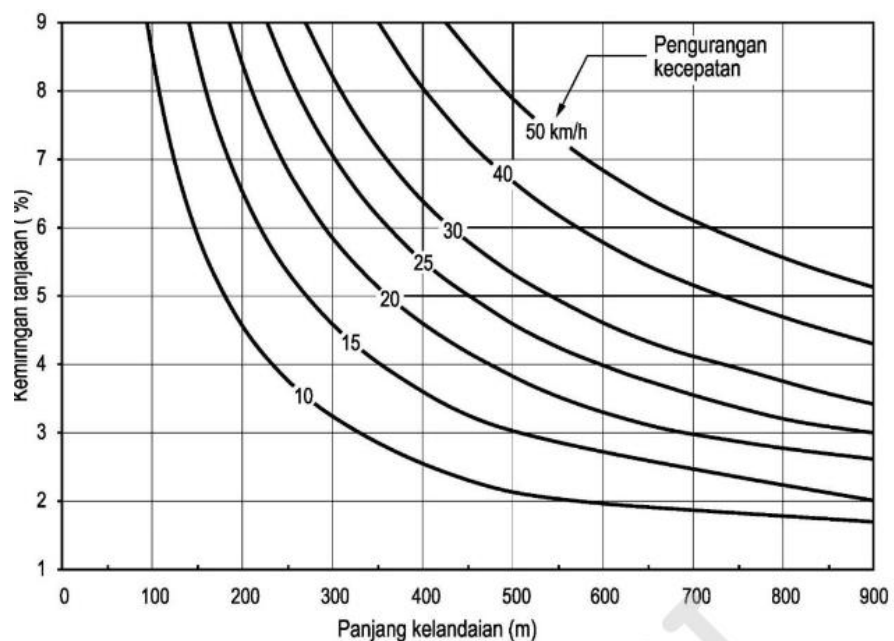
Tabel 2. 22 Kelandaian Maksimum

SPPJ	Kelandaian Maksimum (%)		
	Medan Datar	Medan Bukit	Medan Gunung
JBH	4	5	6
JRY	5	6	10
JSD	6	7	10
JKC	6	8	12

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021)

2.7.4 Panjang Kritis Suatu Kelandaian

Kelandaian maksimum yang ditentukan di atas bukan untuk kontrol sepenuhnya karena harus dipertimbangkan terhadap pengoperasian kendaraan. Istilah ‘Panjang Kelandaian Kritis’ digunakan untuk mengindikasikan panjang maksimum tanjakan dimana truk bermuatan bisa beroperasi tanpa adanya pengurangan kecepatan berlebihan. Dalam menentukan panjang kelandaian kritis, direkomendasikan agar pengurangan kecepatan truk sebesar 15 s.d. 25Km/Jam. Panjang kelandaian ditentukan dari Gambar 5-32.



Gambar 2. 23 Panjang kelandaian kritis tipikal truk dengan WPR 120 kg/kw

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021)

Berdasarkan Gambar 2.23, Tabel 2.23 menyajikan ringkasan panjang kelandaian kritis berdasarkan penurunan kecepatan 25 Km/Jam.

Tabel 2. 23 Panjang Kelandaian Kritis

Kelandaian memanjang (%)	Panjang kelandaian kritis (m)
4	600
5	450
6	350
7	300
8	250
9	230
≥ 10	200

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021)

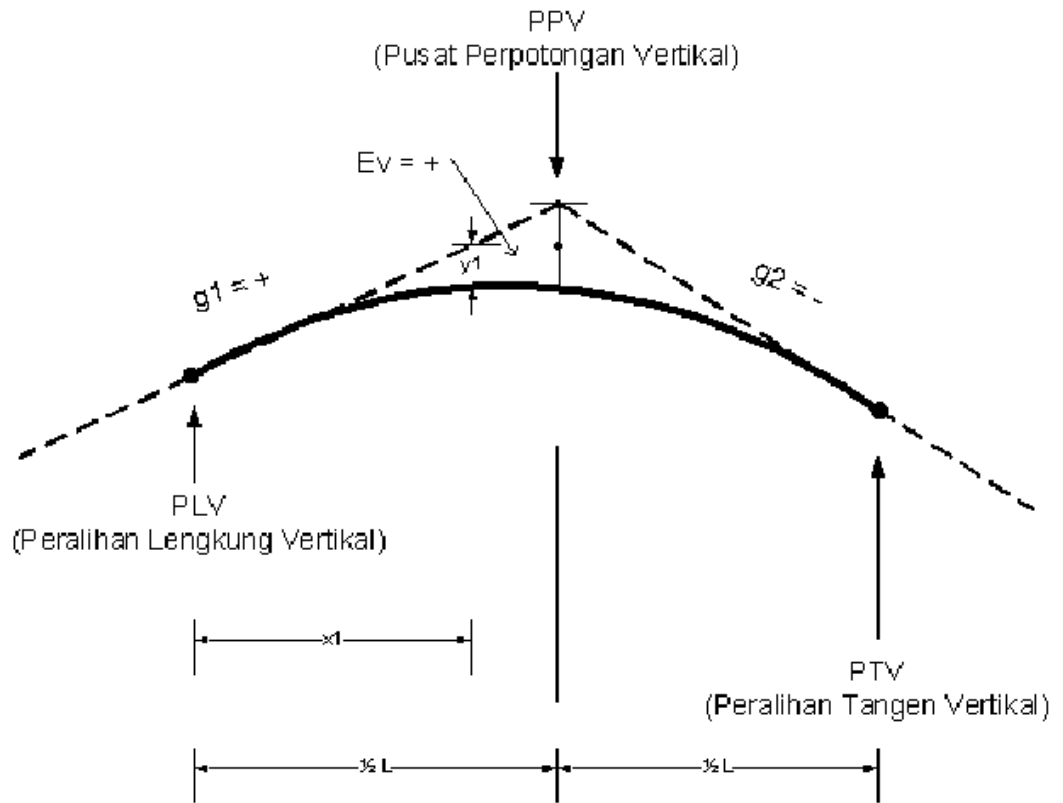
2.7.5 Bentuk Lengkung Vertikal

Lengkungan Vertikal pada jalan raya merupakan lengkungan yang dipakai untuk mengadakan peralihan secara berangsur-angsur dari suatu landai ke landai berikutnya. Terdapat 2 jenis lengkung vertikal, antara lain:

1. Lengkung Vertikal cembung : PVI diatas permukaan jalan
2. Lengkung Vertikal cekung : PVI di bawah permukaan jalan

Lengkung vertikal harus disediakan pada setiap lokasi yang mengalami perubahan kelandaian dengan tujuan mengurangi goncangan akibat perubahan kelandaian dan menyediakan jarak pandangan henti. Untuk merencanakan bentuk lengkung vertikal, didasarkan pada bentuk parabola vertikal sederhana, dengan persamaan matematik:

$$y = a X^2 + b X + C \dots\dots\dots (2.36)$$



Gambar 2. 24 Bentuk Geometri Lengkung Parabola Sederhana
(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021)

Persamaan umum Parabola Sederhana:

$$y = \frac{(g_1 - g_2)}{200L} X^2 \dots\dots\dots (2.37)$$

$$Ev = \frac{(g_1 - g_2) \cdot L}{800} \dots\dots\dots (2.38)$$

Dalam hal ini :

g_1 = %

L = Panjang lengkung

X = $0 - \frac{1}{2} L$

Alinyemen vertikal hendaknya mengikuti medan alami, mempertimbangkan keseimbangan pekerjaan tanah, penampilan, keselamatan, drainase, dan kelengkungan vertikal maksimum dan minimum yang diizinkan; dinyatakan sebagai nilai K. Untuk tujuan praktis, panjang

minimal lengkung vertikal dapat dinyatakan sekitar 0,6 kali VD (Km/Jam), $L_{\min} = 0,6 \text{ V D}$, dimana VD dalam satuan Km/Jam dan L adalah dalam m. Secara praktis, jarak pandang lebih panjang mungkin lebih dikehendaki, dimana lebih sesuai dengan kondisi medan dan tidak berbenturan dengan pengendali desain lainnya. Lengkung vertikal yang terlalu besar hendaknya dihindari untuk mencegah genangan air. Lengkungan vertikal besar juga meningkatkan panjang jarak pandang yang terbatas. Pada umumnya lengkung vertikal didesain menggunakan persamaan :

$$L = K \cdot A \dots\dots\dots (2.39)$$

$$K = \frac{S^2}{200(2\sqrt{h_1} - h_2)}, \text{ untuk } S < L \dots\dots\dots (2.40)$$

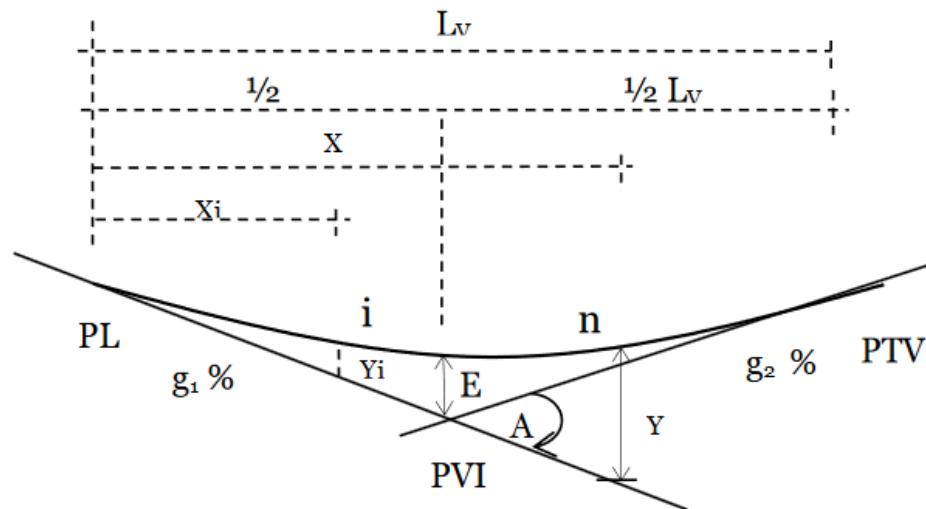
$$K = \frac{2.S}{A} \frac{200(2\sqrt{h_1} - 2\sqrt{h_2})}{A^2}, \text{ untuk } S > L \dots\dots\dots (2.41)$$

Keterangan:

- L = Panjang lengkung vertikal (m)
- K = Panjang lengkung vertikal dalam meter untuk setiap perubahan kelandaian 1%
- A = Perubahan kelandaian aljabar (%)
- S = Jarak pandang (m)
- h1 = Tinggi mata pengemudi (m)
- h2 = Tinggi objek, digunakan untuk menetapkan jarak pandang (m)

A. Alinyemen Vertikal Cekung

Pemilihan panjang lengkung cekung vertikal haruslah merupakan panjang terpanjang yang dibutuhkan setelah mempertimbangkan jarak penyinaran lampu dari kendaraan, ketentuan drainase, kenyamanan pengemudi dan penampilan secara umum.



Gambar 2. 25 Bentuk Geometri Alinyemen Vertikal Cekung
(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021)

Titik PLV = titik awal lengkungan parabola

Titik PVI = titik perpotongan kelandaian g_1 dan g_2

Titik PTV = titik akhir lengkungan parabola

Titik PLV-PVI dan PVI-PTV adalah garis tangen kelandaian g_1 dan g_2 . Pada Gambar 23 :

g_1 = turun, jadi harganya - %

g_2 = naik, jadi harganya + %

A = Perbedaan Aljabar Landai = $g_2 - g_1$ dalam %

EV = Pergeseran vertikal titik tengah busur lingkaran

LV = Panjang lengkung vertikal dihitung secara horisontal

X_i = Jarak horisontal titik I, dihitung dari PLV ke titik I secara horisontal

Y_i = Pergeseran vertikal titik I, dihitung dari titik pada tangen/kelandaian ke titik I pada lengkungan secara vertikal

I = Titik lengkungan

Rumus-rumus umum pada alinyemen vertikal cekung yaitu:

$$EV = A \cdot (L_v / 800) \dots\dots\dots (2.42)$$

dimana :

