

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Jalan

Perancangan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yang memberikan kenyamanan yang optimal pada arus lalu lintas sesuai dengan kecepatan yang direncanakan. Secara umum perencanaan geometrik terdiri dari aspek-aspek perencanaan trase jalan, badan jalan yang terdiri dari bahu jalan dan jalur lalu lintas, tikungan drainase, kelandaian jalan serta galian dan timbunan. Tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan rasio tingkat penggunaan atau biaya pelaksanaan. (Silvia Sukirman, 1999).

Perencanaan geometrik jalan adalah perencanaan rute dari suatu ruas jalan secara lengkap, meliputi beberapa elemen yang disesuaikan dengan kelengkapan dan data yang ada atau tersedia dari hasil survey lapangan dan telah dianalisis, serta mengacu pada ketentuan yang berlaku. (L. Herdansin Shirley, 2000).

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 di analisis berdasarkan acuan persyaratan perencanaan geometric yang berlaku. Acuan perencanaan yang dimaksud adalah sesuai dengan standar perencanaan geometrik yang berlaku. Acuan perencanaan yang dimaksud adalah sesuai dengan standar perencanaan geometrik yang dianut di Indonesia. (Hamiran Saodang 2010).

2.2 Klasifikasi Jalan

Menurut Pedoman Desain Geometrik Jalan 2021 harus ditetapkan klasifikasinya. Dalam PP No.34 tahun 2006 tentang jalan dan UU No.22 tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan, jalan dikelompokkan menjadi :

2.2.1 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Peruntukan Jalan

Berdasarkan peruntukannya jalan dibagi menjadi :

- a. Jalan Umum, adalah jalan yang diperuntukkan bagi lalu lintas umum, termasuk JBH dan jalan tol, dikelola oleh pemerintah.
- b. Jalan Khusus, adalah 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 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Status Jalan

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

- a) Jalan nasional adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah pusat, terdiri atas:
 - 1) jalan arteri primer

- 2) jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi
 - 3) jalan tol
 - 4) jalan strategis nasional
- b) Jalan provinsi adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah provinsi, terdiri atas:
- 1) jalan kolektor primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten atau kota
 - 2) jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibukota kabupaten atau kota
 - 3) jalan strategis provinsi
 - 4) jalan di Daerah Khusus Ibukota Jakarta.
- c) Jalan kabupaten adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah kabupaten, terdiri atas:
- 1) jalan kolektor primer yang tidak termasuk jalan nasional dan jalan provinsi
 - 2) jalan lokal primer yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat desa, antar ibukota kecamatan, ibukota kecamatan dengan desa, dan antar desa
 - 3) jalan sekunder yang tidak termasuk jalan provinsi dan jalan sekunder dalam kota
 - 4) jalan strategis kabupaten
- d) Jalan kota 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 antarpermukiman di dalam desa.

2.2.3 Klasifikasi jalan berdasarkan penggunaan jalan

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

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,	$\leq 2,55$	$\leq 12,0$	$\leq 4,2$	8
Kelas III	dan Lingkungan	$\leq 2,2$	$\leq 9,0$	$\leq 3,5$	8*)
Kelas Khusus	Arteri	$> 2,55$	$> 18,0$	$\leq 4,2$	> 10

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan /2021)

Catatan: *) dalam keadaan tertentu dapat < 8 ton

2.2.4 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

Jalan dibangun dapat diklasifikasikan menurut medan jalan. Masing-masing klasifikasi medan tersebut mempunyai ciri-ciri, baik

secara bentuk fisik unsur geometrik maupun secara operasional dari Pengguna Jalan, dan ciri-ciri tersebut saling sinergi satu dengan lainnya.

Dalam proses desain awal, potongan melintang topografi medan jalan mempunyai pengaruh terhadap penetapan alinyemen horizontal dan vertikal jalan, serta kecepatan desain. Topografi medan jalan diklasifikasi menjadi tiga, yaitu: datar, bukit dan gunung.

Tabel klasifikasi jalan menurut medan jalan ditentukan sebagai berikut :

Tabel 2. 2 Klasifikasi Jalan menurut Medannya

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

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 2021)

2.2.5 Klasifikasi Jalan Menurut Spesifikasi Penyediaan Prasarana

Menurut UU RI no.38 Tahun 2004 berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan dikelompokkan sebagai berikut :

1. Jalan Bebas Hambatan (*Freeway*)

Jalan umum untuk lalu lintas menerus yang memberikan pelayanan menerus atau tidak terputus dengan pengendalian sebidang, serta dilengkapi dengan pagar ruang milik jalan, paling sedikit 2 (dua) lajur setiap arah dan dilengkapi dengan median.

2. Jalan Raya (*Highway*)

Jalan umum untuk lalu lintas menerus dengan pengendalian jalan masuk secara terbatas dan dilengkapi dengan median, paling sedikit 2 (dua) lajur setiap arah.

3. Jalan sedang (*Road*)

Jalan umum dengan lalu lintas jarak sedang dengan pengendalian jalan masuk tidak dibatasi, paling sedikit 2 (dua) lajur untuk 2 (dua) arah dengan lebar paling sedikit 7 (tujuh) meter.

4. Jalan Kecil (*Street*)

Jalan umum untuk melayani lalu lintas setempat, paling sedikit 2 (dua) lajur untuk 2 (dua) arah dengan lebar paling sedikit 5,5 (lima setengah) meter.

2.2.6 Sistem Jaringan Jalan

Sistem jaringan jalan terdiri dari dua sistem yaitu sistem jaringan primer dan sistem jaringan sekunder.

- a. Sistem Jaringan Primer, adalah sistem jaringan jalan dengan perannya sebagai pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di kanca nasional, dengan cara menghubungkan semua titik awal jasa distribusi yang berupa pusat-pusat kegiatan.
- b. Sistem Jaringan Sekunder, adalah sistem jaringan jalan yang melayani distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di wilayah perkotaan.

2.2.7 Bagian-Bagian Jalan

Menurut Dirjen Bina Marga, 2017. Bagian-bagian jalan terdiri dari:

a. Ruang manfaat jalan

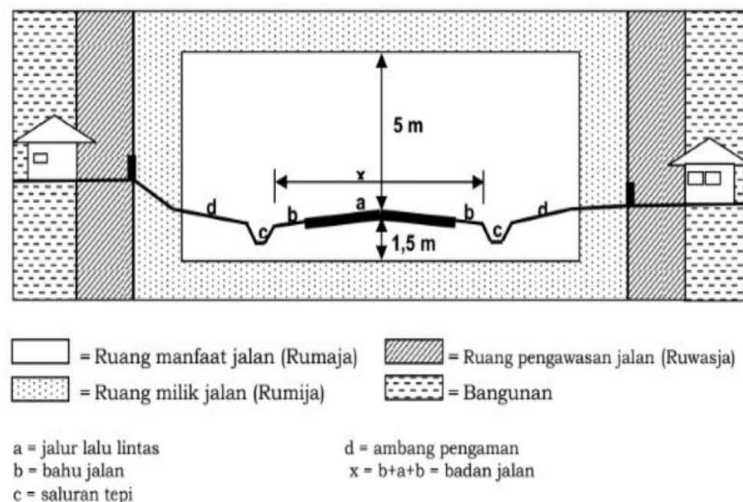
Pada ruang manfaat jalan meliputi beberapa bagian seperti saluran tepi jalan, badan jalan, dan ambang pengamanannya.

b. Ruang Milik Jalan

Pada ruang milik jalan meliputi beberapa bagian seperti ruang manfaat jalan dan sejalur tanah tertentu di luar ruang manfaat jalan.

c. Ruang Pengawasan Jalan

Ruang pengawasan jalan adalah ruang tertentu di luar ruang milik jalan yang ada di bawah pengawasan penyelenggara jalan.



