

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Jalan

Jalan merupakan prasarana yang menghubungkan lalu lintas dari tempat satu ketempat lainnya sehingga dapat dilalui oleh manusia, hewan serta kendaraan. Yang dimana pembangunan jalan direncanakan sesuai dengan fungsi, jenis dan konstruksinya. Perkembangan jumlah kendaraan yang sangat pesat serta sistem pengaturan arus lalu lintas khususnya kendaraan bermuatan besar yang melewati jalan, maka diperlukannya peningkatan jalan guna menunjang kegiatan perekonomian daerah. Hal ini sesuai dengan Undang – Undang No. 38 Tahun 2004 tentang jalan yang menyebutkan jalan sebagai bagian prasarana transportasi mempunyai peran penting dalam bidang ekonomi, sosial budaya, lingkungan hidup, politik, pertahanan keamanan, dan dipergunakan untuk kesejahteraan rakyat. Perencanaan geometrik jalan berfungsi untuk memberikan pelayanan arus lalu lintas yang efisien, infrastruktur yang aman serta memaksimalkan ratio penggunaan biaya pelaksanaan. (Sukirman 1999 : 17)

2.3 Pengelompokan Jalan

Adapun ketentuan klasifikasi desain geometrik jalan berdasarkan PP No.34 tahun 2006 tentang jalan dan UU No.22 tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan, pengelompokan tersebut yaitu: 1) peruntukkan, 2) sistem jaringan jalan (SJJ), 3) status jalan, 4) fungsi jalan, dan 5) klasifikasi jalan yang terdiri dari spesifikasi penyediaan prasarana jalan (SPPJ) dan kelas penggunaan jalan

2.2.1 Pengelompokan Peruntukan Jalan

Berdasarkan peruntukan jalan terbagi menjadi 2 yaitu:

- a. Jalan Umum, merupakan jalan yang diperuntukkan bagi lalu lintas umum, termasuk JBH dan jalan tol, dikelola oleh pemerintah.
- b. Jalan Khusus, merupakan jalan yang tidak diperuntukkan untuk lalu lintas umum, hanya diperuntukkan bagi kepentingan dan/atau untuk manfaat langsung kepada perorangan, kelompok masyarakat tertentu, badan usaha,

atau instansi tertentu. Penyelenggaraan jalan khusus sesuai pengaturan dilaksanakan oleh bukan pemerintah, sedangkan berkaitan dengan pembinaan, pengawasan, pengusahaan, dan pengoperasiannya dapat dilakukan oleh instansi pemerintah atau pemerintah bersama-sama swasta atau swasta, perorangan, atau kelompok masyarakat tertentu. Kepemilikan jalan khusus dapat dimiliki oleh perorangan, kelompok masyarakat tertentu, badan usaha, dan atau instansi tertentu termasuk instansi pemerintah.

2.2.2 Pengelompokan Berdasarkan Status Jalan

Berdasarkan statusnya jalan umum terbagi menjadi 5 dan berdasarkan fungsi masing-masing dikelompokkan lagi menjadi:

- a. Jalan nasional adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah pusat, terdiri atas:
 - Jalan arteri primer;
 - Jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi;
 - Jalan tol; dan
 - Jalan strategis nasional.
- b. Jalan provinsi adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah provinsi, terdiri atas:
 - Jalan kolektor primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten atau kota;
 - Jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibukota kabupaten atau kota;
 - Jalan strategis provinsi; dan
 - Jalan di Daerah Khusus Ibukota Jakarta.
- c. Jalan kabupaten adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah kabupaten, terdiri atas:
 - Jalan kolektor primer yang tidak termasuk jalan nasional dan jalan provinsi;
 - Jalan lokal primer yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat desa, antar ibukota kecamatan, ibukota kecamatan dengan desa, dan antar desa;

- Jalan sekunder yang tidak termasuk jalan provinsi dan jalan sekunder dalam kota; dan
 - Jalan strategis kabupaten.
- d. Jalan kota adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah kota dan berada dalam jaringan jalan di dalam kota.
- e. Jalan desa adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah kabupaten, terdiri dari jalan lingkungan primer dan jalan lokal primer yang tidak termasuk jalan kabupaten, berada di dalam kawasan perdesaan, dan menghubungkan kawasan dan/atau antara permukiman di dalam desa

2.2.3 Pengelompokan Berdasarkan Sistem Jaringan Jalan

Sistem Jaringan Jalan (SJJ) merupakan satu kesatuan jaringan jalan yang terbagi menjadi 2 sebagai berikut;

- a. Sistem Jaringan Jalan primer
- b. Sistem Jaringan Jalan sekunder

Untuk mewujudkan efisiensi dan kesinambungan pelayanan perjalanan, maka Sistem Jaringan Jalan Primer tidak boleh terputus melayani dari origin ke destinasinya, sehingga ruas-ruas jalan dalam Sistem Jaringan Jalan primer dapat memasuki wilayah Sistem Jaringan Jalan sekunder (atau wilayah perkotaan).

Menurut PP No.34 tahun 2006, Sistem jaringan jalan berdasarkan fungsinya dijelaskan sebagai berikut

- a. Pengelompokan Berdasarkan Fungsi Pada Sistem Jaringan Jalan primer
 - Jalan arteri primer, berfungsi menghubungkan antar-PKN atau antara PKN dengan PKW, melayani angkutan utama
 - Jalan kolektor primer, berfungsi menghubungkan antara PKN dengan PKL, antar-PKW, atau antara PKW dengan PKL, melayani angkutan pengumpulan/pembagian
 - Jalan lokal primer, berfungsi menghubungkan PKN dengan PKL, PKW dengan PKLing, antar-PKL, atau PKL dengan PKLing, serta antar-PKLing, melayani angkutan setempat

- Jalan lingkungan primer, berfungsi menghubungkan antar pusat kegiatan di dalam kawasan perdesaan dan jalan di dalam lingkungan kawasan perdesaan, melayani angkutan lingkungan
- b. Pengelompokan Berdasarkan Fungsi Pada Sistem Jaringan Jalan Sekunder
- Jalan arteri sekunder, berfungsi menghubungkan kawasan primer (KP) dengan kawasan sekunder kesatu (KS1), antar-KS1, atau KS1 dengan kawasan sekunder kedua (KS2)
 - Jalan kolektor sekunder berfungsi menghubungkan antar-KS2 atau KS2 dengan kawasan sekunder ketiga (KS3)
 - Jalan lokal sekunder berfungsi menghubungkan KS1 dengan perumahan, KS2 dengan perumahan, KS3 dan seterusnya sampai ke perumahan/persil
 - Jalan lingkungan sekunder atau juga dikenal sebagai jalan permukiman di lingkungan perkotaan berfungsi menghubungkan antar persil dalam kawasan perkotaan

2.2.4 Pengelompokan Berdasarkan Kelas Jalan

Kelas Jalan dapat dikelompokkan menjadi penggunaan jalan dan kelancaran lalu lintas dan angkutan jalan dan spesifikasi penyediaan prasarana jalan yaitu:

a. Klasifikasi Jalan Berdasarkan Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan

Spesifikasi penyediaan prasarana jalan dikelompokkan berdasarkan pengendalian jalan masuk, keberadaan persimpangan sebidang, jumlah dan lebar lajur, ketersediaan median, serta pagar Rumija. Spesifikasi penyediaan prasarana jalan terbagi menjadi empat yaitu

- JBH
 - RY yaitu jalan umum untuk lalu lintas secara menerus
 - JSD adalah jalan umum dengan lalu lintas jarak sedang
 - JKC, adalah jalan umum untuk melayani lalu lintas setempat
 - Jalan lalu lintas rendah (JLR) adalah jalan umum yang belum diatur dalam peraturan yang berlaku, tetapi dirumuskan untuk melayani lalu lintas yang rendah ($LHRT_D < 2000$ SMP/hari, atau kurang lebih < 200 SMP/jam)
- b. Klasifikasi Jalan Berdasarkan Fungsi dan Intensitas Lalu Lintas

Berdasarkan fungsi dan intensitas lalu lintas untuk kepentingan pengaturan penggunaan jalan serta kelancaran kelancaran lalu lintas dan angkutan jalan (LLAJ), diklasifikasikan menjadi 4 disajikan pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Dimensi Kendaraan Berdasarkan Kelas dan Fungsi Jalan

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

*Catatan: *) dalam keadaan tertentu dapat > 8 ton*

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2021)

2.2.5 Klasifikasi Medan Jalan

Medan jalan memiliki ciri-ciri baik dari bentuk fisik unsur geometrik maupun secara operasional dari Pengguna Jalan, dan ciri-ciri tersebut saling sinergi satu dengan lainnya. Pada awal pendesainan potongan melintang topografi medan jalan mempunyai pengaruh terhadap penetapan alinemen horizontal dan vertikal jalan, serta kecepatan desain. Klasifikasi medan jalan disajikan pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Klasifikasi Medan Jalan

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

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

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2021)

2.3 Bagian – Bagian Jalan

2.3.1 Ruang Manfaat Jalan (Rumaja)

Ruang Manfaat Jalan (Rumaja) merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, tinggi, dan kedalaman tertentu, meliputi bagian badan jalan, saluran tepi jalan, dan ambang pengaman, serta Rubeja jika dibutuhkan. Rumaja dilengkapi ruang bebas dengan ukuran tinggi, dan kedalaman yaitu

- Lebar ruang bebas diukur di antara dua garis vertikal pada batas terluar ambang pengaman atas batas terluar Rumaja.
- Tinggi ruang bebas minimal 5,1 m di atas permukaan jalur lalu lintas.

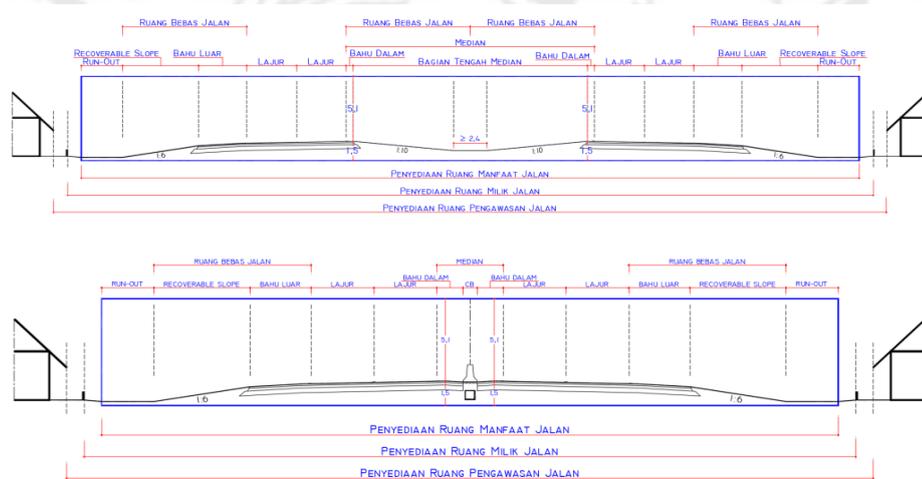
- c. Kedalaman ruang bebas minimal 1,5 m di bawah permukaan jalur lalu lintas terendah

2.3.2 Ruang Milik Jalan (Rumija)

Ruang Milik Jalan (Rumija), merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, tinggi, dan kedalaman tertentu, meliputi Rumaja dan sejalur tanah tertentu di luar Rumaja.