A = g₂-g₁ dalam %

LV = Panjang lengkung vertikal (dalam meter)

$$Y_i = (X_i)^2 \cdot Ev \dots\dots\dots(2.43)$$

dimana nilai $X_i = \frac{1}{2} LV$

$$Y_i = \frac{A}{200 \cdot Lv} X_i^2 \dots\dots\dots(2.44)$$

Jika $X_i = \frac{1}{2} LV$, maka $Y_i = EV$. Sedangkan untuk mencari besaran nilai gradien dalam perencanaan alinyemen vertikal dapat menggunakan rumus berikut ini:

$$g_1 = \frac{Elevasi\ PV1 - Elevasi\ PLV}{0,5 \cdot Lv} \dots\dots\dots(2.45)$$

$$g_2 = \frac{Elevasi\ PLV - Elevasi\ PV1}{0,5 \cdot Lv} \dots\dots\dots(2.46)$$

Cara menghitung elevasi pada titik utama lengkung vertikal

(PLV, PVI, PTV):

$$1. \text{ HPVI} = \text{HPLV} + \Delta h \text{ PLV_PVI}$$

$$\Delta h \text{ PLV_PVI} = \frac{1}{2} Lv \cdot G_1 \dots\dots\dots(2.47)$$

$$2. \text{ HPTV} = \text{HPVI} + \Delta h \text{ PVI_PTV}$$

$$\Delta h \text{ PVI_PTV} = \frac{1}{2} Lv \cdot G_2 \dots\dots\dots(2.48)$$

Kriteria yang menjadi penentu panjang lengkung vertikal cekung adalah Kenyamanan pengemudi, Silau sorotan lampu, Pengendalian drainase dan Penampilan. Untuk memaksimalkan kenyamanan pengemudi dan penumpang saat melintasi lengkung, dilakukan pembatasan akselerasi vertikal kurang dari 0.05g dengan g adalah percepatan gravitasi. Berikut cara penentuan Panjang Lengkung Vertikal (Lv) Cekung:

1. Lv terhadap Kenyamanan Pengemudi, Berdasarkan waktu tempuh maximum untuk melintasi lengkung (3 detik) :

$$Lv = \frac{VR}{3,6} \cdot T \dots\dots\dots(2.49)$$

2. L_v terhadap Nilai Keluwesan Jalan:

$$L_v = 0,6 \times VR \dots\dots\dots(2.50)$$

3. L_v terhadap Drainase :

$$L_v = 40 \times A \dots\dots\dots(2.51)$$

$$L_v = (g_1 - g_2) \dots\dots\dots(2.52)$$

4. L_v terhadap Pengurangan Guncangan :

$$L_v = \frac{VR^2 \cdot A}{360} \dots\dots\dots(2.53)$$

5. Panjang lengkung vertikal cekung berdasarkan jarak pandang henti dapat ditentukan dengan rumus berikut :

1. Jika jarak pandang lebih kecil dari panjang lengkung vertikal ($J_h < L$)

$$L = \frac{A j h^2}{120 + 3,5 S} \dots\dots\dots(2.54)$$

2. Jika jarak pandang lebih besar dari panjang lengkung vertikal ($J_h > L$)

$$L = 2 j h \frac{120 + 3,5 J_h}{A} \dots\dots\dots(2.55)$$

Keterangan :

L = Panjang lengkung cekung (m)

A = Perbedaan aljabar landai (%)

J_h = Jarak pandang henti (m)

Sebagai nilai control aman, nilai L_v harus memenuhi persyaratan minimal:

$$L_v \min = \frac{j h^2}{405} \dots\dots\dots(2.56)$$

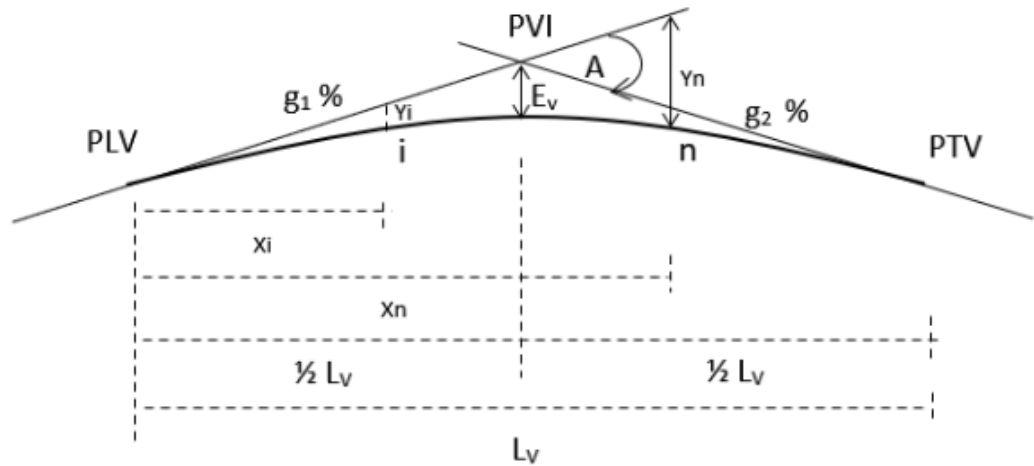
Tabel 2. 24 Kontrol Desain (K) untuk Lengkung Vertikal Cekung

V_D (Km/Jam)	J_{PH} (m)	K
20	20	3
30	35	6
40	50	9
50	65	13
60	85	18
70	105	23
80	130	30
90	160	38
100	185	45
110	220	55
120	250	63

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021)

B. Alinyemen Vertikal Cembung

Pengendali utama lengkung vertikal cembung adalah penyediaan jarak pandang yang cukup, untuk mendapatkan sudut pandang yang aman, kenyamanan, dan penampilan. Desainer hendaknya membatasi panjang lengkung cembung yang memiliki kelandaian kurang dari 0,3% hingga 0,5% untuk panjang sekitar 30m s.d. 50m.



Gambar 2. 26 Bentuk Geometri Alinyemen Vertikal Cembung
(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021)

Keterangan :

Titik PLV = titik awal lengkungan parabola

Titik PVI = titik perpotongan kelandaian g_1 dan g_2

Titik PTV = titik akhir lengkungan parabola

Titik PLV-PVI dan PVI-PTV adalah garis tangen kelandaian g_1 dan g_2 .

Pada Gambar 24 :

g_1 = naik, jadi harganya + %

g_2 = turun, jadi harganya - %

Dalam merencanakan lengkung vertikal cembung dihitung juga berdasarkan jarak pandang henti dan jarak pandang mendahului.