Gambar 2. 1 Klasifikasi Jalan menurut Medannya

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 2021)

2.3 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.

2.3.1 Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana merupakan kendaraan dengan standar tertentu (mulai dari bentuk, ukuran, dan daya/kemampuan) yang digunakan sebagai kriteria perencanaan bagian-bagian jalan. Dalam Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia Tahun 2023, kendaraan pada arus lalu lintas diklasifikasikan menjadi 5 yaitu Sepeda Motor (SM), Mobil Penumpang (MP), Kendaraan Sedang (KS), Bus Besar (BB) dan Truk Berat (TB).

Tabel 2. 3 Klasifikasi Kendaraan Rencana

Kode	Jenis Kendaraan	Tipikal Kendaraan
SM	Kendaraan bermotor roda 2 (dua) dan 3 (tiga) dengan Panjang <2,5 m	Sepeda motor, kendaraan bermotor roda 3 (tiga).
MP	Mobil penumpang 4 (empat) tempat duduk, mobil penumpang 7 (tujuh) tempat duduk, mobil angkutan barang kecil, mobil angkutan barang sedang dengan Panjang ≤5,5 m.	Sedan jeep, minibus, microbus, <i>pickup</i> , truk kecil.
KS	Bus sedang dan mobil angkutan barang 2 (dua) sumbu dengan panjang ≤9,0 m.	Bus tanggung, bus metromini, truk sedang.
BB	Bus besar 2 (dua) dan 3 (tiga) gandar dengan Panjang ≤12,0 m	Bus antar kota, bus <i>double decker city tour</i> .
TB	Mobil angkutan barang 3 (tiga) sumbu, truk gandeng dan truk tempel (<i>semitrailer</i>) dengan Panjang ≥12,0 m	Truk tronton, truk <i>semitrailer</i> , truk gandeng.

(Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

2.3.2 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana (V_D) adalah pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lengang, dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti.

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

- 1) 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.
- 2) Mempertimbangkan medan jalan (datar, bukit, dan gunung)
- 3) Pada ruas jalan yang akan ditingkatkan di masa yang akan datang atau pelaksanaan konstruksi bertahap, maka V_D yang dipilih hendaknya yang sesuai dengan V_D di masa yang akan datang (akhir umur desain final).

Tabel 2. 4 Penentuan Kecepatan Rencana

Peran Menghubungkan	Pengelompokan Fungsi Jalan	Kelas Jalan			SPPJ	Tipe Jalan	Rentan V_D (Km/Jam)		
		I	II	III			Datar	Bukit	Gunung
Jalan Tol	Jalan Arteri Primer	x	-	-	JBH	4/2-T	80-120	70-110	60-100
IKP - IKN		x	x	x	JRY	4/2-T	60-100	50-90	40-80
IKP - IKP		x	x	x	JRY	4/2-T			
IKP - IKP		-	-	x	JLR	2/2-TT	15-60	15-50	15-40
IKP - IKP	Jalan Kolektor Primer	x	x	x	JRY	4/2-T	40-80	30-70	20-60
IKP - IKP		-	-	x	JLR	2/2-TT	15-40	15-40	15-40

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 2021)

2.3.3 Analisis Data Lalu Lintas

Parameter yang penting dalam analisis struktur perkerasan adalah data lalu lintas yang diperlukan untuk menghitung beban lalu lintas

rencana yang dipikul oleh perkerasan selama umur rencana. Beban dihitung dari volume lalu lintas pada tahun survei yang selanjutnya diproyeksikan ke depan sepanjang umur rencana. Volume tahun pertama adalah volume lalu lintas sepanjang tahun pertama setelah perkerasan diperkirakan selesai dibangun atau direhabilitasi.

Dalam analisis lalu lintas, penentuan volume lalu lintas pada jam sibuk dan Lalu Lintas Harian Rata-rata Tahunan (LHRT) mengacu pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI). Penentuan nilai LHRT didasarkan pada data survei volume lalu lintas dengan mempertimbangkan faktor k .

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

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

Keterangan :

$LHRT_D$: 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.

2.3.3.1 Perhitungan Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas untuk perencanaan geometrik jalan biasanya dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (smp) yaitu hasil mengalihkan setiap jenis kendaraan dengan ekuivalensi mobil penumpang (smp) jenis kendaraan

tersebut. Volume lalu lintas yang umum digunakan dalam perencanaan geometrik jalan :

Rumus Lalu Lintas Harian Rata – Rata Tahunan (LHRT) :

$$LHR = \frac{\text{Jumlah Lalu Lintas dalam 1 Tahun}}{365 \text{ Hari}} \dots\dots\dots(2)$$

Rumus Lalu Lintas Harian Rata – Rata (LHR) :

$$LHR = \frac{\text{Jumlah Lalu Lintas Selama Pengamatan}}{\text{Lamanya Pengamatan}} \dots\dots\dots(3)$$

Rumus Volume Jam Perencanaan (VJP) :

$$VJP = K \times LHR \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

K = Faktor rasio jam rencana/faktor volume lalu lintas jam sibuk

2.3.3.2 Faktor laju pertumbuhan lalu lintas

Pada faktor pertumbuhan lalu lintas harus berdasarkan data-data pertumbuhan series (*historical growth data*) atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku. Jika tidak tersedia dapat menggunakan tabel 2.5

Tabel 2. 5 Faktor laju pertumbuhan lalu lintas, i (%)

Jenis Jalan	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata- rata di Indonesia
Arteri dan Perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor Rural	3,50	3,50	3,50	3,50

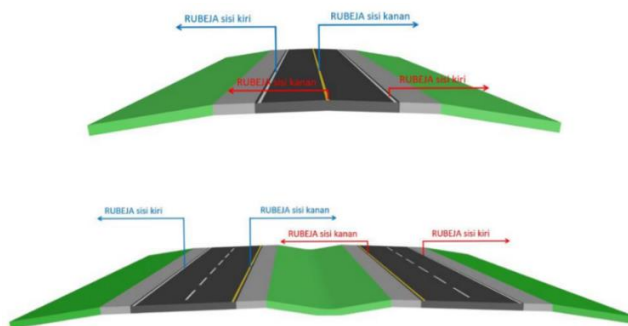
Jenis Jalan	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata- rata di Indonesia
Jalan Desa	1,00	1,00	1,00	1,00

(Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

2.3.4 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 tetapi tidak melampaui batas Rumija, 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.

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

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan 2021)

2.3.5 Kapasitas Jalan Luar Kota

Jalan Luar Kota (JLK) dibedakan menjadi 2 (dua) jenis segmen, yaitu segmen umum (atau disebut segmen) dan segmen khusus yaitu segmen dengan kelandaian yang tinggi dan panjang tertentu (alinemen bukit atau gunung). Perhitungan C pada segmen khusus dipisahkan tersendiri. Pada segmen khusus, untuk mempertahankan kapasitas dan kinerja lalu lintas, segmen dapat dilengkapi dengan lajur pendakian..

Untuk jalan tak terbagi, perhitungan dan analisis kapasitas dilakukan sekaligus untuk 2 (dua) arah berdasarkan arus total 2 (dua) arah, kecuali untuk segmen khusus. Untuk jalan terbagi, perhitungan dan analisis kapasitas dilakukan untuk masing-masing arah berdasarkan arus lalu lintas masing-masing arah.

C dihitung dari perkalian C_0 dengan faktor-faktor koreksi lebar lajur jalan, pemisahan arah lalu lintas, dan hambatan samping, dihitung menggunakan Persamaan :

$$C = C_0 \times F_{CL} \times F_{CPA} \times F_{CHS} \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan :

C : kapasitas segmen atau segmen khusus, SMP/jam.