2.3.3 Ruang Pengawasan Jalan (Ruwasja)

Ruang Pengawasan Jalan (Ruwasja) merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar dan tinggi tertentu, meliputi ruang tertentu di luar Rumija. Ruwasja diperuntukkan bagi pandangan bebas pengemudi dan pengaman konstruksi jalan, serta pengamanan fungsi jalan. Ruwasja pada dasarnya adalah ruang lahan milik masyarakat umum yang mendapat pengawasan dari pembina jalan. Adapun bagian-bagian ruang jalan divisualisasikan pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Bagian-Bagian Ruang Jalan
Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2021)

2.4 Penampang Melintang

Penampang melintang jalan terdiri dari beberapa komponen yaitu:

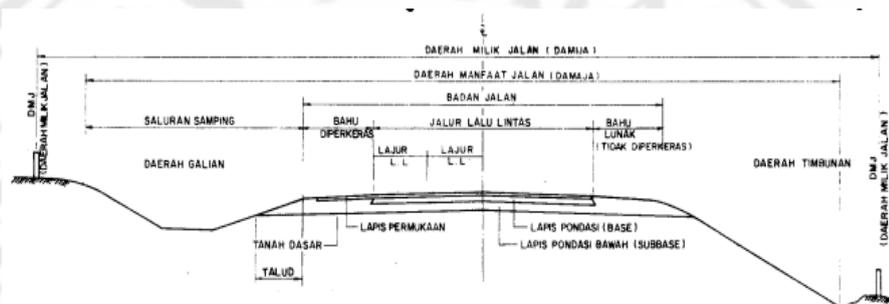
2.4.1 Jalur Lalu Lintas

Jalur lalu lintas (*travelled way = carriage way*) merupakan bagian jalan yang yang diperuntukkan untuk kendaraan melintas (Sukirman, 1999). Secara fisik, jalur lalu lintas dibatasi oleh bahu, median, trotoar, separator jalan.

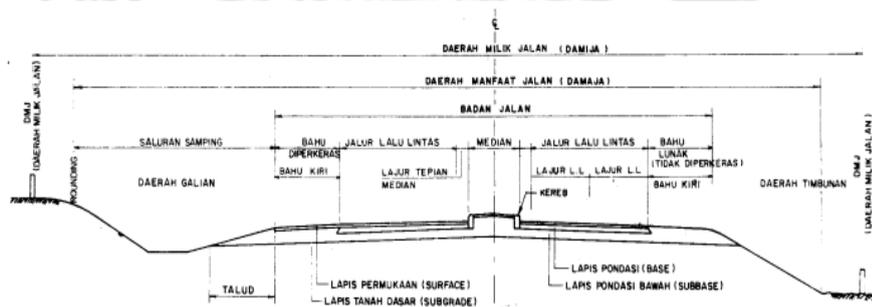
Ada beberapa tipe jalan, sebagai berikut:

1. 2/2 TB (2/2 UD): 2 lajur, 2 jalur, tak terbagi
2. 2/1 TB (2/1 UD): 2 lajur, 1 jalur, tak terbagi
3. 4/2 B (4/2 D): 4 lajur, 2 jalur, terbagi
4. n/2 B (n/2 D): n lajur, 2 jalur, terbagi

Lebar jalur minimum untuk ruas jalan antar kota yaitu 4,5 m, memungkinkan 2 kendaraan saling berpapasan dengan lebar maksimum 2,1 m. Namun jika 2 kendaraan saling berpapasan dengan lebar maksimum 2,5 m yang terjadi sewaktu-waktu dapat memanfaatkan bahu jalan. Penampang melintang jalan tanpa median dapat divisualisasikan pada Gambar 2.2 dan Penampang melintang jalan dengan median dapat divisualisasikan pada 2.3



Gambar 2.2 Penampang Melintang Jalan Tanpa Median
Sumber: Sukirman (1999)



Gambar 2.3 Penampang Melintang Jalan dengan Median
Sumber: Sukirman (1999)

2.4.2 Lajur

Menurut (Sukirman, 1999), lajur (*lane*) merupakan bagian dari jalur lalu lintas yang memiliki lebar yang cukup khusus diperuntukkan untuk dilewati oleh satu rangkaian kendaraan beroda 2 atau lebih atau lebih dalam satu arah.

2.4.3 Bahu Jalan

Menurut (Sukirman, 1999), bahu jalan (*shoulder*) merupakan bagian jalan yang terletak berdampingan dengan jalur lalu lintas. Adapun fungsi dari bahu jalan yaitu:

- a. Untuk berhenti sementara bila kendaraan bermasalah atau hanya sekedar berhenti sementara atau untuk beristirahat
- b. Untuk tempat penempatan alat-alat, dan penimbunan bahan material apabila ada pekerjaan perbaikan atau pemeliharaan jalan
- c. Untuk lintasan kendaraan-kendaraan patroli, ambulans, yang sangat dibutuhkan pada keadaan darurat seperti terjadinya kecelakaan.

2.4.4 Median

Median sangat dibutuhkan pada arus lalu lintas yang padat guna memisahkan arus lalu lintas yang berlawanan arah. Menurut (Sukirman, 1999), median merupakan jalur yang terletak ditengah jalan untuk membagi jalan dalam masing-masing arah. Adapun fungsi median sebagai berikut Secara garis besar median sebagai berikut:

- a. Menyediakan daerah netral yang cukup lebar dimana pengemudi masih dapat mengontrol kendaraannya pada saat-saat darurat
- b. Menyediakan jarak yang cukup untuk membatasi/ mengurangi kesilauan terhadap lampu besar dari kendaraan yang berlawanan arah.
- c. Menambah rasa kelegaan, kenyamanan dan keindahan bagi setiap pengemudi
- d. Mengamankan kebebasan samping dari masing-masing arah arus lalu lintas.

2.4.5 Trotoar

Trotoar merupakan bagian jalan yang terletak berdampingan dengan jalur lalu lintas yang khusus digunakan oleh pejalan kaki (*pedestrian*). Trotoar dibuat terpisah dari jalur lalu lintas untuk keamanan pejalan kaki. Perlu atau tidaknya trotoar disediakan tergantung dari volume pejalan kaki dan volume lalu lintas jalan tersebut (Sukirman, 1999).

2.4.6 Lajur Parkir

Lajur Parkir adalah ruang khusus yang berbentuk seperti lajur dapat digunakan sebagai jalur berhenti atau parkir, yang merupakan bagian dari badan jalan. Pada keadaan mendesak fasilitas parkir sejajar dengan jalur lalu lintas karena jalur lalu lintas tidak direncanakan sebagai fasilitas parkir. Namun dapat disediakan jika

- Kebutuhan atau permintaan parkir tinggi
- Fasilitas parkir diluar badan jalan tidak tersedia

2.4.7 Saluran Samping

Saluran samping berfungsi untuk mengalirkan air dari permukaan perkerasan jalan atau bahu jalan agar perkerasan jalan selalu pada keadaan kering. Bentuk saluran biasanya berupa saluran terbuka atau saluran tertutup. Kelandaian memanjang saluran disesuaikan dengan kelandaian jalan.

2.4.8 Talud/Kemiringan Lereng

Bentuk talud disesuaikan dengan lokasi dan topografi yang biasanya dipasang sebagai pengganti saluran air pada suatu segmen jalan dengan bentuk konstruksi. Bentuk talud biasanya berupa timbunan tanah, tembok penahan tanah, bronjong, lereng bertingkat.

2.4.9 Kereb

Kereb berfungsi sebagai penghalang atau pencegah kendaraan keluar dari jalur lalu lintas, pengaman terhadap pejalan kaki, mempertegas tepi perkerasan jalan dan estetika. Bentuk kerb berupa penonjolan atau peninggian pada tepi jalur lalu lintas yang merupakan bangunan pelengkap jalan.

2.4.10 Pengaman Tepian

Pengaman tepian biasanya dipasang sepanjang jalan yang menyusur jurang, pada tanah timbunan dengan tikungan tajam, pada tepi jalan dengan tinggi timbunan yang lebih tinggi dari 2,5 meter pada jalan dengan kecepatan tinggi yang berfungsi untuk memberikan ketegasan pada tepi jalan sehingga jika terjadi kecelakaan dapat mencegah kendaran keluar dari badan jalan.

2.5 Peningkatan Jalan

Peningkatan jalan merupakan kegiatan penanganan yang dilakukan guna memperbaiki pelayanan jalan yang mencakup peningkatan geometrik maupun struktural agar dapat meningkatkan kemampuan ruas-ruas jalan dari kondisi yang tidak mantap atau kritis agar sesuai dengan standar yang berlaku. Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 13/PRT/M/2011 kegiatan peningkatan jalan terdiri dari beberapa jenis pekerjaan yaitu:

- a. Pada daerah pelebaran :
 - Persiapan tanah dasar/subgrade (galian/timbunan)
 - Perataan/ leveling tanah atau perkerasan lama
 - Pelapisan permukaan perkerasan aspal
- b. Pada daerah perkerasan lama
 - Perbaiki permukaan perkerasan (lubang,retak,ambblas, dll)
 - Persiapan lapis pondasi diatas perkerasan lama (agregat, campuran aspal/ATB)
 - Pelapisan permukaan perkerasan aspal
- c. Pada daerah diluar perkerasan
 - Penambahan material bahu jalan dan pemadatan atau penyesuaian pelebaran perkerasan
 - Perbaiki drainase/saluran tepi jalan dan gorong-gorong
 - Pemotongan rumput dan pembersihan ruang milik jalan
 - Penggantian, perbaikan/pembersihan dan pengecatan rambu jalan.

2.6 Geometrik Jalan

Untuk merencanakan geometrik jalan ada beberapa hal yang harus yaitu karakteristik dari unsur kendaraan, lalu lintas dan pengendara, disamping faktor-faktor lingkungan, kenyamanan dan keamanan agar terhindar dari resiko kecelakaan. Standar perencanaan geometrik untuk ruas jalan di Indonesia biasanya menggunakan peraturan resmi yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga tentang perencanaan geometrik jalan raya.