Tabel 2. 25 Nilai Jarak Pandang Henti Pada lengkung Vertikal Cembung

V_D (Km/Jam)	J_{PH} (m)	K⁽¹⁾
20	20	1
30	35	2
40	50	4
50	65	7
60	85	11
70	105	17
80	130	26
90	160	39
100	185	52
110	220	74
120	250	95

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021)

Tabel 2. 26 Nilai Jarak Pandang Mendahului Pada lengkung Vertikal

V_D (Km/Jam)	J_{PM} (m)	K⁽¹⁾
30	120	17
40	140	23
50	160	30
60	180	38
70	210	52
80	245	70
90	280	91
100	320	119
110	355	146
120	395	181

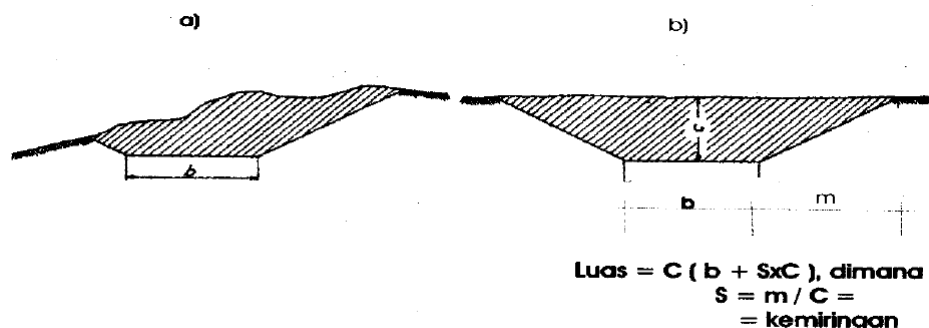
(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021)

2.8 Perencanaan Galian dan Timbunan

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

Metoda untuk mencari luas penampang galian/timbunan pada setiap Stasion, dapat dilakukan dengan cara:

- Untuk penampang yang tidak beraturan, luas penampang dicari dengan menggunakan alat planimeter, atau dengan cara sederhana, menggambarkan Penampang pada kertas milimeter-blok, kemudian hitung kumulatif kotak yang tercakup area penampang, kemudian kalikan dengan skala.
- Untuk penampang yang beraturan, gunakan rumus planimetri biasa.
- Perhitungan volume tanah.



Gambar 2. 27 Menghitung Luas Penampang

(Sumber : Hamirhan, 2010)

Perhitungan volume tanah pada pekerjaan galian dan timbunan, biasa dilakukan dengan metoda *Double End Areas* (luas ujung rangkap), yaitu dengan mengambil rata-rata luas kedua ujung penampang dari Sta.1 dan Sta.2, kemudian dikalikan jarak kedua Stasion. Ini dilakukan untuk semua titik stasion yang berada pada rancangan trase jalan (Hamirhan, 2010).

Langkah-langkah perhitungan galian dan timbunan :

- Penentuan stationing sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari

alinyemen horizontal (trase).

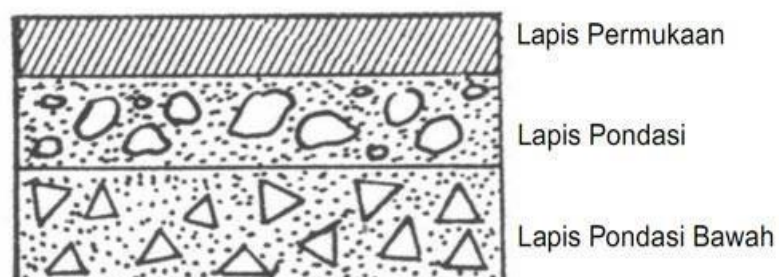
- b. Gambarkan profil memanjang (alinyemen vertikal) untuk memperlihatkan perbedaan tinggi muka tanah asli dengan tinggi muka perkerasan yang akan direncanakan.
- c. Gambarkan profil melintang pada tiap titik stasioning sehingga dapat luas penampang galian dan timbunan.
- d. Hitung *volume* galian dan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

2.9 Perencanaan Tebal Perkerasan

2.9.1 Perkerasan Lentur

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya. Beban kendaraan dilimpahkan ke perkerasan jalan melalui bidang kontak roda berupa beban terbagi rata P_0 . Beban tersebut diterima oleh lapisan permukaan dan disebarkan ke tanah dasar menjadi P_1 yang lebih kecil dari daya dukung tanah dasar.

Konstruksi perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) adalah lapis perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan ikat antar material. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan meneruskan serta menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Lihat gambar 2.26 dibawah ini adalah sebagai berikut:



Gambar 2. 28 Perkerasan Lentur (Flexible Pavement)

(Sumber : Hamirhan, 2010)

2.9.2 Kriteria Perencanaan

a. Material Berpengikat

Karakteristik modulus bahan berpengikat (bounded materials) dan tanah dasar yang digunakan pada manual ini ditunjukkan pada Tabel 2.27.

Tabel 2. 27 Karakteristik modulus bahan berpengikat yang digunakan untuk pengembangan bagan desain dan untuk analisis mekanistik

Jenis Bahan	Modulus Tipikal	Rasio Poisson
HRS-WC	800 MPa	0,40
HRS-BC	900 MPa	
AC-WC (2 x 75 tumbukan)	1.100 MPa	
AC-WC (2 x 50 tumbukan)	1.000 MPa	
AC-BC (2 x 75 tumbukan)	1.200 MPa	
AC-Base (2 x 75 tumbukan)	1.500 MPa	
AC-WC PG70 (2 x 75 tumbukan)	1.300 MPa	
AC-BC PG70 (2 x 75 tumbukan)	1.400 MPa	
Bahan bersemen (CTB)	3.000 MPa (<i>pre cracking</i>)	0,20
Bahan bersemen (CTB)	500 MPa retak (<i>post cracking</i>)	0,20 (mulus) 0,35 (retak)
Tanah dasar (disesuaikan musim)	10 x CBR (MPa)	0,45 (tanah kohesif)
		0,35 (tanah non-kohesif)

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan No.03/M/BM/2024)

b. Koreksi Temperatur

Temperatur perkerasan beraspal dapat dinyatakan sebagai temperatur rata-rata tertimbang tahunan (weighted mean asphalt pavement temperature, WAMPT). Untuk iklim Indonesia, WMAPT berkisar di antara 380 C (daerah pegunungan) hingga 420 C (untuk daerah pesisir). Nilai modulus campuran beraspal yang digunakan pada bagan desain ditetapkan berdasarkan asumsi WMAPT 410C. Efek perbedaan modulus pada rentang temperatur tersebut di atas terhadap ketebalan rencana lapisan beraspal tidak signifikan. Namun demikian, dalam hal pendesain akan melakukan analisis mekanistik tersendiri, faktor koreksi temperatur di bawah ini dapat digunakan:

Tabel 2. 28 Faktor koreksi modulus campuran beraspal

Temperatur perkerasan aspal (WMAPT)	Faktor koreksi modulus
42	0.923
41	1.000
40	1.083
39	1.174
38	1.271

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan No.03/M/BM/2024)

c. Material Berbutir

Modulus lapisan berbutir (*unbounded granular material*) tidak hanya tergantung pada nilai modulus intrinsik bahan bersangkutan tetapi juga ditentukan oleh tegangan (stress) yang bekerja pada lapisan tersebut dan kekakuan lapis-lapis di bawahnya. Semakin tinggi tegangan semakin tinggi modulus bahan berbutir. Dengan demikian, semakin tebal dan kaku lapis di atasnya, semakin rendah tegangan yang bekerja pada permukaan lapis berbutir dan semakin rendah modulus. Selanjutnya, semakin dalam, nilai modulus tersebut semakin rendah. Tingkat penurunan nilai modulus lapis berbutir tersebut dipengaruhi pula oleh modulus kekakuan tanah dasar. Dalam analisis struktur perkerasan, lapisan berbutir dibagi dalam lima sub-lapisan dengan ketebalan yang sama dan nilai modulus yang semakin ke bawah semakin kecil. Tabel 7.5. menunjukkan modulus karakteristik permukaan sub-lapisan teratas yang digunakan untuk pengembangan bagan desain dan analisis mekanistik. Prosedur penentuan modulus sub- lapisan di bawahnya dijelaskan pada lampiran C.

Tabel 2. 29 Karakteristik modulus lapisan teratas bahan berbutir

Tebal Lapisan Aspal di Atas Lapisan Berbutir	Modulus Bahan Berbutir (MPa)
	(Langsung di Bawah AC: WC/BC/Base)
40 mm	350
75 mm	350
100 mm	350
125 mm	320
150 mm	280
175 mm	250
200 mm	220
225 mm	180
≥ 250 mm	150

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan No.03/M/BM/2024)

d. Parameter Kelelahan Lapisan Beraspal

Tipikal volume bitumen dalam campuran beraspal dan parameter kelelahan yang digunakan dalam fungsi transfer untuk kriteria retak lelah lapis beraspal ditunjukkan pada Tabel 7.6

Tabel 2. 30 Parameter Kelelahan (Fatigue) K*

Bahan lapisan aspal	Volume aspal (Vb) (%)	Parameter K untuk kondisi iklim Indonesia
HRS WC	15,05	0,008708
HRS Base	14,22	0,007919
AC WC (2 x 75 tumbukan)	12,20	0,006407
AC WC (2 x 50 tumbukan)	14,01	0,007522
AC BC (2 x 75 tumbukan)	11,50	0,005886
AC Base (2 x 75 tumbukan)	11,50	0,005432
AC WC PG70 (2 x 75 tumbukan)	12,20	0,006033
AC BC PG70 (2 x 75 tumbukan)	11,50	0,005569

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan No.03/M/BM/2024)

$$* K = \left[\frac{6918 \times (0,856 V_b + 1,08)}{S_{mix}^{0,86}} \right]$$

* Volume aspal dalam campuran (%) bukan kadar aspal (%)

2.9.3 Metode Perencanaan Tebal Perkerasan

Basis dari prosedur desain perkerasan lentur dengan campuran beraspal yang digunakan pada manual ini adalah karakteristik mekanik material dan analisis struktur perkerasan secara mekanistik. Metode ini menghubungkan masukan berupa beban roda, struktur perkerasan dan sifat mekanik material, dengan keluaran berupa respons perkerasan terhadap beban roda seperti tegangan, regangan atau lendutan.

Respons struktural tersebut digunakan untuk memprediksi kinerja struktur perkerasan dalam hal deformasi permanen dan retak lelah. Karena prediksi tersebut didasarkan pada kinerja material di laboratorium dan pengamatan di lapangan, pendekatan ini disebut juga sebagai metode mekanistik empiris. Keunggulan utama metode desain mekanistik adalah dimungkinkannya analisis pengaruh perubahan masukan desain, seperti perubahan material dan beban lalu lintas, secara cepat dan rasional. Sejumlah kelebihan metode ini dibandingkan dengan metode empiris murni antara lain adalah:

1. Dapat digunakan secara analitis untuk mengevaluasi perubahan atau variasi beban kendaraan terhadap kinerja perkerasan.
2. Kinerja perkerasan dengan bahan-bahan baru dapat dievaluasi berdasarkan sifat-sifat mekanik bahan bersangkutan.
3. Dapat digunakan untuk menganalisis pengaruh perubahan sifat material akibat lingkungan dan iklim terhadap kinerja perkerasan.
4. Mengevaluasi respons perkerasan terkait dengan moda kerusakan perkerasan secara spesifik (retak lelah dan deformasi permanen)

Secara umum, model struktur perkerasan yang digunakan dalam manual ini adalah struktur multi lapisan yang bersifat elastik linier, isotropik (untuk material berpegikat, bounded material) dan

anisotropik untuk material tanpa pengikat (unbounded material), lapis CTB dianggap telah mengalami retak (kondisi post cracking).

Keterbatasan pelaksanaan pemadatan dan segregasi menentukan tebal struktur perkerasan. Perencana harus melihat batasan-batasan tersebut, termasuk ketebalan lapisan yang diizinkan pada Tabel 8.1. Jika pada bagan desain ditentukan bahwa suatu bahan dihamparkan lebih tebal dari yang diizinkan, maka bahan tersebut harus dihamparkan dan dipadatkan dalam beberapa lapisan.