C_0 : kapasitas dasar segmen, SMP/jam. C_0 adalah C pada kondisi ideal yaitu kondisi dimana $F_{CL}=1$, $F_{CPA}=1$, dan $F_{CHS}=1$.

F_{CL} : faktor koreksi kapasitas akibat lebar lajur jalan yang tidak ideal.

F_{CPA} : faktor koreksi kapasitas akibat pemisahan arah arus lalu lintas.

Faktor ini hanya berlaku untuk jalan tak terbagi.

F_{CHS} : faktor koreksi kapasitas akibat adanya hambatan samping dan ukuran bahu jalan yang tidak ideal.

C suatu segmen khusus (segmen dengan kelandaian khusus) dihitung sama seperti untuk segmen umum menggunakan Persamaan sebelumnya, tetapi dengan nilai C_0 dan FPA yang berbeda.

Tabel 2. 6 C_0 segmen jalan untuk tipe 2/2-TT dan 4/2-T

Tipe alinemen	C_0 SMP/jam 2/2-TT	C_0 SMP/jam/lajur 4/2-T
Datar	4000	2200
Bukit	3850	2100
Gunung	3700	2000

(Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

Tabel 2. 7 C_0 segmen jalan khusus untuk tipe 2/2-TT

Panjang Kelandaian % Kelandaian	C_0 Untuk Dua Arah SMP/Jam
Panjang <0,5 km Untuk semua kelandaian	3850
Panjang <0,8 km Kelandaian <4,5%	3700
Keadaan-keadaan lain	3550

(Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

Tipe alinemen ditetapkan dari derajat kelengkungan alinemen vertikal segmen, θ_v (m/km) dan derajat kelengkungan alinemen horizontal segmen, θ_H (rad/km). θ_v adalah jumlah total kenaikan vertikal tanjakan (m) di sepanjang segmen dibagi panjang segmen (km), dan θ_H adalah jumlah total sudut-sudut belokan pada tikungan (radian) dibagi panjang segmen (km).

Tabel 2. 8 Kriteria tipe alinyemen

Tipe Alinemen	0v(m/km)	0v(m/km)
Datar	<10 (5)	<1,00 (0,25)
Bukit	10-30 (25)	1,00-2,50 (2,00)
Gunung	>30 (45)	>2,50 (3,50)

(Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

FC_L , faktor koreksi kapasitas akibat lebar lajur jalan yang tidak ideal, nilainya tergantung pada deviasi lebar lajur atau lebar jalur terhadap nilai idealnya, ditetapkan menggunakan Tabel 2.9

Tabel 2. 9 Faktor koreksi akibat lebar lajur

Tipe Jalan	Lebar Lajur Atau Jalur Efektif (L_{LE} atau L_{JE}), m		FC_L
4/2-T & 6/2-T	Per Lajur	3,00	0,91
		3,25	0,96
		3,50	1,00
		3,75	1,03
2/2-TT	Total Dua Arah	5,00	0,69
		6,00	0,91
		7,00	1,00
		8,00	1,08
		9,00	1,15
		10,00	1,21
		11,00	1,27

(Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

FC_{PA} , faktor koreksi kapasitas akibat pemisahan arah arus lalu lintas untuk segmen umum yang tak tebagi, ditetapkan menggunakan Tabel 2.10, dan untuk segmen khusus ditetapkan menggunakan Tabel 2.11

Tabel 2. 10 FC_{PA} pada segmen umum

Pemisahan Arah Arus (%-%)		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FC_{PA}	Tipe jalan 2/2-TT	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88

(Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

Tabel 2. 11 FC_{PA} pada segmen khusus

% Lalu Lintas Mendaki	FC_{PA}
70	0,78
65	0,83
60	0,88
55	0,94
50	1,00
45	1,03
40	1,06
35	1,09
30	1,12

(Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

FC_{HS} , faktor koreksi kapasitas akibat adanya kegiatan di sisi jalan yang menghambat kelancaran arus lalu lintas, ditetapkan berdasarkan besarnya (atau kelas) hambatan samping (KHS) yang dihitung dari kejadian hambatan tersebut pada saat suatu segmen jalan dikaji dan lebar bahu jalan efektif. KHS diperhitungkan dari jenis hambatannya dan frekuensi kejadiannya di sisi jalan sepanjang 200m dengan kriteria seperti pada Tabel 2.12. Frekuensi kejadian diperoleh dari pengamatan lapangan (jika analisis untuk evaluasi kinerja) atau dari perkiraan (jika analisis untuk perencanaan), berupa total frekuensi kejadian hambatan samping yang sudah diperhitungkan bobotnya berdasarkan jenis hambatannya, per jam per 200 m pada kedua sisi segmen jalan. Jenis hambatan dan bobotnya adalah sebagai berikut:

- a. jumlah pejalan kaki yang berjalan di sepanjang segmen jalan dan yang menyeberang jalan (dengan bobot 0,6);
- b. jumlah penghentian kendaraan dan gerakan parkir (dengan bobot 0,8);
- c. jumlah KB yang masuk dan yang keluar dari lahan samping jalan dan jalan samping (dengan bobot 1,0);
- d. jumlah KTB (dengan bobot 0,4). Berdasarkan total frekuensi kejadian hambatan samping yang telah dikalikan bobotnya dan dengan menggunakan Tabel 2.13, tetapkan nilai FC_{HS} berdasarkan KHS dan lebar bahu efektif.

Tabel 2. 12 Kriteria KHS

KHS	Total Frekuensi Kejadian Hambatan Samping	Ciri-Ciri Khusus
Sangat Rendah	<50	Pedalaman, jalan melalui wilayah perdesaan, pertanian, atau daerah yang belum berkembang, tanpa kegiatan
Rendah	50-149	Pedalaman, jalan melalui wilayah perdesaan dimana terdapat beberapa bangunan dan kegiatan samping jalan
Sedang	150-249	Perdesaan, jalan melalui wilayah perkampungan, terdapat kegiatan permukiman
Tinggi	250-349	Perdesaan, jalan melalui wilayah perkampungan, ada beberapa kegiatan pasar
Sangat Tinggi	>350	Mendekati perkotaan, banyak pasar atau kegiatan niaga

(Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

Tabel 2. 13 FC_{HS} sebagai fungsi dari KHS dan L_{BE}

Tipe Jalan	KHS	Faktor Koreksi Akibat Hambatan Samping (FC_{HS})			
		Lebar bahu efektif L_{BE1} (m)			
		<0,5	1,0	1,5	>2,0
4/2-T	Sangat rendah	0,99	1,00	1,01	1,03
	Rendah	0,96	0,97	0,99	1,01
	Sedang	0,93	0,95	0,96	0,99
	Tinggi	0,90	0,92	0,95	0,97
	Sangat tinggi	0,88	0,90	0,93	0,96
2/2-TT	Sangat rendah	0,97	0,99	1,00	1,02
	Rendah	0,93	0,95	0,97	1,00
	Sedang	0,88	0,91	0,94	0,98
	Tinggi	0,84	0,87	0,91	0,95
	Sangat tinggi	0,80	0,83	0,88	0,93

(Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

2.3.6 Ekuivalensi Mobil Penumpang

Menurut Pedoman Kapasitas Geometrik Tahun 2023, satuan arus lalu lintas, dimana arus berbagai tipe kendaraan yang berbeda telah diubah menjadi arus mobil penumpang dengan menggunakan nilai Ekuivalen Mobil Penumpang (EMP).