2.6.1 Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana merupakan kendaraan yang mewakili dari kelompoknya (dimensi dan radius), dipergunakan untuk merencanakan bagian-bagian jalan. Berdasarkan Direktorat Jenderal, 1997 dikelompokkan menjadi 3 kategori kendaraan rencana sebagai berikut:

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

2.6.2 Lalu Lintas

a. Ekvivalen Mobil Penumpang (emp)

Ekivalen mobil penumpang merupakan angka satuan kendaraan dalam kapasitas jalan, sehingga mobil penumpang ditetapkan sebagai acuan yang memiliki nilai 1 (satu) smp. Untuk nilai emp kendaraan rencana pada jalan antarkota dijelaskan pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Nilai Emp Kendaraan Rencana Geometrik Jalan Antarkota

No	Jenis Kendaraan	Medan Datar/Perbukitan	Pegunungan
1	Sedan, Jeep, Station Wagon	1.0	1.0
2	Pick up, Bus Kecil, Truk Kecil	1.2 – 1.4	1.9 – 3.5
3	Bus dan Truk Besar	1.2 – 5.0	2.2 – 6.0

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

b. Volume Arus Lalu Lintas

Volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintas pada ruas jalan sebagai pertimbangan untuk menetapkan jumlah lajur beserta fasilitas lalu lintasnya, maka diperlukan estimasi arus lalu lintas yang dilayani.

Berdasarkan Direktorat Jenderal Bina Marga, 2021. Sehingga diestimasi dalam persamaan berikut:

$$LHRT_D = LHRT_{TB} \times (1 + i)^n$$

$$q_{JD} = LHRT_{TB} \times K$$

Dimana,

$LHRT_D$: volume lalu lintas harian rata-rata tahunan desain

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

- i : faktor pertumbuhan lalu lintas, gunakan nilai yang disepakati, nilai tipikal yang sering digunakan berkisar antara 5,5% s.d. 10%
- n : umur desain, tahun
- K : 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.

c. Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana merupakan kecepatan yang digunakan untuk keperluan perencanaan geometrik jalan, sehingga kendaraan dapat bergerak dengan aman dan nyaman.

2.6.3 Jarak Pandang

Jarak Pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan sesuatu untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman. Jarak Pandang dibedakan menjadi dua jenis, yaitu Jarak Pandang Henti (J_h) dan Jarak Pandang Mendahului (J_d).

a. Jarak Pandang Henti (J_h)

J_h adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan di depan. Setiap titik di sepanjang jalan harus memenuhi J_h . J_h diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dari permukaan jalan. J_h terdiri atas 2 elemen jarak, yaitu sebagai berikut:

- 1) Jarak tanggap (J_{ht}) adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.
- 2) Jarak pengereman (J_{hr}) adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

Berdasarkan Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997, J_{hr} dalam satuan meter, dapat dihitung dengan Persamaan sebagai berikut

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

$$J_h = \frac{V_R}{3,6} \times T + \frac{\left(\frac{V_R}{3,6}\right)^2}{2 g f_p}$$

Untuk jalan datar:

$$J_h = 0,694 V_R + 0,004 \frac{(V_R)^2}{f_p}$$

Untuk jalan dengan kelandaian tertentu:

$$J_h = 0,694 V_R + 0,004 \frac{(V_R)^2}{(f_p \pm L)}$$

Keterangan:

J_h = Jarak pandang henti, (m)

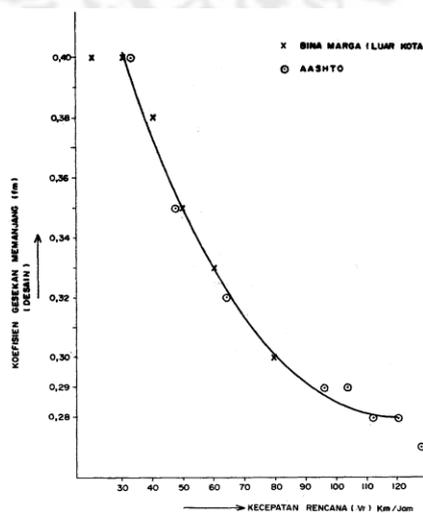
V_R = Kecepatan rencana (km/jam)

T = Waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

g = Percepatan gravitasi, ditetapkan 9,8 m/det² ,dan

f_p = Koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal, nilai f_p akan semakin kecil jika kecepatan (V_R) semakin tinggi dan sebaliknya. (Bina Marga menetapkan, nilai f_p berkisar 0,35-0,55, namun sebaliknya nilai f_p diambil dari diagram pada Gambar 2.4)

L = Landai jalan dalam (%) dibagi 100

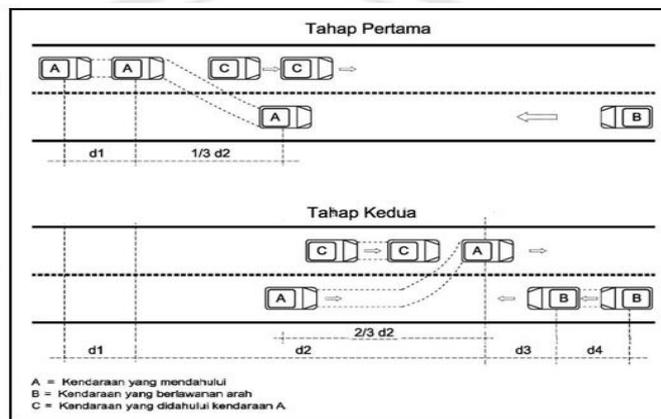


Gambar 2.4 Diagram Koefisien Gesek Memanjang Jalan (f_p)

Sumber: Sukirman (1999)

b. Jarak Pandang Mendahului

Jarak pandang mendahului (Jd) adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula. Jd diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 105 cm. Daerah mendahului harus disebar di sepanjang jalan dengan jumlah panjang minimum 30% dari panjang total ruas jalan tersebut. Penjelasan mengenai jarak pandang mendahului dapat melihat Gambar 2.5



Gambar 2.5 Maneuver Mendahului
Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

Dalam perhitungan jarak pandang mendahului, dalam satuan meter dapat ditentukan dengan

$$Jd = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

Keterangan:

d_1 = jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m),

d_2 = jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula (m),

d_3 = jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m), dan

d_4 = jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan, (m). Adapun rumusan estimasi d_1 , d_2 , d_3 , dan d_4 adalah

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

$$d_2 = 0,278 V_R T_2$$

$d_3 = \text{antara } 30 - 100 \text{ meter}$

$$d_4 = \frac{1}{2} d_2$$

dimana:

$$T_1 = \text{waktu dalam (detik)} = 2,12 + 0,026 V_R$$

$$T_2 = \text{waktu kendaraan berada di jalur lawan, (detik)} = 6,56 + 0,048 V_R$$

$$a = \text{percepatan rata-rata, (km/jam/detik)} = 2,052 + 0,0036 V_R$$

$m = \text{perbedaan kecepatan dari kendaraan yang mendahului dan kendaraan yang didahului (biasanya diambil } 10-15 \text{ km/jam)}$

c. Daerah Bebas Samping Pada Tikungan

Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang di tikungan sehingga J_h dipenuhi. Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh E (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan J_h dipenuhi. Daerah bebas samping tikungan dapat dihitung berdasarkan persamaan:

- Jika $J_h < L_t$: $E = R \times \left\{ 1 - \cos \left(\frac{90^\circ \times J_h}{\pi \times R} \right) \right\}$
- Jika $J_h > L_t$: $E = R \times \left\{ 1 - \cos \left(\frac{90^\circ \times J_h}{\pi \times R} \right) \right\} \times \frac{1}{2} J_h (J_h - L_t) \times \sin \left(\frac{90^\circ \times J_h}{\pi \times R} \right)$

Keterangan:

$R = \text{Jari - jari tikungan (m),}$

$J_h = \text{Jarak pandang henti (m), dan}$

$L_t = \text{Panjang tikungan (m).}$

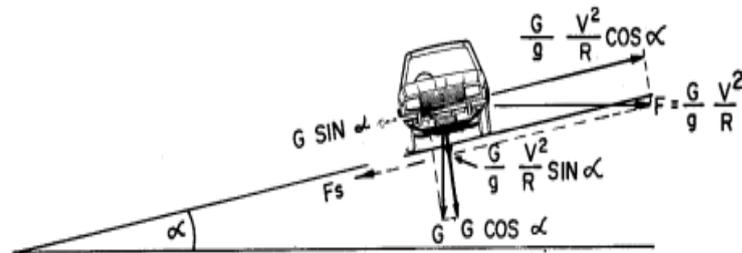
2.6.4 Alinyemen *Horizontal*

Alinyemen *horizontal* terdiri atas bagian lurus dan bagian lengkung (disebut juga tikungan). Elemen-elemen alinyemen *horizontal* terdiri dari superelevasi dan koefisien gesekan melintang, derajat lengkung, radius/jari-jari minimum (derajat lengkung maksimum), lengkung peralihan, kemiringan melintang normal

2.6.4.1 Koefisien Gesekan Melintang

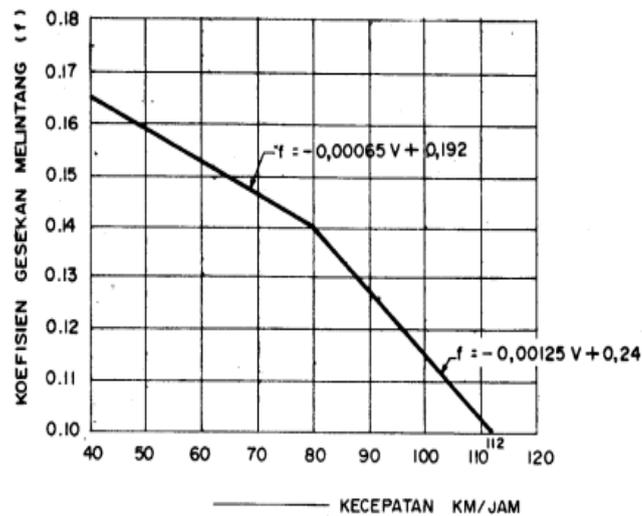
Gaya gesekan melintang (F_s) adalah besarnya gesekan yang timbul antara ban

dan permukaan jalan dalam arah melintang jalan yang berfungsi untuk mengimbangi gaya sentrifugal. Gaya-gaya yang bekerja digambarkan seperti pada Gambar 2.4.