Tabel 2. 31 Ketebalan Lapisan yang Diizinkan dan Penghamparan

B a h a n	Rentang tebal padat per hamparan (mm)	Diizinkan penghamparan dalam beberapa lapis ⁽¹⁾
(1)	(2)	(3)
HRS WC	30 – 50	tidak
HRS <i>Base</i>	35 – 50	ya
AC WC	40 – 70	ya
AC BC	60 – 80	ya
AC – <i>Base</i>	75 – 100	ya
Lapis Fondasi Agregat Kelas A (gradasi dengan ukuran maksimum 37.5 mm)	150 – 200	ya
Lapis Fondasi Agregat Kelas B (gradasi dengan ukuran maksimum 37,5 mm)	150 – 200	ya
LFA Kelas C (Untuk Bahu Jalan, gradasi dengan ukuran maksimum 25,4 mm)	120 – 200	ya
Lapis Fondasi Agregat Kelas S (gradasi dengan ukuran maksimum 37,5 mm)	150 – 200	ya
CTB (gradasi dengan ukuran maksimum 30 mm)	150 – 300	tidak
Stabilisasi tanah atau kerikil alam	150 – 200	tidak
Kerikil alam	150 – 200	ya

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan No.03/M/BM/2024)

2.9.4 Prosedur Perencanaan Perkerasan Lentur

1. Tentukan umur rencana, Umur rencana perkerasan baru dinyatakan pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2. 32 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR)

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun) ⁽¹⁾
Perkerasan lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir ⁽²⁾ .	20
	Fondasi jalan	40
	Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (<i>overlay</i>), seperti: jalan perkotaan, <i>underpass</i> , jembatan, terowongan.	
	<i>Cement Treated Based</i> (CTB)	
Perkerasan kaku	Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan.	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	Minimum 10

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan No.03/M/BM/2024)

Catatan :

- a. Jika dianggap sulit untuk menggunakan umur rencana diatas, maka dapat digunakan umur rencana berbeda, namun sebelumnya harus dilakukan analisis dengan discounted lifecycle cost yang dapat menunjukkan bahwa umur rencana tersebut dapat memberikan discounted lifecycle cost terendah. Nilai bunga diambil dari nilai bunga rata-rata dari Bank Indonesia, yang dapat diperoleh dari <http://www.bi.go.id/web/en/Moneter/BI+Rate/Data+BI+Rate/>
 - b. Umur rencana harus memperhitungkan kapasitas jalan.
2. Tentukan nilai-nilai ESA4 dan atau ESA5 sesuai umur rencana yang dipilih
 3. Tentukan tipe perkerasan berdasarkan volume lalu lintas, umur rencana dan kondisi fondasi jalan. Batasan pada Tabel 3.1 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. 33 Pemilihan Jenis Perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagan Desain	ESA5 (juta) dalam 20 tahun				
		0 - 1	1 - 4	4 - 10	>10 – 30	>30
AC modifikasi	3, 3A, 3B	-	-	-	-	2
AC dengan CTB					2	-
AC Modifikasi dengan CTB					-	2
AC dengan lapis fondasi agregat	3, 3A, 3B	-	1, 2	1, 2	2	-
HRS tipis di atas lapis fondasi agregat	4	2	2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan lapis fondasi agregat	5	3	3	-	-	-
AC/HRS dengan lapis fondasi <i>Soil Cement</i>	6	2	2	-	-	-
AC/HRS dengan lapis fondasi agregat dan perbaikan tanah dasar (dengan stabilisasi semen)	7	2	2			
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat	8	-	-	-	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah	8A	-	-	1, 2	-	-
Perkerasan tanpa penutup (Japat dan jalan kerikil)	9	1	-	-	-	-

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan No.03/M/BM/2024)

Catatan:

Tingkat kesulitan:

1. kontraktor kecil – medium;
2. kontraktor besar dengan sumber daya yang memadai;
3. membutuhkan keahlian dan tenaga ahli khusus –kontraktor spesialis Burtu / Burda.
4. Tentukan segmen tanah dasar dengan daya dukung yang seragam.
5. Tentukan struktur fondasi perkerasan.
6. Tentukan struktur perkerasan yang memenuhi syarat dari Bagan Desain - 3 atau Bagan Desain lainnya yang sesuai.
7. Tentukan standar drainase bawah permukaan yang dibutuhkan
8. Tetapkan kebutuhan daya dukung tepi perkerasan

9. Tentukan kebutuhan pelapisan (sealing) bahu jalan

a. 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.

b. Bahu Tanpa Pengikat – Lapis Agregat Berbutir Kelas S

Lapis permukaan harus berupa lapis fondasi agregat kelas S, atau kerikil alam yang memenuhi ketentuan dengan Indeks Plastisitas (IP) antara 4% - 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.

c. Bahu Diperkeras

Bahu diperkeras untuk kebutuhan berikut:

1. Jika terdapat kerb (bahu harus ditutup sampai dengan garis kerb).
2. Gradien jalan lebih dari 4%.
3. Sisi yang lebih tinggi dari kurva superelevasi (superelevasi $\geq 0\%$). Dalam kasus ini, bahu pada sisi superelevasi yang lebih tinggi harus sama dengan superelevasi badan jalan.
4. Jalan dengan LHRT lebih dari 10.000 kendaraan.
5. Jalan tol dan jalan bebas hambatan

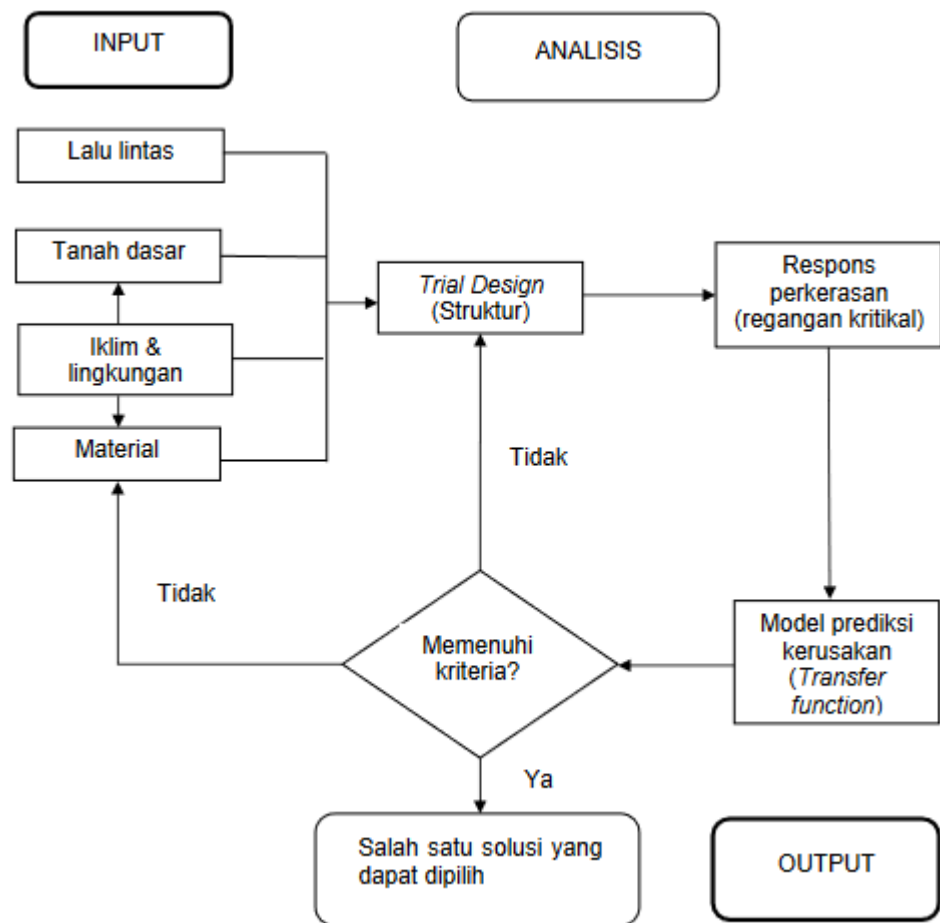
Material bahu diperkeras dapat berupa:

- a. Penetrasi makadam;
- b. Burtu / Burda;
- c. Beton aspal (AC);

- d. Beton semen;
 - e. Kombinasi bahu beton 500 mm – 600 mm atau pelat beton dengan tied shoulder, atau bahu dengan aspal
- d. Lalu Lintas untuk desain bahu

Beban lalu lintas desain pada bahu jalan tidak boleh kurang dari 10% lalu lintas lajur rencana, atau sama dengan lalu lintas yang diperkirakan akan menggunakan bahu jalan (diambil yang terbesar). Untuk bahu diperkeras dengan lapis penutup, pada umumnya, hal ini dapat dipenuhi dengan Burda atau penetrasi makadam yang dilaksanakan dengan baik.

10. Ulangi langkah 5 sampai 9 untuk setiap segmen yang seragam.



Gambar 2. 29 Prosedur desain perkerasan lentur menggunakan pendekatan mekanistik
(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan No.03/M/BM/2024)

2.10 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah suatu perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu (Ervianto, 2005).

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 dengan 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 nantiya.

Dalam merencanakan suatu proyek, adanya rencana anggaran biaya merupakan hal yang tidak dapat diabaikan. Rencana anggaran biaya disusun berdasarkan dimensi dari bangunan yang telah direncanakan secara detail, yang akan disusun secara rinci untuk mengetahui biaya pembangunan konstruksi tersebut. Rencana anggaran biaya meliputi rencana kerja dan syarat-syarat (RKS), perhitungan kuantitas pekerjaan, perhitungan sewa alat, rencana anggaran biaya (RAB), rekapitulasi biaya (Ervianto, 2002).

2.10.1 Rencana Kerja dan Syarat (RKS)

RKS atau betek adalah keterangan tertulis secara terperinci mengenai suatu pekerjaan yang mencakup segi teknis dan administratif. Uraian dalam RKS harus dibuat selengkap mungkin dengan maksud agar didalam pelaksanaan pekerjaan tidak timbul kesulitan. Kalimat dalam RKS diusahakan agar disusun sedemikian rupa, sehingga cukup jelas, terperinci, mudah dipahami dan tidak menimbulkan keraguan.

Ada 3 macam bagian RKS yaitu :

1. Syarat / peraturan umum
2. Syarat / peraturan administrasi
3. Syarat / peraturan teknis

2.10.2 Daftar Harga Satuan Bahan Dan Upah

Harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di setiap daerah berbeda-beda. Jadi dalam menghitung dan menyusun biaya suatu proyek, harus berpedoman pada harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di pasaran dan lokasi pekerjaan (Ibrahim, 1993).

Daftar satuan bahan dan upah adalah harga yang dikeluarkan oleh Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga tempat proyek berada karena tidak setiap daerah memiliki standart yang sama. Penggunaan daftar upah ini juga merupakan pedoman untuk menghitung perancangan anggaran biaya pekerjaan dan upah yang dipakai kontraktor. Adapun harga satuan dan upah adalah harga yang termasuk pajak-pajak (Ervianto, 2002).

2.10.3 Analisa Satuan Harga Pekerjaan

Harga satuan pekerjaan adalah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Harga bahan didapat dipasaran, dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan. Upah tenaga kerja didapat dilokasi, dikumpulkan, dicatat dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuanupah.

Analisa bahan suatu pekerjaan ialah menghitung banyaknya volume masing-masing bahan serta besarnya biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan tersebut (Ervianto, 2002).

2.10.4 Perhitungan Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukkan banyaknya suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga satuan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada didalam suatu proyek tersebut (Ervianto, 2002).

Volume pekerjaan adalah menghitung jumlah banyaknya volume

pekerjaan dalam satu satuan. Volume juga disebut kubikasi pekerjaan. Jadi volume pekerjaan (kubikasi) suatu pekerjaan bukanlah merupakan volume (isi sesungguhnya), melainkan jumlah volume bagian pekerjaan dalam satu kesatuan (*Ibrahim, 1993*).

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

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

2.10.5 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut (*Ervianto, 2002*).

Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda dimasing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja (*Ibrahim, 1993*).

Dalam menyusun anggaran biaya dapat dilakukan dengan dua

cara sebagai berikut:

1. Anggaran Biaya Kasar (Taksiran)

Sebagai pedoman dalam menyusun anggaran biaya kasar digunakan harga satuan tiap meter persegi (m^2) luas lantai. Anggaran biaya kasar dipakai sebagai pedoman terhadap anggaran biaya yang dihitung secara teliti.

2. Anggaran Biaya Teliti

Yang dimaksud dengan anggaran biaya teliti, ialah anggaran biaya bangunan atau proyek yang dihitung dengan teliti dan cermat, sesuai dengan ketentuan dan syarat-syarat penyusunan anggaran biaya. Pada anggaran biaya kasar sebagaimana diuraikan terdahulu, harga satuan dihitung berdasarkan harga taksiran setiap luas lantai m^2 . Taksiran tersebut haruslah berdasarkan harga yang wajar, dan tidak terlalu jauh berbeda dengan harga yang dihitung secara teliti.