Nilai q harus dihitung dalam satu satuan yang sama untuk merepresentasikan berbagai jenis kendaraan. Pada PKJI, satuan kendaraan dikonversi untuk disamakan menjadi satuan mobil penumpang, yaitu SMP/jam. Untuk mengubah dari satuan kend/jam menjadi SMP/jam digunakan nilai EMP yang dapat dilihat pada Tabel 2.14 sampai dengan Tabel 2.17. Kendaraan-kendaraan diklasifikasikan menjadi beberapa kelas yaitu SM, MP, KS, BB, dan TB. Jenis Kendaraan Tidak Bermotor (KTB) tidak dikonversikan dalam arus lalu lintas karena dianggap sebagai hambatan samping yang pengaruhnya diperhitungkan terhadap kapasitas dalam faktor koreksi kapasitas akibat hambatan samping (FC_{HS}).

Tabel 2. 14 Nilai EMP untuk segmen jalan umum tipe 2/2-TT

Tipe Alinemen	q_{total} Per Arah (kend/jam)	EMP _{KS}	EMP _{BB}	EMP _{TB}	EMP _{SM}		
					Lebar Jalur Lalu Lintas (m)		
					<6 m	6-8 m	>8 m
Datar	0-799	1,2	1,2	1,8	0,8	0,6	0,4
	800-1349	1,8	1,8	2,7	1,2	0,9	0,6
	1350-1899	1,5	1,6	2,5	0,9	0,7	0,5
	>1900	1,3	1,5	2,5	0,6	0,5	0,4
Bukit	0-649	1,8	1,6	5,2	0,7	0,5	0,3
	650-1099	2,4	2,5	5,0	1,0	0,8	0,5
	1100-1599	2,0	2,0	4,0	0,8	0,6	0,4
	>1600	1,7	1,7	3,2	0,5	0,4	0,3
Gunung	0-449	3,5	2,5	6,0	0,6	0,4	0,2
	450-899	3,0	3,2	5,5	0,9	0,7	0,4
	900-1349	2,5	2,5	5,0	0,7	0,5	0,3
	>1350	1,9	2,2	4,0	0,5	0,4	0,3

(Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

Tabel 2. 15 Nilai EMP untuk KS dan TB pada segmen jalan khusus

Tipe Alinemen	q_{total} Per Arah (kend/jam)	EMP			
		KS	BB	TB	SM
Datar	0-1499	1,2	1,2	1,6	0,5
	1500-2749	1,4	1,4	2,0	0,6
	2750-3249	1,6	1,7	2,5	0,8
	>3250	1,3	1,5	2,0	0,5
Bukit	0-1099	1,8	1,6	4,8	0,4
	1100-2099	2,0	2,0	4,6	0,5
	2100-2649	2,2	2,3	4,3	0,7
	>2650	1,8	1,9	3,5	0,4
Gunung	0-799	3,2	2,2	5,5	0,3
	800-1699	2,9	2,6	5,1	0,4
	1700-2299	2,6	2,9	4,8	0,6
	>2300	2,0	2,4	3,8	0,3

(Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

Tabel 2. 16 Nilai EMP untuk KS dan TB pada segmen jalan khusus

Panjang (km)	EMP Untuk Arah Mendaki									
	Kelandaian (%)									
	3		4		5		6		7	
	KS	TB	KS	TB	KS	TB	KS	TB	KS	TB
0,50	2,00	4,00	3,00	5,00	3,80	6,40	4,50	7,30	5,00	8,00
0,75	2,50	4,60	3,30	6,00	4,20	7,50	4,80	8,60	5,30	9,30
1,00	2,80	5,00	3,50	6,20	4,40	7,60	5,00	8,60	5,40	9,30
1,50	2,80	5,00	3,60	6,20	4,40	7,60	5,00	8,50	5,40	9,10
2,00	2,80	5,00	3,60	6,20	4,40	7,50	4,90	8,30	5,20	8,90
3,00	2,80	5,00	3,60	6,20	4,20	7,50	4,60	8,30	5,00	8,90
4,00	2,80	5,00	3,60	6,20	4,20	7,50	4,60	8,30	5,00	8,90
5,00	2,80	5,00	3,60	6,20	4,20	7,50	4,60	8,30	5,00	8,90

(Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

Derajat kejenuhan(D_J), dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$D_J = q/c \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan:

q : arus lalu lintas yang sedang dievaluasi kinerjanya, SMP/jam.

C : kapasitas segmen jalan, SMP/jam.

D_J : derajat kejenuhan segmen jalan, nilainya $\leq 1,0$.

2.3.7 Penampang Melintang

Menurut Pedoman Desain Geometrik Jalan Tahun 2021, penampang melintang jalan yang didesain tergantung pada:

1. Lokasinya (di dalam SJJ primer, di luar kota atau SJJ sekunder, di dalam kota);
2. Fungsi jalan;
3. Kelas penggunaan Jalan;
4. Spesifikasi penyediaan prasarana jalan

5. Volume lalu lintas harian rata-rata (LHRT) dan jenis-jenis kendaraan (mobil, bus, truk, sepeda motor, fisik);
6. Jalan baru atau jalan lama yang ditingkatkan;
7. Ketersediaan angkutan umum;
8. Kondisi lingkungan (topografi, geologi, utilitas publik, lebar Rumija, vegetasi);
9. Ketersediaan material untuk membuat jalan.

Tipikal penampang melintang jalan terdiri dari jalur lalu lintas, bahu luar (dan bahu dalam pada JRY dan JBH), *verge* (jika ada), selokan samping, ambang pengaman, dan lereng (jika ada). Badan jalan terdiri dari jalur lalu lintas dan bahu jalan. Lebar jalur lalu lintas dan bahu jalan ditentukan oleh klasifikasi jalan dan volume lalu lintas.

2.3.8 Lebar Lajur Lalu Lintas

Menurut Pedoman Desain Geometrik Jalan Tahun 2021, lebar lajur pada badan jalan mempengaruhi kenyamanan dan keselamatan pengemudi. Untuk desain, lebar lajur lalu lintas paling kecil yang diatur dalam Permen PU No.19/20011 ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 2. 17 Lebar Lajur Minimum

VD (Km/Jam)	Lebar lajur lalu lintas paling kecil (m)
Kecepatan tinggi: $VD \geq 80$	3,60
Kecepatan sedang: $40 \leq VD < 80$	3,50
Kecepatan rendah: $VD < 40$	2,75

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

Lebar lajur lalu lintas untuk JBH dan JRY diukur dari sisi dalam marka membujur garis tepi jalan (garis menerus) atau sumbu marka garis membujur pembagi lajur (garis terputus putus) ke sisi dalam marka membujur garis menerus atau ke sumbu marka membujur garis terputus-putus (pasal 6 ayat (4) Permen PU No. 19/PRT/M/2011).

Lebar lajur lalu lintas untuk JSD dan JKC diukur dari sumbu marka membujur ke sumbu marka membujur (pasal 6 ayat (5) Permen PU No. 19/PRT/M/2011). Di samping yang ditetapkan melalui peraturan perundang-undangan, beberapa ukuran lebar lajur yang lebih kecil dari ukuran lebar lajur yang paling kecil, diperlukan ukuran-ukuran antara dan lebih. Ukuran ini diperuntukkan bagi jalan-jalan yang LHRT-nya lebih rendah dari yang dibakukan. Sebagai contoh, jalan dengan lebar lajur 3,00m, lebih kecil dari 3,5m sebagai lebar paling kecil dari jalan sedang (7,0m dibagi dua) atau lebih besar dari 2,75m sebagai jalan kecil (5,5m dibagi dua), yang masih memadai untuk melayani lalu lintas yang masih rendah. Pada jalan $LHRT < 5.00 \text{ SMP/hari}$, lebar jalur 4,0m (atau lebar

lajur 2,0m) masih memadai dalam melayani lalu lintas yang ada walaupun dibawah lebar lajur paling kecil. Penetapan lebar lajur yang lebih kecil dari lebar lajur paling kecilnya ini, perlu dibuktikan dengan analisis kapasitasnya dan mendapatkan persetujuan dari penyelenggara jalan. Pengecualian (lebar lajur yang lebih kecil dari ukuran lebar lajur paling kecil) ini hanya berlaku bagi JRY, JSD, dan JKC, tidak berlaku bagi JBH.