Gambar 2.6 Gaya – Gaya Yang Bekerja Pada Penampang Lengkung Horizontal
 Sumber: Sukirman (1999)

Besarnya koefisien gesekan melintang dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis dan kondisi ban, tekanan ban, kekasaran permukaan perkerasan, kecepatan kendaraan, dan keadaan cuaca, Untuk perencanaan disarankan mempergunakan nilai koefisien gesekan melintang (F_s) maksimum seperti garis lurus pada Gambar 2.5



Gambar 2.7 Koefisien Gesekan Melintang
 Sumber: Sukirman (1999)

2.6.4.2 Jari – Jari Tikungan

Gaya-gaya yang bekerja pada permukaan jalan dalam arah melintang (terutama

pada tikungan) yaitu gaya sentrifugal F , berat kendaraan G , dan gaya gesekan antara ban dan permukaan jalan F_s . Berdasarkan Direktorat Jenderal Bina Marga, 2021. R_{min} dapat dihitung berdasarkan persamaan:

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

Sehingga didapatkan R_{min} sebagaimana dijelaskan pada Tabel 2.4 berikut:

Tabel 2.4 R_{min} Berdasarkan e_{max} dan f

V_R (Km/Jam)	Kesesatan Samping (f)	$e_{max} = 4\%^1$	$e_{max} = 6\%$	$e_{max} = 8\%$
		R_{min} (m)	R_{min} (m)	R_{min} (m)
20	0,18	15	15	10
30	0,17	35	30	30
40	0,17	60	55	50
50	0,16	100	90	80
60	0,15	150	135	125
70	0,14	215	195	175
80	0,14	280	250	230
90	0,13	375	335	305
100	0,12	490	435	395
110	0,11	-	560	500
120	0,09	-	755	665

Keterangan: Pemakaian $e_{max} = 4\%$, hanya terbatas untuk jalan pada kondisi perkotaan
Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2021)

Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pengguna jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu tidak lebih dari 2,5 menit (sesuai V_R). Panjang bagian lurus dapat diterapkan pada Tabel 2.5

Tabel 2.5 Kriteria Desain Panjang Bagian Lurus Maksimum

Penggolongan Jalan	Panjang Bagian Lurus Maksimum (m)
Jalan Perkotaan	1.000
Jalan Bebas Hambatan (JBH)	2.500
Jalan Antarkota	3.000

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2021)

2.6.4.3 Tikungan

Beberapa bentuk dari alinyemen horizontal dibedakan menjadi :

- a. *Full Circle (FC)*

Bentuk tikungan ini dipakai untuk tikungan yang menggunakan jari-jari kecil dan sudut tangen yang relatif besar.

b. *Spiral-Circle-Spiral (SCS)*

Bentuk ini dipakai untuk tikungan landai dan mempunyai R sangat besar. Tikungan jenis ini digunakan dengan syarat besarnya lengkung lingkaran di dalam perhitungan pada tikungan S-C-S lebih dari 20 meter.

c. *Spiral-Spiral (SS)*

Tikungan ini terdiri dari dua buah kurva, yaitu lingkaran dan spiral. Guna lengkung spiral adalah untuk menjaga agar gaya sentrifugal yang timbul pada waktu memasuki/meninggalkan tikungan dapat terjadi secara berangsur-angsur, tidak mendadak. Nilai $L_s = 0$, sehingga titik SC berimpit dengan titik CS dan sudut $\theta_s = \frac{1}{2} \Delta R_c$. Dengan demikian panjang lengkung spiral (L_s) yang dibutuhkan lebih besar dari L_s yang menghasilkan landai relatif minimum yang dinyatakan.

Berdasarkan Direktorat Jenderal Bina Marga, 2021 penentuan pemakaian jenis tikungan diprioritaskan dan paling ideal yang pertama adalah *full circle* karena jari-jari yang digunakan besar dan sudut tangen relatif kecil sehingga dapat memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan. Tetapi penggunaan lahan yang besar dan biaya konstruksi yang mahal. Kemudian yang kedua jenis tikungan *circle spiral circle* biasanya digunakan pada daerah perbukitan/pegunungan karena memiliki lengkung peralihan yang dapat membuat perubahan penikung tidak mendadak dan tikungan aman. Tetapi kecepatan harus konsisten dan tidak menyebabkan kemiringan tikungan yang melebihi nilai maksimum yang ditentukan. Jika tikungan jenis *full circle* dan *circle spiral circle* tidak memenuhi maka yang terakhir yaitu tikungan jenis *spiral-spiral* biasanya digunakan pada tikungan tajam sehingga tidak aman bagi pengguna jalan. Jika kondisi panjang minimum spiral tidak bisa diperoleh, maka kecepatan desain untuk desain harus dikurangi.

2.6.4.4 Lengkung Peralihan – Lengkung Spiral (L_s)

Lengkung peralihan dibuat menghindari terjadinya perubahan alinyemen secara tiba-tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran, sehingga gaya sentrifugal yang

bekerja pada kendaraan saat melintasi tikungan berubah secara bertahap. Lengkung peralihan diletakkan diantara bagian lurus (tangen) dan bagian lingkaran (*circle*) yang sebelum dan sesudah tikungan berbentuk busur lingkaran.

Berdasarkan Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997. Panjang lengkung peralihan (L_s) diambil dari nilai yang terbesar dari tiga persamaan sebagai berikut:

- a. Berdasarkan waktu tempuh maksimum, sebesar 3 detik yaitu waktu untuk melintasi lengkung peralihan maka panjang lengkung diestimasi sebagai berikut:

$$L_s = \frac{V_R}{3,6} t$$

Keterangan, t : waktu tempuh lengkung peralihan, ditetapkan 3 detik

V_R : kecepatan rencana (km/jam)

- b. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal, maka nilai L_s , ditentukan dengan menggunakan rumus Modifikasi Shortt, sebagai berikut:

$$L_s = 0,022 \frac{V_R^3}{R_c C} - 2,727 \frac{V_R e}{C}$$

Keterangan, R_c : Jari-jari busur lingkaran, (m)

C : perubahan percepatan, 1-3 m/det³ (disarankan 0,4)

e : Superelevasi

- c. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_s = \left(\frac{e_m - e_n}{3,6 \Gamma_e} \right) V_R$$

Keterangan, Γ_e : Tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan.

$V_R \leq 70$ km/jam, maka $\Gamma_{maks} = 0,035$ m/m/det

$V_R \geq 80$ km/jam, maka $\Gamma_{maks} = 0,025$ m/m/det

e_m : Superelevasi maksimum e_n : Superelevasi normal

Untuk nilai L_s dan L_c pada jalan antarkota tipe 2/2-TB) dapat ditetapkan pada Tabel 2.6 dan panjang lengkung peralihan (L_s) bisa tidak diperlukan, apabila nilai R_c cukup besar, sesuai dengan Tabel 2.7 berikut

Tabel 2.6 Panjang Lengkung Peralihan (L_s) dan Panjang Pencapaian Superelevasi (L_e) Untuk Jalan Antarkota Tipe Jalan 2 Jalur – 2 Lajur Tak terbagi

V_R (km/jam)	Superelevasi, e (%)									
	2		4		6		8		10	
	L_s	L_e	L_s	L_e	L_s	L_e	L_s	L_e	L_s	L_e
40	10	20	15	25	15	25	25	30	35	40
50	15	25	20	30	20	30	30	40	40	50
60	15	30	20	35	25	40	35	50	50	60
70	20	35	25	40	30	45	40	55	60	70
80	30	55	40	60	45	70	65	90	90	120
90	30	60	40	70	50	80	70	100	100	130
100	35	65	45	80	55	90	80	110	110	145
110	40	75	50	85	60	100	90	120	-	-
120	40	80	55	90	70	110	95	135	-	-

Sumber: Tata Cara Perencanaan Antarkota (1997)

Tabel 2.7 Jari-jari Tikungan yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

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

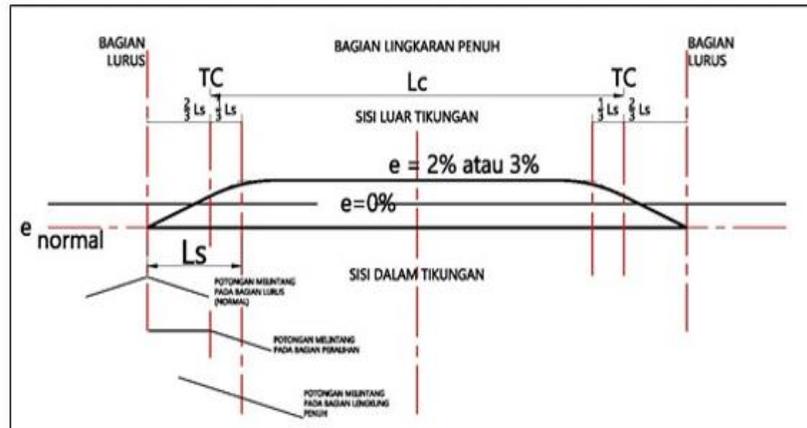
Sumber: Tata Cara Perencanaan Antarkota (1997)

2.6.4.5 Superelevasi

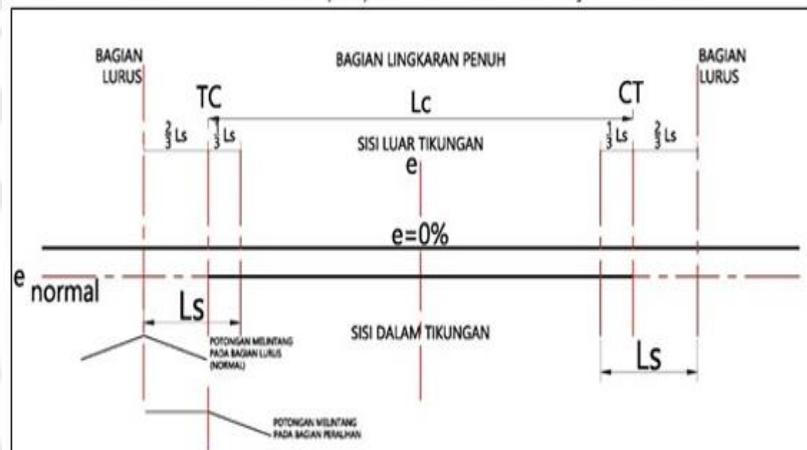
Superelevasi merupakan kemiringan melintang jalan pada lengkung horizontal yang bertujuan untuk memperoleh komponen berat kendaraan guna mengimbangi gaya sentrifugal. Semakin besar superelevasi maka semakin besar komponen berat kendaraan yang diperoleh. Biasanya superelevasi maksimum dibatasi oleh cuaca, medan, lingkungan, perkotaan atau luar kota dan jenis kendaraan dari arus lalu lintas.