2.10.6 Rekapitulasi Biaya

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikannya dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok-pokok pekerjaan beserta biayanya dan waktu pelaksanaannya (Ervianto, 2002).

Disamping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan.

2.10.7 Rencana Pelaksanaan

Manajemen proyek adalah suatu perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu. Untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi suatu perencanaan yang tepat untuk

menyelesaikan tiap-tiap pekerjaan yang ada.

Rencana kerja (*Time Schedule*) adalah pengaturan waktu rencana kerja secara terperinci terhadap suatu item pekerjaan yang berpengaruh terhadap selesainya secara keseluruhan suatu proyek konstruksi.

Adapun jenis-jenis Rencan Kerja (*Time Schedule*) adalah sebagai berikut

a. Bagan Balok (*Barchart*)

Bagan balok (*Barchart*) adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal dan kolom arah horizontal yang menunjukkan skala waktu.

Diagram barchart mempunyai hubungan yang erat dengan network planning. *Barchart* ditunjukan dengan diagram batang yang dapat menunjukan lamanya waktu pelaksanaan. Disamping itu juga dapat menunjukan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan (Ervianto, 2002).

b. Kurva S

Kurva S adalah kurva yang menggambarkan kumulatif progress pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan. Bertambah atau tidaknya persentase pembangunan konstruksi dapat dilihat pada kurva S dan dapat dibandingkan dengan keadaan dilapangan.

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 antara harga pekerjaan dengan harga total keseluruhan dari jumlah harga penawaran (Ervianto, 2002).

c. Jaringan Kerja / *Network Planning* (NWP)

Di dalam NWP dapat diketahui adanya hubungan

ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan satu dengan yang lain. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram network, sehingga kita akan dapat mengetahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan lain atau pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga orang dan alat dapat digeser ke tempat lain (Ervianto, 2002).

Network Planning adalah sebuah jadwal kegiatan pekerjaan berbentuk diagram network sehingga dapat diketahui pada area mana pekerjaan yang termasuk ke dalam lintasan kritis dan harus diutamakan pelaksanaannya. Cara membuat network planning bisa dengan cara manual atau menggunakan software komputer seperti *Ms. Project*.

Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

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

Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun NWP adalah:

1. Urutan Pekerjaan Yang Logis Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan lain dimulai, dan pekerjaan apa yang slack/kelonggaran waktu.
2. Biaya Untuk Mempercepat Pekerjaan 106 5 Ini berguna apabila pekerjaan-pekerjaan yang berdada di jalur kritis ingin

dipercepat agar seluruh proyek segera selesai, misalnya : biaya-biaya lembur, biaya menambah tenaga kerja dan sebagainya.

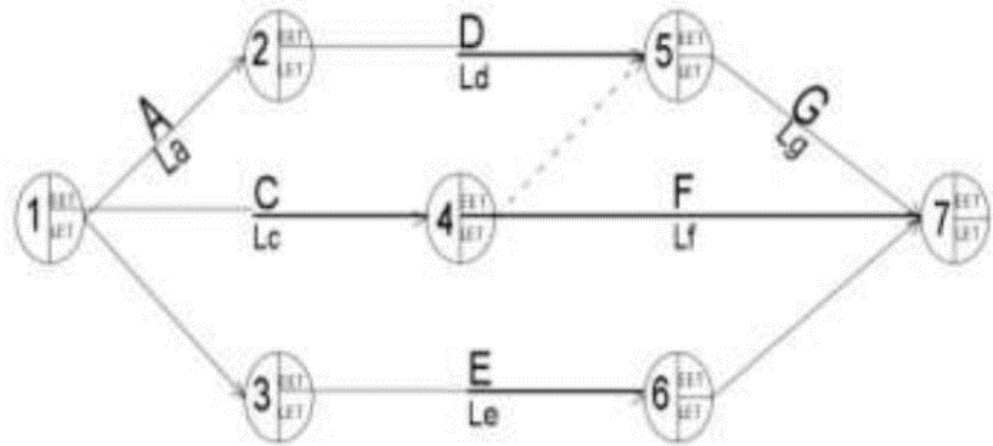
3. Jenis pekerjaan yang dibuat detail rincian item pekerjaan, contohnya jika kita akan membuat network planning pondasi batu kali maka apabila dirinci ada pekerjaan galian tanah, pasangan pondasi batu kali kemudian urugan tanah kembali.
4. Durasi waktu masing-masing pekerjaan, dapat ditentukan berdasarkan pengalaman atau menggunakan rumus analisa bangunan yang sudah ada.
5. Jumlah total waktu pelaksanaan pekerjaan.
6. Metode pelaksanaan konstruksi sehingga dapat diketahui urutan pekerjaan.

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

1. Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya duration maupun resources yang dibutuhkan.
2. Aktivitas-aktivitas apa yang mendahului dan aktivitas-aktivitas apa yang mengikuti.
3. Aktivitas-aktivitas apa yang dapat dilakukan bersama-sama.
4. Aktivitas-aktivitas itu di batasi mulai dan selesai.
5. Waktu, biaya dan *resources* yang dibutuhkan dari aktivitas-aktivitas itu kemudian mengikutinya.
6. Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan .Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Jika proyek itu baru sama sekali biasanya diberikan
7. Kepala anak panah menjadi arah pedoman dari setiap kegiatan.

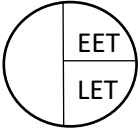
Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran NWP antara lain :

Gambar Network Planning dapat dilihat pada gambar 2.34



Gambar 2. 31 Sketsa Networking Planning
(Sumber: Gambar Pribadi 2024)

- a) $\longrightarrow$ (*Arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Simbol ini merupakan pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya yang membutuhkan jangka waktu tertentu dan juga *resources* tertentu. Anak panah menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.
- b) $\bigcirc$ (*Node / event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu kegiatan
- c) $\longrightarrow$ (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critikcal path*).
- d) $\dashrightarrow$ (*Dummy*), bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu.

- e)  1 = Nomor kejadian
 EET (*Earliest Event Time*) = waktu yang palingcepat
 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, H merupakan kegiatan, sedangkan La, Lb, Lc,
 Ld, Le, Lf, Lg, dan Lh merupakan durasi dari kegiatan tersebut.