2.3.9 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).

Menurut M. Suparno dan Marlina Endy, keadaan topografi adalah keadaan yang menggambarkan kemiringan lahan atau kontur lahan, semakin besar kontur lahan tersebut semakin besar kontur tersebut memiliki kemiringan lereng yang semakin besar. Pengertian Topografi adalah studi tentang bentuk permukaan bumi dan objek lain seperti planet satelit alami, (bulan dan sebagainya) dan asteroid. Dalam pengertian luas, topografi tidak hanya mengenai bentuk permukaan saja, tetapi juga vegetasi pengaruh manusia terhadap lingkungan, bahkan kebudayaan lokal (ilmu pengetahuan sosial).

Topografi adalah bidang ilmu pengetahuan tentang permukaan bumi dan objek lain seperti planet, satelit, dan asteroid. Objek geografi terdiri dari bentang budaya dan alam. Bentang budaya adalah semua objek buatan manusia seperti jalan, rel kereta api, pemukiman penduduk, daerah pertanian, dan sebagainya. Sedangkan bentang alam adalah segala sesuatu yang bukan buatan manusia tetapi terbentuk secara alamiah, seperti dataran rendah dan tinggi, gunung, sungai, danau, iklim, jenis tanah.

2.3.10 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:

$$CBR \text{ Karakteristik} = CBR \text{ rata rata} - f \times \text{deviasi standar} \dots\dots\dots(7)$$

$f = 1,645$ (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.

2.4 Jarak Pandang dan Jarak Ruang Bebas Samping Di Tikungan

Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia Tahun 2023, Kelas Jarak Pandang, (KJP) adalah pengkategorian segmen jalan berdasarkan persentase jarak pandangan pengemudi yang sama atau lebih jauh dari 300 m. Pengkategorian tersebut ditetapkan dalam table berikut:

Tabel 2. 18 Kelas Jarak Pandang

KJP	% Panjang Segmen Jalan Dengan Jarak Pandang ≥ 300 m
A	>70
B	30–70
C	<30

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan, 2023)

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 2.2 mengilustrasikan konsep jarak pandang. Dalam desain geometrik, jarak pandang didasarkan pada V_D .



Gambar 2. 3 Jarak Pandang

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

Dalam pedoman ini dibedakan empat jarak pandang dan masing-masing diaplikasikan sesuai uraian dan ketentuan sebagai berikut.

2.4.1 Jarak pandang henti (J_{PH})

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

2.4.2 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} .

2.4.3 Jarak pandang aman (J_{PA})

J_{PA} adalah jarak pandang yang diperlukan pengemudi untuk mengenali objek yang kompleks (*decision sight distance*), informasi yang harus dicermati, dan atau kondisi yang tidak umum dan mungkin mengancam, dalam tugas mengemudi memilih kecepatan dan lajur, dan bermanouver secara aman serta efisien. Karena J_{PA} ini membutuhkan perhatian pengemudi yang lebih dari yang umum, maka J_{PA} membutuhkan panjang yang lebih dari J_{PH} .

Ketentuan teknik untuk diterapkannya J_{PA} adalah bahwa J_{PA} harus dipenuhi pada lokasi-lokasi yang banyak menyebabkan manouver kendaraan yang tidak biasa atau tidak mudah diduga seperti di persimpangan, perubahan potongan melintang seperti di plaza tol, area dimana menuntut banyak perhatian pengemudi seperti lalu lintas yang padat, banyak alat pengatur lalu lintas, banyak gambar iklan.

2.4.4. Jarak pandang bebas samping di tikungan (J_{PB})

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

2.4.4.1 Jarak Pandang Henti

J_{PH} merupakan jarak yang memungkinkan pengemudi terbiasa waspada berkendara pada kecepatan desain di atas permukaan jalan basah, untuk melihat, bereaksi, dan mengerem hingga kendaraan berhenti sebelum mencapai objek bahaya yang ada di depannya.

Mobil penumpang dan truk memiliki J_{PH} yang berbeda, karena keduanya memiliki bobot dan tinggi mata pengemudi yang berbeda sehingga mempunyai karakteristik pengereman yang berbeda pula. Truk umumnya memerlukan J_{PH} lebih panjang meskipun mempunyai tinggi mata pengemudi lebih tinggi sehingga bisa melihat lebih jauh. Persyaratan teknis jalan menentukan bahwa semua lajur lalu lintas disepanjang alinemen horizontal harus memenuhi J_{PH} .

2.4.4.2 Jarak Pandang Henti Mobil Penumpang

Pada Gambar 2.3 mengilustrasikan bagian-bagian J_{PH} yang terdiri dari jarak waktu reaksi pengemudi (J_{HT}) dan jarak pengereman (J_{HF}).

$$J_{PH} = \frac{VD \cdot t}{3,6} + \frac{VD^2}{2 \times 3,6^2 \times 9,81 \left(\frac{a}{9,81} \pm G \right)} = 0,278 VD \cdot t + 0,039 \frac{VD^2}{254 \left(\frac{a}{9,81} \pm G \right)} \quad (8)$$

Keterangan:

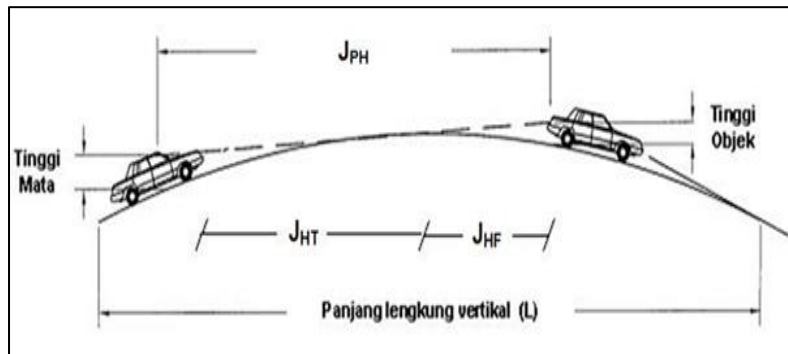
J_{PH} : Jarak pandangan henti, m.