Pada visualisasi bentuk diagram dapat menentukan penampang melintang pada setiap titik lengkung horizontal yang akan direncanakan. Diagram superelevasi digambarkan berdasarkan elevasi sumbu jalan sebagai garis nol. Diagram pada tipe jalan dibedakan berdasarkan jenis tikungan. Tikungan jenis *full circle* disajikan pada Gambar 2.8, jenis *Spiral-Circle-Spiral* pada Gambar 2.9 dan jenis *Spiral-Spiral* pada Gambar 2.10 berikut

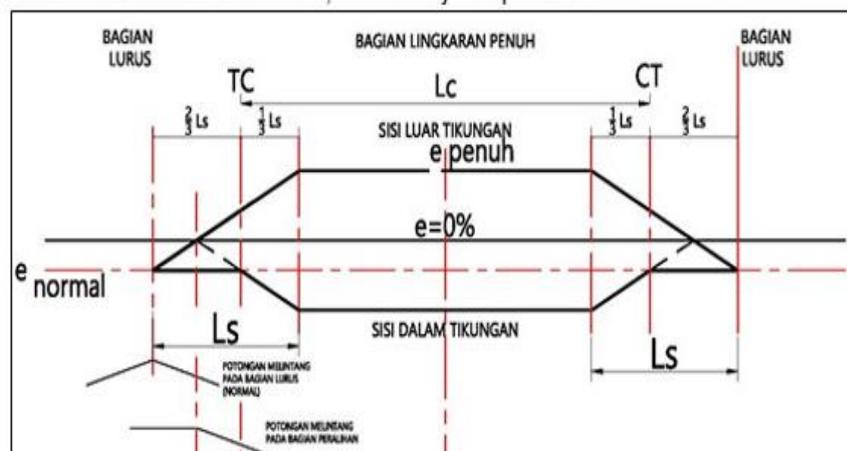
Jika $e > 1\%$ dan $< +2\%$ atau $+3\%$ (RC) nilai e dibulatkan menjadi $+2\%$ atau $+3\%$



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

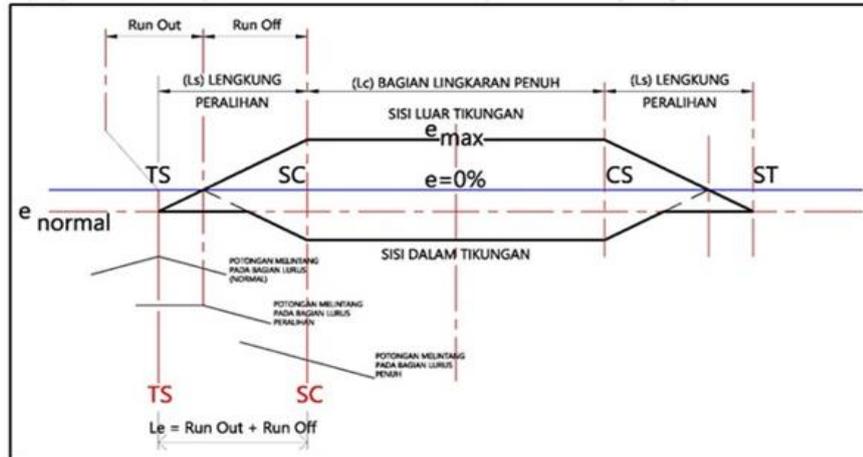


Jika $e > e_{\text{normal}}$ dan $< e_{\text{max}}$, jika nilai e menjadi e_{penuh}

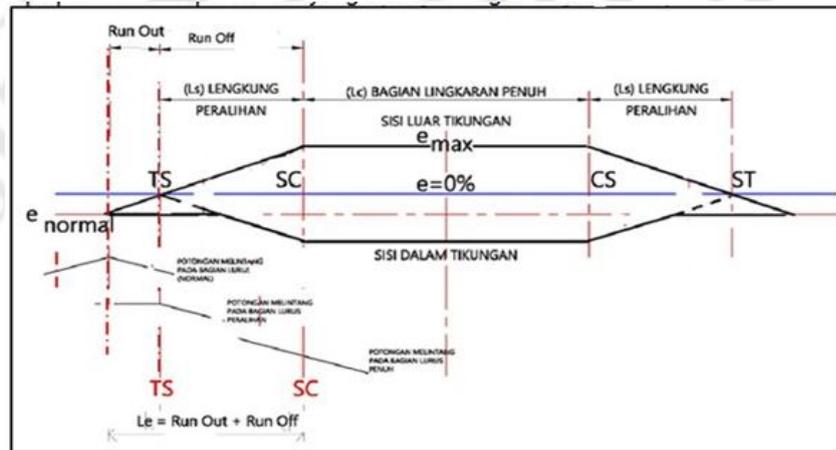


Gambar 2.8 Diagram Superelevasi Full-Circle
Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2021)

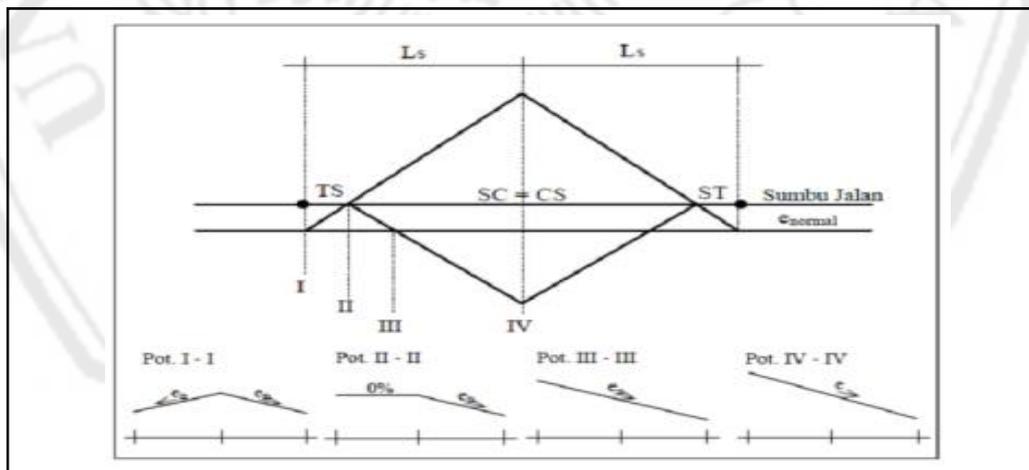
Tipe perubahan superelevasi berada seluruhnya dalam lengkung peralihan



Tipe perubahan superelevasi yang diawali di bagian lurus



Gambar 2.9 Diagram Superelevasi *Spiral-Circle-Spiral*
Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2021)



Gambar 2.10 Diagram Superelevasi *Spiral-Spiral*
Sumber: Tata Cara Perencanaan Antarkota (1997)

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. Kemiringan dengan masing-masing kecepatan/radius disajikan pada Tabel 2.8

Tabel 2.8 Radius Minimum Tikungan Dengan Kemiringan Melintang Jalan Normal

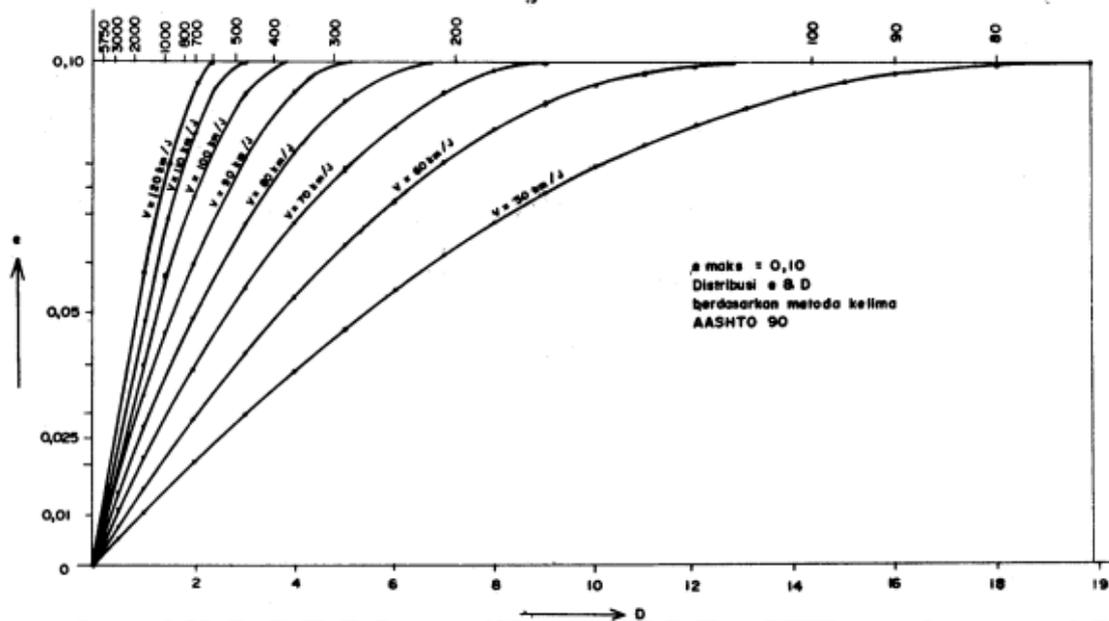
V _R (Km/Jam)	Lereng Normal (F-C)			Kemiringan Melintang Jalan <i>Adverse</i> 3%
	e _{max} = 4%	e _{max} = 6%	e _{max} = 8%	
	R _{min} (m)	R _{min} (m)	R _{min} (m)	R _{min} (m)
20	163	194	184	-
30	371	421	443	-
40	679	738	784	80
50	951	1050	1090	130
60	1310	1440	1490	200
70	1740	1910	1970	300
80	2170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

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2021)

Adapun ketentuan dalam pencapaian superelevasi yaitu:

- Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan normal pada bagian jalan lurus sampai ke kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.
- Pada tikungan SCS, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier dari bentuk normal pada awal lengkung peralihan (TS), pada akhir superelevasi lengkung peralihan (SC).
- Pada tikungan FC, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali bagian lurus ($\frac{1}{2}L_s$) sampai bagian lingkaran penuh ($\frac{1}{3}L_s$)
- Pada tikungan S, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian lengkung spiral.

Untuk nilai superelevasi (e), panjang lengkung peralihan (Ls), kecepatan rencana (VR), derajat kelengkungan (D), dan jari-jari lengkung (Rc) dapat dilihat pada lampiran. Untuk Nilai e berbagai radius atau derajat lengkung pada beberapa kecepatan rencana dengan superelevasi maksimum 10% Dapat menggunakan grafik pada Gambar 2.11



Gambar 2.11 Grafik Nilai e Untuk berbagai Radius atau Derajat Lengkung Pada Beberapa Kecepatan Rencana Dengan Superelevasi Maksimum = 10%
Sumber: Sukirman (1999)

➤ Sudut Luar dan Jarak Antar Titik

Cara mendapatkan sudut luar berdasarkan titik-titik koordinat yang membentuk garis lurus dan menghasilkan perpotongan antara keduanya. Berikut merupakan konsep secara matematis

a. Sudut luar Lengkung

$$\sin \alpha = \frac{a}{b} \quad \cos \alpha = \frac{c}{b}$$

$$\sin \alpha = \frac{a}{c} \quad \tan \alpha = \frac{c}{a}$$

$$\alpha = \arctan \left(\frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1} \right) \quad \Delta = \alpha_2 - \alpha_1$$

b. Jarak Antar Titik

$$d_{1-2} = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2$$

$$d_{1-2} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

➤ Perencanaan Tikungan

a. Lingkaran Penuh (*Full-Circle*)

PI = Titik perpotongan dua garis lurus (tangen)

V_R = Kecepatan rencana (km/jam)

Δ_C = Sudut luar di PI (sudut pusat lingkaran di O), sehingga persamaan

$$\Delta_C = \alpha_2 - \alpha_1$$

R_C = Jari-jari tikungan (lingkaran)