T : Waktu reaksi, 2,5 detik;

V_D : Kecepatan Desain, Km/Jam

a : Perlambatan Longitudinal, m/det²

G : Kelandaian memanjang jalan, e.g. 0,05 (= 5%), tanda positif untuk nanjak



Gambar 2. 4 Konsep J_{PH}
(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

2.4.4.3 Jarak Pandang Henti Truk

Menurut Pedoman Desain Geometrik Jalan Tahun 2021, lokasi-lokasi berikut ini pada jalan baru harus dipertimbangkan untuk memenuhi J_{PH} 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 J_{PH} tidak mencukupi untuk truk dan tidak mungkin untuk memperbaiki desain geometrik atau keadaan eksisting, maka perlu dipertimbangkan untuk memasang

2.5 Bahu Jalan

Bahu jalan berada di kedua sisi jalur lalu lintas. Untuk jalan yang dilengkapi median, lebar bahu dalam dan bahu luar bisa sama bisa juga berbeda. Bahu jalan segaris dengan perkerasan dan mulai dari tepian jalur lalu lintas hingga tepian badan jalan. Kecuali jika bahu jalan diberi lapisan berpenutup (aspal atau beton), maka bahu jalan harus miring ke arah menjauhi jalur lalu lintas. Bahu jalan disediakan untuk melakukan dua fungsi, yaitu struktural dan lalu lintas. Fungsi struktural bahu jalan adalah untuk memberikan dukungan lateral bagi lapisan perkerasan jalan. Fungsi bahu jalan bagi lalu lintas adalah:

1. Memberikan ruang bagi kendaraan kehilangan kendali untuk kembali terkendali.

2. Ruang bagi kendaraan untuk berhenti di atas permukaan keras pada jarak aman dari lajur lalu lintas.
3. Daerah yang bisa dilalui untuk penggunaan kendaraan darurat.
4. Ruang bebas terhadap halangan lateral seperti rambu-rambu.
5. Ketika bahu jalan diberi lapis aspal, akan memberi lebar tambahan untuk lintasan roda kendaraan besar (sub-bab 0)
6. Jarak pandang ditingkatkan sehingga meningkatkan keselamatan jalan.
7. Kapasitas jalan meningkat karena kecepatan seragam dimungkinkan.
8. Keterbukaan ruang yang dibuat oleh bahu jalan lebar, membuat mengemudi lebih mudah mengendarai kendaraan dengan ketegangan (*stress*) yang lebih kecil, dan
9. Dalam keadaan tertentu, bisa menjadi ruang bagi pengendara sepeda.

Lebar bahu jalan diukur dari tepi luar jalur lalu lintas (termasuk marka garis tepi) ke tepi terluar badan jalan dan tidak termasuk lebar untuk *berm*, *verge rounding*, atau lebar tambahan apapun yang disediakan untuk mengakomodasi patok pengarah jalan dan/atau pagar pengaman.

Pada JRY, 4/2-T dengan kecepatan desain yang tinggi ($V_D > 60 \text{ Km/Jam}$), PTJ menyaratkan disediakan bahu jalan dengan lebar paling kecil 2,5m pada sisi kiri di setiap jalur lalu lintas dan 1,0m pada setiap sisi mediannya. Jika JRY mempunyai tiga atau lebih lajur per arah, sebaiknya mempunyai bahu jalan selebar 2,5m pada kedua sisi jalur lalu lintasnya, khususnya jika terdapat dinding median (seperti median barrier dari beton) di sebelah bahu jalan. Kedua bahu jalan harus diberi lapisan berpenutup.

Pada JSD 2/2-TT atau lebih, kecepatan desain tinggi ($V_D > 60 \text{ Km/Jam}$), maka lebar bahu jalan minimum adalah 2,5m, untuk mengakomodasi situasi darurat. Kedua bahu jalan harus diberi lapisan berpenutup.

Untuk JSD 2/2-TT atau lebih, berkecepatan desain rendah ($V_D < 60 \text{ Km/Jam}$), maka lebar bahu jalan minimum perkotaan harus 1,5 m

dan diberi lapisan penutup agar dapat dikendarai pengendara sepeda motor, atau untuk bahu jalan Antarkota harus 1,0m dan cukup diberi perkerasan tidak berpenutup. Bahu jalan tidak biasa diberikan pada jalan lokal perkotaan atau jalan arteri yang dilengkapi kerb.

Kemiringan bahu jalan umumnya lebih curam dari lajur lalu lintasnya untuk membantu drainase permukaan jalan (dengan kenaikan marjinal 1%). Namun, jika bahu jalan terdiri dari perkerasan penuh dan diberi lapisan penutup, lerengnya bisa sama dengan perkerasan jalan di sebelahnya untuk memfasilitasi konstruksi.

Pada bagian tikungan yang ber superelevasi, kemiringan bahu jalan pada sisi yang tinggi dan yang rendah harus sama dengan kemiringan melintang lajur lalu lintas. Kemiringan melintang 5% atau lebih, potongan melintang *verge* jalan mungkin akan memerlukan perawatan lebih sering, dan hendaknya dipantau.

Tabel 2. 19 Kemiringan Melintang Bahu Jalan

Material Bahu Jalan	Kemiringan Melintang Bahu Jalan (%)
Tanah dan liat	5-6
Kerikil atau batu pecah	4-5
60% dari kekuatan perkerasan jalur lalu lintas beraspal	4-5
Perkerasan penuh dengan lapis beraspal	4-5
Beton	Semua jalur lalu lintas

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

2.6 Alinyemen Horizontal

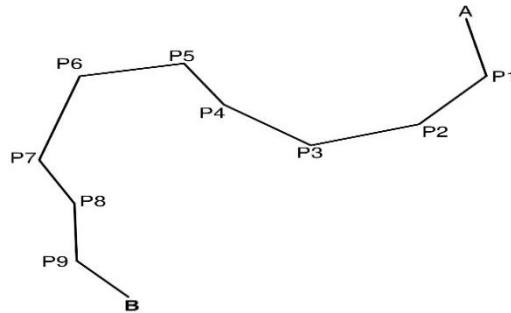
Menurut Pedoman Desain Geometrik Tahun 2021, alinyemen horizontal jalan umumnya berupa serangkaian bagian-bagian jalan yang lurus dan melengkung berbentuk busur lingkaran, dan yang dihubungkan oleh lengkung peralihan atau tanpa lengkung peralihan. Kecepatan kendaraan yang digunakan pengemudi untuk berjalan 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 Menentukan Koordinat dan Jarak

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

1. Titik awal dengan simbol A.
2. Titik PI 1, PI 2, dan seterusnya.
3. Titik akhir dengan simbol B.



Gambar 2. 5 Koordinat Jarak
(Sumber : hasil perhitungan 2024)

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

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan :

d : Jarak titik A titik P1

X_2 : Koordinat titik P1.1 pada sumbu X

X_1 : Koordinat titik A pada sumbu X

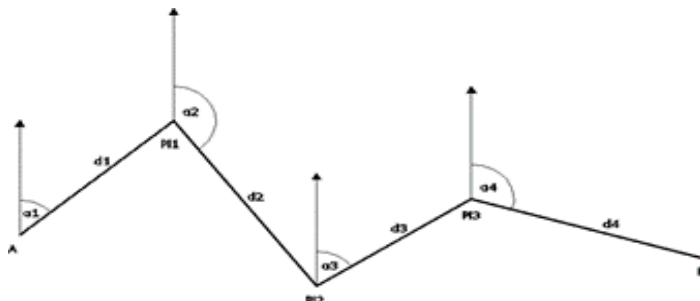
Y_2 : Koordinat titik P1.1 pada sumbu Y

Y_3 : Koordinat titik A pada sumbu Y

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

1) Sudut Azimuth (α)

Sudut azimuth (α) ditentukan berdasarkan arah utara



Gambar 2. 6 Sudut Azimuth (α)
(Sumber: Hasil Perhitungan 2024)

$$a_1 = a (A - PI_1)$$

$$a_2 = a (PI_1 - PI_2)$$

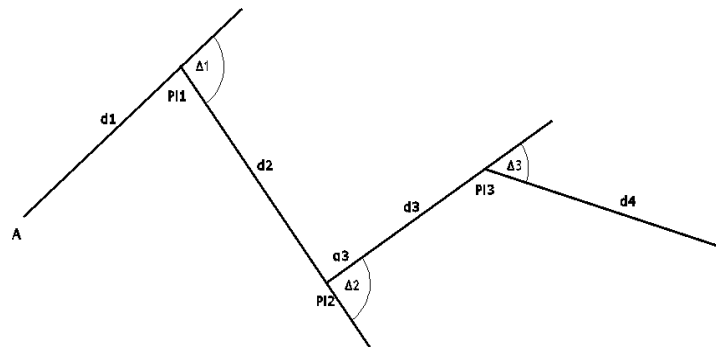
$$a_3 = a (PI_2 - PI_3)$$

$$a_4 = a (PI_3 - B)$$

Sudut *azimuth* (α) dihitung dengan rumus:

$$\alpha = \arctan\left(\frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1}\right) \dots \dots \dots (10)$$

2) Sudut *Bearing* (Δ)



Gambar 2. 7 Sudut *Bearing* (Δ)
(Sumber: Hasil Perhitungan 2024)

Sudut *Bearing* (Δ) adalah sudut tangen yang dihitung dengan rumus:

$$\Delta_1 = (\alpha_2 - \alpha_1)$$

$$\Delta_2 = (\alpha_3 - \alpha_2)$$

$$\Delta_3 = (\alpha_4 - \alpha_3)$$

2.6.3 Perhitungan Tikungan

Didalam suatu perencanaan garis lengkung maka perlu diketahui hubungan kecepatan rencana dengan kemiringan melintang jalan (superelevasi) karena garis lengkung yang direncanakan garis dapat mengurangi gaya sentrifugal secara berangsur-angsur mulai dari nol

sampai nol kembali. Bentuk tikungan dalam perencanaan tersebut adalah:

1. Tikungan *Full Circle* (FC)

Pada busur lingkaran dengan radius lebih besar dari nilai-nilai yang ditunjukkan dalam Tabel 2.20, tidak diperlukan lengkung peralihan. Nilai-nilai dalam tabel tersebut didasari atas kombinasi kecepatan operasi, radius lengkungan, panjang minimal lengkung peralihan, panjang lengkung peralihan yang dikehendaki untuk *runoff* superelevasi, dan kebutuhan akan lengkung peralihan jika pergeseran lengkung peralihan lebih besar dari 0,25-0,30 m.

Tabel 2. 20 Radius Maksimum yang Memerlukan Lengkung Peralihan

Kecepatan Operasi (Km/Jam)	Radius Maksimum yang Memerlukan Lengkung Peralihan (m)
20	24
30	54
40	95
50	148
60	213
70	290
80	379
90	480
100	592
110	716
120	852

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

Adapun rumus-rumus yang digunakan pada tikungan full circle, yaitu:

$$L_c = \frac{\pi}{180} \Delta R \dots \dots \dots (11)$$

$$T_c = R \tan \frac{1}{2} \Delta \dots \dots \dots (12)$$

$$E_c = T \tan \frac{1}{4} \Delta \dots \dots \dots (13)$$

$$L_c = \frac{R}{180} \cdot \Delta \quad (14)$$

Dimana:

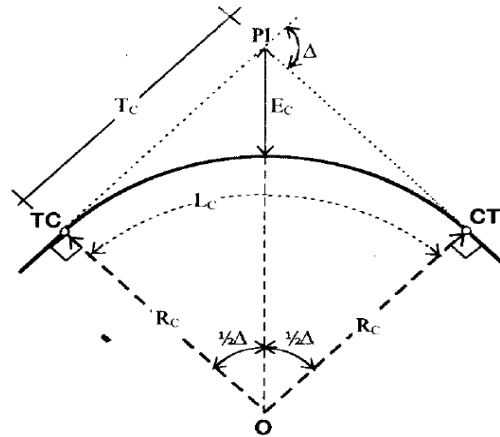
Δ : Sudut tikungan atau sudut tangen (°)

T_c : Jarak tangen dari T_c ke PI atau PI ke CT (m)

R_c : Jari-jari lingkaran (m)

E_c : Jarak PI ke busur lingkaran (m)

L_c : Panjang busur lingkaran(m)



Gambar 2. 8 Tikungan Full Circle
(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

2. Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS)

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

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

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

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

$$T_s = (R+P) \tan \frac{1}{2}\Delta + k \dots\dots\dots(15)$$

$$E_s = \frac{R+P}{\cos \frac{1}{2}\Delta} - R \dots\dots\dots(16)$$

$$L_{tot} = L_c + 2L_s \dots\dots\dots(17)$$

$$L_c = \frac{\Delta}{360} \times 2\pi R \dots\dots\dots(18)$$

$$\theta_s = \frac{L_s}{\pi R} \times 90 \dots\dots\dots(19)$$

$$\Delta_c = \Delta - 2\theta_s \dots\dots\dots(20)$$

$$P = Y_s - R (1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots(21)$$

$$k = X_s - R \sin \theta_s \dots\dots\dots(22)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6R} \dots\dots\dots(23)$$

$$X_s = L_s \cdot \left(1 - \frac{L_s^2}{40 R^2}\right) \dots\dots\dots(24)$$

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)

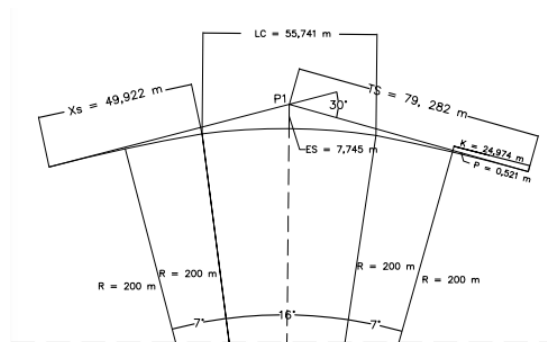
R = Jari-jari lingkaran (m)

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 (°)



Gambar 2. 9 Tikungan Spiral Circle Spiral
(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

2.6.4 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 V_D dengan kecepatan tempuh rata-rata kendaraan (V Tempuh Rata-rata).

Tabel 2. 21 Hubungan V_D dengan $V_{\text{Kecepatan Tempuh Rata-rata}}$

V_D (Km/Jam)	$V_{\text{Tempuh Rata-Rata}}$ (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, 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 runout (T_{ro}) adalah panjang jalan yang diperlukan untuk mencapai perubahan kemiringan melintang jalan dari kemiringan normal menjadi datar.

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 $VD \geq 80\text{Km/Jam}$.

$$L_{rr} = \frac{28,65 (q_1 - q_2) V}{r} \dots\dots\dots (25)$$

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 2.22)

Tabel 2. 22 Kelandaian Relatif Maksimum

VD (Km/Jam)	Kelandaian Relatif Maksimum (%)	Kelandaian Relatif Ekivalen Maksimum
20	0,80	1:125
30	0,75	1:133
40	0,70	1:143
50	0,65	1:154
60	0,6	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

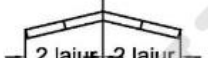
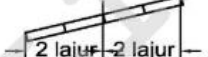
(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

Jika ada beberapa lajur yang akan dirotasi, faktor-faktor penyesuaian berikut ini hendaknya diterapkan pada lajur-lajur yang akan dirotasi. Lihat Tabel 2.23.