T_C = Panjang tangen = Jarak titik TC-PI = PI – titik CT

$$T_C = R_C \tan \frac{1}{2} \Delta_C$$

E_C = Jarak dari PI ke busur lingkaran

$$E_C = T_C \tan \frac{1}{4} \Delta_C$$

L_C = Panjang busur lingkaran

$$L_C = \frac{\Delta 2\pi R_C}{360^\circ}$$

b. *Spiral – Circle – Spiral*

PI = Titik perpotongan dua garis lurus (tangen)

V_R = Kecepatan rencana (km/jam)

Δ = Kecepatan rencana di PI : $\Delta = \Delta_C + 2\theta_s$

R_C = Jari-jari tikungan (lingkaran)

L_S = Panjang lengkung peralihan (Jarak titik TS – SC atau CS – ST)

θ_s = Sudut lengkung spiral ($^\circ$)

$$\theta_s = \frac{90}{\pi} \frac{L_S}{R_C}$$

L_C = Panjang busur lingkaran (jarak SC – CS)

$$L_C = \left(\frac{\Delta - 2\theta_s}{180} \right) \pi R_C$$

Jika $L_C < 25$ m, maka lengkung yang dipakai adalah SS

L_{TOT} = Panjang lengkung total (jarak titik TS-SC-CS-ST)

$$L_{TOT} = L_C + 2 L_S$$

p = Pergeseran tangen terhadap *spiral*

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

k disebut juga sebagai absis dari p pada garis tangen spiral, persamaannya sebagai berikut:

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

T_s = panjang tangen = jarak titik TS-PI = PI-ST

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

E_s = Jarak dari PI ke busur lingkaran

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

c. *Spiral-Spiral*

PI = (*point intersection*) titik perpotongan dua garis lurus (tangen)

V_R = Kecepatan rencana (km/jam)

Δ = kecepatan rencana di PI

θ_s = Sudut lengkung spiral ($^\circ$)

$$\theta_s = \frac{1}{2} \Delta$$

R_c = Jari-jari tikungan (lingkaran)

L_s = Panjang lengkung peralihan (Jarak titik TS – SS atau SS – ST) diambil dari persamaan berikut:

$$L_s \text{ min} = m(e + e_n) B$$

dimana,

$\frac{1}{m}$ = landai realtif

e = nilai superelevasi pada RC yang telah ditentukan

e_n = nilai superelevasi normal (perkerasan aspal beton, $e_n = 2-3\%$)

B = Lebar lajur rencana jalan

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

Berdasarkan waktu tempuh maksimum 3 detik menggunakan persamaan

$$L_s = V_R \cdot 3 \text{ detik}$$

Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal menggunakan persamaan

$$L_S = 0,022 \frac{V_R^3}{R_C C} - 2,727 \frac{V_R e}{C}$$

L_{TOT} = Panjang lengkung total (jarak titik TS-SS-ST) $\rightarrow L_{TOT} = L_C + 2 L_S$

p = Pergeseran tangen terhadap spiral

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

k disebut juga sebagai absis dari p pada garis tangen spiral, persamaannya sebagai berikut:

$$k = L_S - \frac{L_S^3}{40 R_C^2} - R_C \sin \theta_s$$

T_S = panjang tangen = jarak TS-PI = PI-ST

$$T_S = (R_C + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k$$

E_S = Jarak dari PI ke busur lingkaran

$$E_S = (R_C + p) \sec \frac{1}{2} \Delta - R_C$$

d. Tikungan Gabungan

Tikungan gabungan dibagi menjadi dua macam, yaitu:

- Tikungan gabungan searah, yaitu gabungan dua atau lebih tikungan dengan arah putaran yang sama tetapi dengan jari jari yang berbeda. Penjelasan mengenai tikungan gabungan searah.
- Tikungan gabungan balik arah, yaitu gabungan dua tikungan dengan arah putaran yang berbeda. Untuk lebih jelasnya dapat melihat Penggunaan tikungan gabungan tergantung perbandingan jari - jari (R_1) dan jari - jari (R_2) pada persamaan sebagai berikut :

$$\frac{R_1}{R_2} > \frac{2}{3}$$

Tikungan gabungan searah harus dihindarkan :

$$\frac{R_1}{R_2} < \frac{2}{3}$$

Tikungan gabungan harus dilengkapi bagian lurus sepanjang paling tidak 20 meter. Setiap tikungan gabungan balik arah harus dilengkapi dengan bagian lurus di antara kedua tikungan tersebut sepanjang paling tidak 30 m.

Kelandaian relatif maksimum disajikan pada Tabel 2.9 berikut

Tabel 2.9 Kelandaian Relatif Maksimum

V_D (Km/Jam)	Kelandaian Relatif Maksimum (%)	Kelandaian Relatif Ekivalen Maksimum (%)
20	0,18	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: Direktorat Jenderal Bina Marga (2021)

2.6.5 Alinyemen Vertikal

Alinyemen *vertikal* terdiri atas bagian landai vertikal dan bagian lengkung vertikal. Ditinjau dari titik awal perencanaan, bagian landai vertikal dapat berupa landai positif (tanjakan), atau landai negatif (turunan), atau landai nol (datar). Bagian lengkung vertikal dapat berupa lengkung cekung atau lengkung cembung.

2.6.5.1 Kelandaian Vertikal

a. Kelandaian Minimum

Kelandaian minimum menggunakan kerb pada tepi perkerasannya, yang dimana akan dibuat kelandaian minimum 0,5% untuk keperluan kemiringan saluran samping, karena kemiringan melintang jalan dengan kerb hanya cukup untuk mengalirkan air ke samping.

b. Kelandaian maksimum

dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan

penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah. Kelandaian maksimum untuk berbagai kecepatan rencana (V_R) disajikan pada Tabel 2.10

Tabel 2.10 Kelandaian Maksimum

Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan (SPPJ)	Kelandaian Maksimum (%)		
	Datar	Bukit	Gunung
Jalan Bebas Hambatan (JBH)	4	5	6
Jalan Raya (JRY)	5	6	10
Jalan Sedang (JSD)	6	7	10
Jalan Kecil (JKC)	6	8	12

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2021)

c. Panjang Kritis Suatu Kelandaian

Panjang kritis yaitu panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian sehingga penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh V_R . Lama perjalanan tersebut ditetapkan tidak lebih dari satu menit. Panjang kritis dapat diterapkan dari Tabel 2.11 berikut

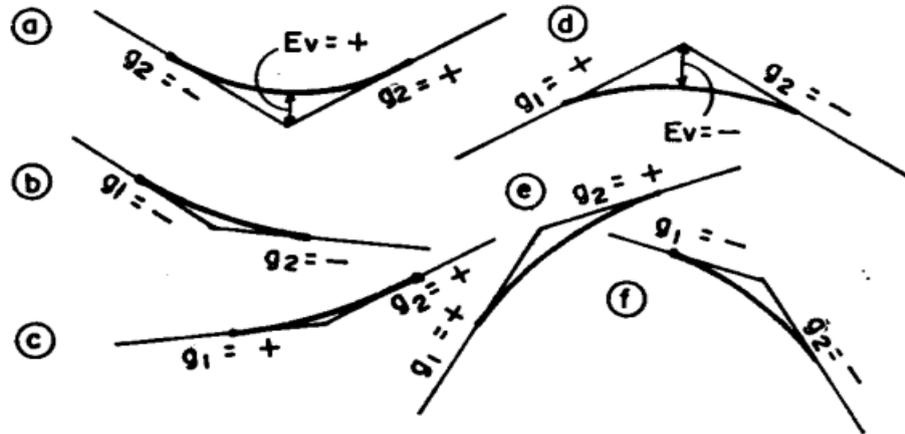
Tabel 2.11 Ketetapan Panjang Kritis

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

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2021)

2.6.5.2 Lengkung Vertikal

Lengkung *vertikal* harus disediakan pada setiap lokasi yang mengalami perubahan kelandaian dengan tujuan mengurangi guncangan akibat perubahan kelandaian dan menyediakan jarak pandang henti. Lengkung vertikal terbagi menjadi dua jenis yaitu lengkung vertikal cembung dan cekung. Lengkung vertikal dapat terbentuk dari enam jenis yang divisualisasikan pada Gambar 2.12



Gambar 2.12 Jenis Lengkung Vertikal Berdasarkan Titik Perpotongan Kedua Tangen
Sumber: Sukirman (1999)

a. Lengkung Vertikal Cembung

Lengkung yang di mana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan yang bersangkutan

Formulasi yang digunakan untuk menentukan panjang lengkung vertikal cembung meliputi:

$$A = |g_2 - g_1|$$

Nilai g_1 dan g_2 diperoleh dari selisih beda tinggi titik 1 dengan PVI dan PVI dengan titik 2, dibagi masing-masing jarak antara kedua titik tersebut, Sehingga didapatkan

$$g_1 = \frac{PVI - Z_1}{d_{(1-PVI)}} \quad g_2 = \frac{Z_1 - PVI}{d_{(PVI-2)}}$$

Panjang lengkung vertikal cembung digunakan berdasarkan beberapa pertimbangan sebagai berikut:

- Panjang lengkung vertikal cembung berdasarkan jarak pandang henti (J_h)

$$J_H < L_V, L_V = \frac{A \times J_H^2}{100 (\sqrt{2 \cdot h_1} + \sqrt{2 \cdot h_2})^2}$$

$$J_H > L_V, L_V = 2J_H - \frac{100 (\sqrt{2 \cdot h_1} + \sqrt{2 \cdot h_2})^2}{A}$$

- Panjang lengkung vertikal cembung berdasarkan jarak pandang mendahului (J_d)

$$J_d < L_v, L_v = \frac{A \times J_H^2}{100 (\sqrt{2 \cdot h_1} + \sqrt{2 \cdot h_2})^2}$$

$$J_d > L_v, L_v = 2J_d - \frac{100 (\sqrt{2 \cdot h_1} + \sqrt{2 \cdot h_2})^2}{A}$$

- Berdasarkan kenyamanan perjalanan : $L_v = 50 \times A$
- Berdasarkan kenyamanan perjalanan : $L_v = 3 \text{ detik} \times V_R$

Panjang lengkung vertikal (L_v) yang dipakai yaitu nilai terbesar dari hasil perhitungan menggunakan persamaan diatas. Selanjut dipilih nilai L_v untuk mengestimasi besar pergeseran vertikal dari PVI ke bagian lengkung (E_v), digunakan persamaan:

$$E_v = \frac{A \times L_v}{800}$$

b. Lengkung Vertikal Cekung

Lengkung vertikal cekung merupakan lengkung yang titik perpotongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan. Adapun persamaan untuk menentukan panjang lengkung vertikal cekung yaitu:

$$A = |g_2 - g_1|$$

Nilai g_1 dan g_2 diperoleh dari selisih beda tinggi titik 1 dengan PVI dan PVI dengan titik 2, dibagi masing-masing jarak antara kedua titik tersebut, Sehingga didapatkan

$$g_1 = \frac{PVI - Z_1}{d_{(1-PVI)}} \quad g_2 = \frac{Z_1 - PVI}{d_{(PVI-2)}}$$

Panjang lengkung vertikal cekung digunakan berdasarkan beberapa pertimbangan sebagai berikut:

- Berdasarkan jarak sinar lampu besar kendaraan,

$$J_H < L_v, L_v = \frac{A \times J_H^2}{120 + 3,5 J_H}$$

$$J_H > L_v, L_v = 2J_H - \frac{120 + 3,5 J_H}{A}$$

- Berdasarkan kenyamanan perjalanan : $L_v = 3 \text{ detik} \times V_R$
- Berdasarkan kenyamanan drainase : $L_v = 50 \times A$

- Berdasarkan penampilan/keluwesannya bentuk,

$$J_H < L_V, L_V = \frac{A \times J_H^2}{3480}$$

$$J_d > L_V, L_V = 2J_H - \frac{3480}{A}$$

Panjang lengkung vertikal (L_V) yang dipakai yaitu nilai terbesar dari hasil perhitungan menggunakan persamaan diatas. Selanjut dipilih nilai L_V untuk mengestimasi besar pergeseran vertikal dari PVI ke bagian lengkung (E_V), digunakan persamaan:

$$E_V = \frac{A \times L_V}{800}$$

Nilai h_1 dan h_2 yang digunakan biasanya menggunakan nilai jarak pandang henti (J_h) dan jarak pandang mendahului (JPM) berdasarkan Bina Marga yang disajikan pada Tabel 2.12

Tabel 2.12 Nilai C untuk beberapa h_1 dan h_2

	Bina Marga 1997	
	J_h	JPM
Tinggi mata pengemudi (h_1), m	1,20	1,20
Tinggi objek (h_2), m	0,10	1,20
Konstanta C	399	960

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

2.7 Perkerasan Jalan

Menurut (Sukirman, 1999 : 4), perkerasan jalan merupakan suatu lapisan agregat yang dipadatkan dengan lapisan pengikat diatas lapisan tanah dasar pada jalur lalu lintas. Berdasarkan bahan pengikatnya, Konstruksi perkerasan jalan dibedakan menjadi:

- a. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*)

Perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya, yang mempunyai sifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.

- b. Konstruksi perkerasan kaku (*Rigid pavement*)

Perkerasan yang menggunakan semen Portland sebagai bahan pengikatnya, yang biasanya menggunakan plat beton dengan ataupun tanpa tulangan.

c. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*)

Perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau sebaliknya.

2.7.1 Karakteristik Perkerasan

Karakteristik perkerasan merupakan sifat khusus perkerasan yang dapat menentukan baik buruknya kualitas dari perkerasan. Karakteristik perkerasan yang baik adalah perkerasan yang dapat memberikan pelayanan terhadap lalu lintas yang direncanakan, baik berupa kekuatannya, keawetan, dan kenyamanannya. Karakteristik tidak terlepas dari kualitas bahan penyusunnya, terutama pada saat proses pembuatan.

Karakteristik yang harus dimiliki oleh perkerasan lentur adalah sebagai berikut (Sukirman, 1999: 5):

a. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan lapisan perkerasan jalan dalam menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap atau kerusakan permanen, seperti: bergelombang, alur, bleeding, retak, pecah, dan bolong. Stabilitas terjadi dari hasil geseran antar butir, penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal.

b. Durabilitas

Durabilitas adalah kemampuan aspal mempertahankan sifat asalnya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan. Sifat ini merupakan sifat dari campuran aspal, jadi tergantung dari sifat agregat, campuran dengan aspal, faktor pelaksanaan dan lain sebagainya.

c. Fleksibilitas

Kelenturan Fleksibilitas adalah kemampuan bahan lapisan perkerasan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume.

d. Tahanan geser (*Skid Resistance*)

Tahanan geser adalah kemampuan perkerasan aspal memberikan permukaan yang cukup kesat sehingga kendaraan yang melaluinya tidak mengalami slip atau pergeseran ban saat melaju, baik di waktu jalan basah maupun kering.

Tahanan geser dinyatakan dengan koefisien gesek antara permukaan jalan dengan roda kendaraan.

e. Kedap air

Kedap air adalah kemampuan bahan perkerasan untuk tidak dapat dengan mudah dilalui oleh air atau udara. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan (oksidasi) campuran beton aspal dan pengelupasan selimut aspal (film) dari permukaan agregat.

f. Kemudahan dalam pekerjaan (*Workability*)

Kemudahan pelaksanaan adalah sifat mudahnya bahan lapis perkerasan untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan.

g. Ketahanan leleh (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (rutting) dan retak.

2.7.2 Umur Rencana

Umur rencana merupakan jumlah waktu bersatuan tahun dibutuhkan jalan untuk melayani kegiatan transportasi, perhitungan umur rencana dimulai sejak jalan tersebut digunakan sampai dengan diperlukannya perbaikan dan lapis permukaan yang baru. Selama umur rencana diharapkan tidak ada pekerjaan perbaikan jalan dengan kerusakan berat. Secara umum umur rencana yang digunakan yaitu 10 dan 20 tahun adalah peningkatan jalan. Perencanaan rencana perkerasan lentur lebih dari 20 tahun dinilai kurang ekonomis, karena dipengaruhi pertumbuhan lalu lintas yang semakin bertambah sehingga sukar diprediksi.

2.7.3 Lalu Lintas dan Komponen Perencanaan Perkerasan Lentur

- a. Lalu lintas harian rata-rata (LHR) setiap jenis kendaraan ditentukan pada awal umur rencana, dihitung untuk dua arah pada jalan tanpa median atau masing-masing arah pada jalan dengan median.

Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung LHR rencana yaitu:

$$LHR (1 + i)^n$$

Keterangan: n = umur rencana

i = perkembangan lalu lintas

b. Lintas Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Angka Ekuivalen (E) masing – masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) ditentukan berdasarkan Tabel 2.13 berikut:

Tabel 2.13 Angka Ekuivalen (E)

Beban Sumbu		Angka Ekuivalen	
Kg	Lb	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda
1.000	2.205	0,0002	-
2.000	4.409	0,0036	0,0003
3.000	6.614	0,0183	0,0016
4.000	8.818	0,0577	0,0050
5.000	11.023	0,1410	0,0121
6.000	13.228	0,2923	0,0251
7.000	15.432	0,5415	0,0466
8.000	17.637	0,9328	0,0794
9.000	19.841	1,4798	0,1273
10.000	22.064	2,2555	0,1940
11.000	24.251	3,3022	0,2840
12.000	26.455	4,6770	0,4022
13.000	28.660	6,4419	0,5540
14.000	30.864	8,6447	0,7452
15.000	33.069	14,7815	1,2712

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (1987)

- Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP) dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \times C_j \times E_j$$

- Lintas Ekuivalen Akhir (LEA) dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1 + i)^{UR} \times C_j \times E_j$$

Keterangan: j = jenis kendaraan

i = perkembangan lalu lintas

- Lintas Ekuivalen Tengah (LET) dihitung dengan rumus sebagai berikut:

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

- Lintas Ekuivalen Rencana (LER) dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$LER = LET \times FP$$

Keterangan: Faktor Rumus (FP) ditentukan dengan rumus $Fp = UR/10$

- Jumlah Jalur dan Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Jumlah rencana yaitu jalur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya, yang menampung lalu lintas terbesar. Jumlah jalur ditentukan dari lebar perkerasan dapat dilihat dari Tabel 2.14 berikut:

Tabel 2.14 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasan	Jumlah Jalur
$L < 5,50 \text{ m}$	1 Jalur
$5,50 \text{ m} \leq L < 8,25 \text{ m}$	2 Jalur
$8,25 \text{ m} \leq L < 11,25 \text{ m}$	3 Jalur
$11,25 \text{ m} \leq L < 15,00 \text{ m}$	4 Jalur
$15,00 \text{ m} \leq L < 18,75 \text{ m}$	5 Jalur
$18,75 \text{ m} \leq L < 22,00 \text{ m}$	6 Jalur

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (1987)

Koefisien distribusi (C) untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada jalur rencana ditentukan pada Tabel 2.15 berikut

Tabel 2.15 Koefisien Distribusi (C)

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan Berat Total < 5 T		Kendaraan Berat Berat Total ≥ 5 T	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1	1,00	1,00	1,00	1,000
2	0,60	0,50	0,70	0,500
3	0,40	0,40	0,50	0,475
4	-	0,30	-	0,450
5	-	0,25	-	0,425
6	-	0,20	-	0,400

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (1987)

c. *California Bearing Ratio* (CBR) dan Daya Dukung Tanah (DDT)

CBR atau *California Bearing Ratio* merupakan suatu metode pengujian untuk mengetahui perbandingan antara beban penetrasi suatu lapisan tanah atau perkerasan terhadap bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Nilai CBR bisa berupa nilai CBR lapangan dan CBR laboratorium. Ada dua cara untuk menentukan CBR yaitu :

- Perhitungan secara grafik
- Perhitungan secara analitis atau teoritis

$$\text{CBR Segmen} = \text{CBR rata-rata} - \frac{\text{CBR} - \text{CBR min}}{R}$$

Nilai R berdasarkan dari jumlah data disajikan pada Tabel 2.16

Tabel 2.16 Nilai R Untuk Perhitungan CBR segmen

Jumlah Titik Pengamatan	Nilai R
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	2,67
7	2,83
8	2,96
9	3,08
> 10	3,18

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga (1987)

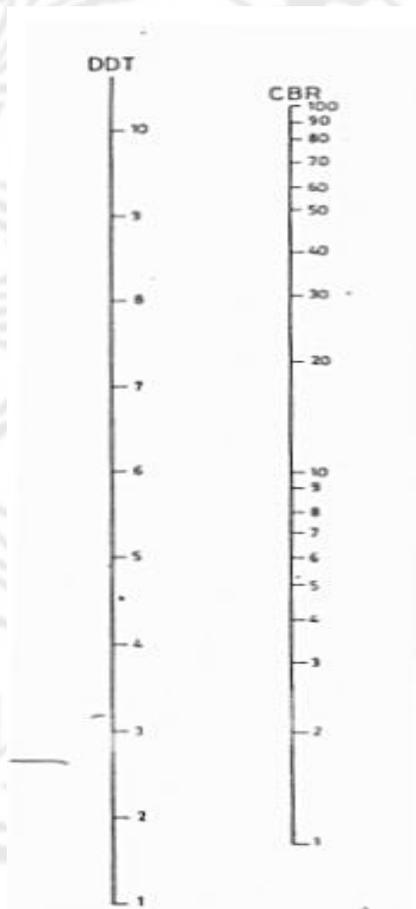
Pada perencanaan perkerasan jalan ditentukan berdasarkan nilai CBR tanah dasar, maka dari itu nilai CBR harus memenuhi persyaratan nilai tertentu. Nilai CBR dikelompokkan berdasarkan beberapa klasifikasi yang disajikan pada Tabel 2.17 berikut:

Tabel 2.17 Klasifikasi Nilai CBR

No	Klasifikasi	Jenis Jalan	CBR (%)
1	Sangat Baik	a. Sirtu b. Kerikil atau Pasir	25-60 25-60
2	Baik	a. Pasir Kasar b. Pasir Halus	10-30 6-26
3	Sedang	Lanau dan Lempung	4-15
4	Jelek	Lempung Organik	3-8
5	Sangat Jelek	Humus/tanah organik	<3

Sumber: Soedarsono (1985)

Daya Dukung Tanah mempengaruhi ketahanan terhadap bangunan pada perencanaan yang akan dilaksanakan. Daya dukung tanah dasar (DDT) ditetapkan berdasarkan grafik korelasi DDT dan CBR. Hubungan antara nilai CBR dengan garis mendatar kesebelah kiri didapatkan nilai DDT. Grafik korelasi disajikan pada Gambar 2.13



Gambar 2.13 Grafik Hubungan Nilai CBR dan DDT
 Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (1987)

d. Faktor Regional (FR)

Dalam menentukan tebal perkerasan, faktor regional hanya dipengaruhi oleh bentuk alinyemen (kelandaian dan tikungan), persentase kendaraan berat dapat ditentukan dengan persamaan berikut dan serta iklim (curah hujan) disajikan pada Tabel 2.18

$$\% \text{ Kendaraan Berat} = \frac{\text{Jumlah Kendaraan Berat}}{\text{Jumlah Semua Kendaraan}} \times 100\%$$

Tabel 2.18 Persentase Kendaraan Berat dan Yang Berhenti Saat Iklim

	Kelandaian I (< 6%)		Kelandaian II (6 – 10%)		Kelandaian III (>10%)	
	% Kendaraan berat		% Kendaraan berat		% Kendaraan berat	
	≤ 30%	> 30%	≤ 30%	> 30%	≤ 30%	> 30%
Iklim I < 900 mm/th	0,5	1,0– 1,5	1,0	1,5– 2,0	1,5	2,0-2,5
Iklim II > 900 mm/th	1,5	2,0– 2,5	2,0	2,5-3,0	2,5	3,0-3,5

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (1987)

e. Indeks Permukaan (IP)

Indeks permukaan merupakan nilai dari kerataan/kehalusan serta kekokohan permukaan yang berkaitan dengan tingkat pelayanan lalu lintas yang lewat.

Adapun beberapa nilai IP beserta artinya yaitu:

IP = 1,0 artinya permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu lintas

IP = 1,5 artinya tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus)

IP = 2,0 artinya tingkat pelayanan rendah bagi jalan yang masih mantap

IP = 2,5 artinya permukaan jalan cukup stabil dan baik

IP > 2,5 artinya permukaan jalan stabil dan baik

Untuk menentukan indeks permukaan umur rencana nilai IP_0 disajikan pada Tabel 2.19 dan I_{pt} disajikan pada Tabel 2.20 berikut

Tabel 2.19 Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IP₀)

Jenis Lapisan Perkerasan	IP ₀	Roughness* (mm/km)
Laston	≥ 4	≤ 1000
	3,9 – 3,5	> 1000
Lasbutag	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
HRA	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
Burda	3,9 – 3,5	< 2000
Burtu	3,4 – 3,0	< 2000
Lapen	3,4 – 3,0	≤ 3000
	2,9 – 2,5	> 2000
Lastabum	2,9 – 2,5	-
Buras	2,9 – 2,5	-
Latasir	2,9 – 2,5	-
Jalan Tanah	≤ 2,4	-
Jalan Kerikil	≤ 2,4	-

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (1987)

Tabel 2.20 Indeks Permukaan Pada Akhir Tahun Rencana (IPT)

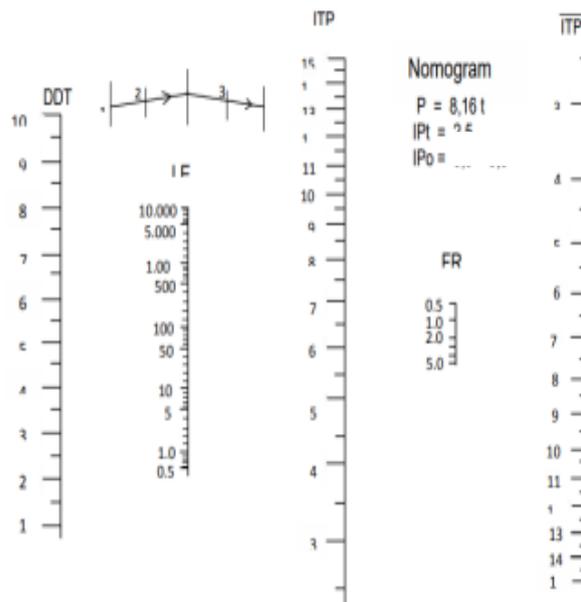
LER = Lintas Ekuivalen Rencana*)	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
< 10	1,0 – 1,5	1,5	1,5 – 2,0	-
10 – 100	1,5	1,5 – 2,0	2,0	-
100 – 1000	1,5 – 2,0	2,0	2,0 - 2,5	-
> 1000	-	2,0 – 2,5	2,5	2,5

*Keterangan: *) LER dalam satuan angka ekuivalen 8,16 ton bebas sumbu tunggal Pada proyek penunjang jalan, JAPAT/jalan murah/darurat maka IP dapat diambil 1,0.*

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (1987)

f. Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Indeks tebal perkerasan pada perkerasan lentur didapatkan dengan cara menarik garis grafik nomogram, dengan melihat masing-masing nilai yang diambil dari indeks permukaan (IP₀ dan IPT). Dimana nilai Daya Dukung Tanah Dasar (DDT), Lintas Ekuivalen Rata-Rata (LER), Faktor Regional (FR) saling berpengaruh. Grafik indeks perkerasan disajikan pada Gambar 2.14 berikut



Gambar 2.14 Contoh Nomogram
Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (1987)

Adapun struktur perkerasan lentur sebagai berikut (Sukirman,1999)

1. Lapis Permukaan (*Surface Course*)
2. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)
3. Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)
4. Lapis Tanah Dasar (*Subgrade*)

Masing-masing lapis permukaan memiliki batas minimum yang disajikan pada Tabel 2.21 berikut:

- Lapis Permukaan

Tabel 2.21 Batas Minimum Tebal Lapis Permukaan

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	5	Lapis pelindung: (Buras/Burtu/Burda)
3,00 – 6,70	5	Lapen/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
6,71 – 7,49	7,5	Lapen/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
7,50 – 9,99	7,5	Lasbutag, Laston
≥ 10,00	10	Laston

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (1987)

- Lapis Pondasi

Masing-masing lapis pondasi memiliki batas minimum yang disajikan pada tabel 2.22 berikut:

Tabel 2.22 Batas Minimum Tebal Lapis Pondasi

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	15	Batu Pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
3,00 – 7,49	20*)	Batu Pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
7,50 – 9,99	10	Laston Atas
	20	Batu Pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam
10 – 12,14	15	Laston Atas
	20	Batu Pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston Atas
≥ 12,25	25	Batu Pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston Atas

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (1987)

- Lapis Pondasi Bawah

Untuk setiap nilai ITP bila digunakan pondasi bawah, tebal minimum adalah 10 cm

g. Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif (a) pada masing-masing bahan dan kegunaannya sebagai lapis permukaan, pondasi, pondasi bawah, ditentukan dengan nilai *Marshall Test* (untuk bahan aspal), kuat tekan (untuk bahan yang stabil dengan semen atau kapur, atau CBR (untuk bahan lapis pondasi bawah). Nilai koefisien relatif dan jenis bahan disajikan pada tabel 2.23 berikut

Tabel 2.23 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a ₁	a ₂	a ₃	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR (%)	
0,40	-	-	744	-	-	Laston
0,35	-	-	590	-	-	
0,32	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	Lastabug
0,35	-	-	744	-	-	
0,31	-	-	590	-	-	
0,28	-	-	454	-	-	HRA
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	Aspal macadam
0,25	-	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
0,20	-	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,28	-	590	-	-	Laston Atas
-	0,26	-	454	-	-	
-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
-	0,19	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,15	-	-	22	-	Stab. Tanah dengan semen
-	0,13	-	-	18	-	Stab. Tanah dengan kapur
-	0,15	-	-	22	-	
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,14	-	-	-	100	Batu pecah(kelas A)
-	0,13	-	-	-	80	Batu pecah(kelas B)
-	0,12	-	-	-	60	Batu pecah(kelas C)
-	-	0,13	-	-	70	Sirtu/pitrun (kelas A)
-	-	0,12	-	-	50	Sirtu/pitrun (kelas B)
-	-	0,11	-	-	30	Sirtu/pitrun (kelas C)
-	-	0,10	-	-	20	Tanah /lempung kepasiran

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (1987)

2.8 Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya merupakan perhitungan besarnya biaya yang diperlukan untuk bahan, alat, upah dan biaya lainnya pada pelaksanaan suatu proyek. Penyusunan rencana anggaran biaya terdiri dari komponen-komponen sebagai berikut:

2.8.1 Bestek dan Gambar-gambar Bestek

Bestek merupakan suatu peraturan dan syarat-syarat pelaksanaan suatu pekerjaan, yang diuraikan dengan rinci sehingga mudah dipahami. Pada umumnya bestek dibagi menjadi tiga bagian yaitu:

- a. Peraturan Umum
- b. Peraturan Administrasi
- c. Peraturan dan Teknis

Hanya sebagian peraturan teknis yang akan diuraikan guna mendapatkan gambaran yang jelas, Adapun hubungan antara bestek dan gambar bestek. Gambar bestek merupakan gambar lanjutan yang terdiri dari gambar pra rencana dan gambar detail yang dilampirkan pada uraian dan syarat-syarat (bestek) pekerjaan. Gambar bestek digunakan sebagai tolak ukur dalam menentukan kualitas dan kuantitas pekerjaan serta dalam penyusunan rencana anggaran biaya.

2.8.2 Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah perhitungan jumlah banyaknya volume pekerjaan dalam satu satuan yang diuraikan secara rinci sesuai dengan gambar bestek dan gambar detail. Sehingga sebelum menghitung volume masing-masing pekerjaan, harus menguasai atau membaca gambar bestek dan gambar detail.

2.8.3 Harga Satuan Pekerjaan

Harga satuan pekerjaan merupakan perhitungan jumlah harga bahan, alat dan upah tenaga kerja. Harga bahan diperoleh di pasaran, yang dikumpulkan dalam satu daftar sehingga dinamakan daftar harga satuan. Sedangkan upah tenaga kerja diperoleh di lokasi pengerjaan suatu proyek, dikumpulkan dan dicatat sehingga dinamakan daftar harga satuan upah. Di setiap daerah harga satuan bahan dan upah berbeda-beda.