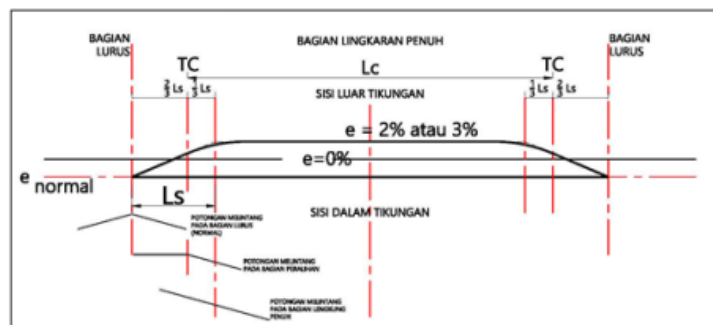
Tabel 2. 23 Faktor Penyesuaian untuk Jumlah Lajur Rotasi

Jumlah Lajur Rotasi (n_1)	Faktor Penyesuaian (b_w)	Kenaikan Panjang Relatif Terhadap Rotasi Satu Lajur ($n_1 b_w$)
1,00	1,00	1,00
1,50	0,83	1,25
2,00	0,75	1,50
2,50	0,70	1,75
3,00	0,67	2,00
3,50	0,64	2,25

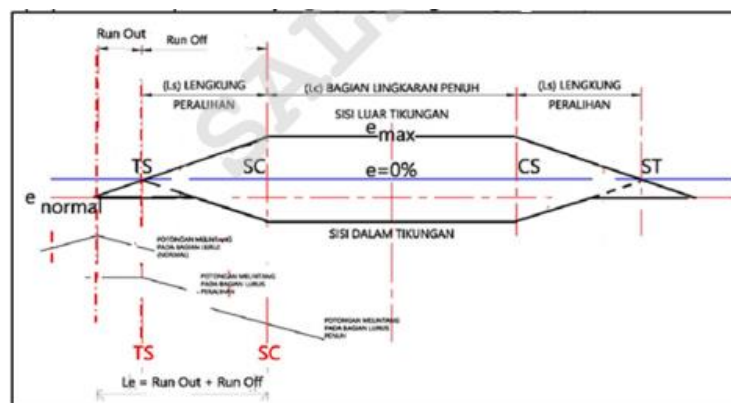
(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

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

Gambar 2. 10 Faktor Penyesuaian Jumlah Lajur Dirotasi
(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)



Gambar 2. 11 Gambar Diagram Superelevasi Tikungan Full Circle
(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)



Gambar 2. 12 Gambar Diagram Superelevasi Tikungan Spiral Circle
(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

2.6.5 Stationing

Penomoran (*stationing*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberi nomor pada interval-interval tertentu dari awal sampai akhir proyek Nomor jalan (STA) jalan dibutuhkan sebagai sarana informasi untuk dengan cepat mengenali lokasi yang sedang ditinjau dan sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan. Adapun interval untuk masing-masing penomoran jika tidak adanya perubahan arah tangent pada alinyemen horizontal maupun alinyemen vertikal adalah sebagai berikut:

- a. Setiap 100 m, untuk daerah datar.
- b. Setiap 50 m, untuk daerah bukit.
- c. Setiap 25 m, untuk daerah gunung.

2.6.6 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 2.24 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. 24 Radius Minimum Tikungan Dengan Kemiringan Melintang Jalan Normal

V_D (Km/Jam)	Lereng Normal (F-C)			Kemiringan Melintang Jalan <i>Adverse</i> 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, 2021)

2.6.7 Pelebaran Perkerasan Jalan Pada Tikungan

Menurut PDGJ Tahun 2021 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:

- a. 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.

- b. Pada saat di tikungan kendaraan lebih banyak menyimpang dari garis tengah lajur, dari pada di jalan lurus yang ada.

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 julur 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 2.25 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 berikut.

$$p = \frac{Lp^2}{24R} \dots\dots\dots(26)$$

Keterangan:

p adalah pergeseran, m.

L_p adalah panjang lengkung peralihan dan R adalah radius busur lingkaran.

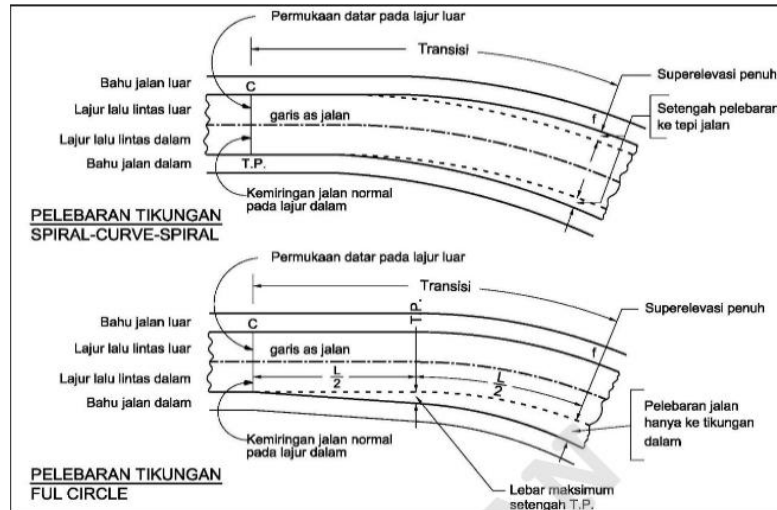
Untuk tikungan tanpa lengkung peralihan, lebih mudahnya semua pelebaran tikungan di sisi dalam tikungan dengan garis marka tengah jalan kemudian diimbangi dengan (offset) dari garis kontrol agar lebar lajur semuanya sama. Dengan ini membantu pengemudi menentukan peralihannya sendiri. Tikungan radius 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 2.25

Tabel 2. 25 Pelebaran tikungan per lajur untuk kendaraan desain

Radius (m)	Pelebaran Tikungan Untuk Truk Atau Bus Tunggal (m)	Pelebaran Tikungan 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

Radius (m)	Pelebaran Tikungan Untuk Truk Atau Bus Tunggal (m)	Pelebaran Tikungan Truk Semi-Trailer (m)
200	-	0,23

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)



Gambar 2. 13 Metode Penggunaan Pelebaran Tikungan

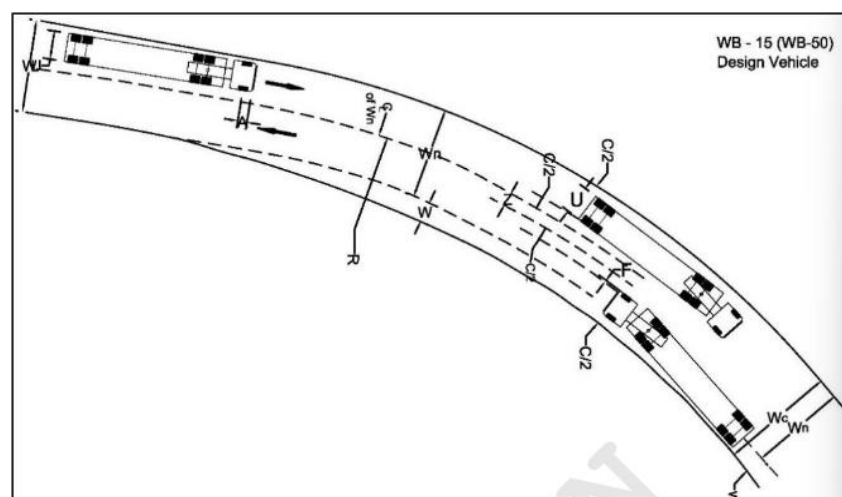
(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan 2021)

Tabel 2. 26 Penambahan lebar penunjang (z) pada pelebaran

Radius (m)	VD1 (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

Radius (m)	VD1 (Km/Jam)								
	20	30	40	50	60	70	80	90	100
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 2021)



Gambar 2. 14 Pelebaran Perkerasan di Tikungan

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

2.7 Alinyemen Vertikal

Menurut surat dari direktur jenderal bina marga 2021 Alinyemen 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.

Pergantian dari satu kelandaian ke kelandaian berikutnya dilakukan dengan menggunakan lengkung vertikal. Lengkung vertikal direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat memenuhi keamanan, kenyamanan dan drainase. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam kelandaian alinyemen vertikal, yaitu :

2.7.1 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 2.26). Akan tetapi, drainase yang ada tepi jalan dan median mungkin memerlukan kelandaian lebih curam daripada kelandaian jalan jalan itu sendiri agar bisa mengalirkan air dengan baik.

Tabel 2. 27 Kelandaian memanjang minimum

Lokasi	Kelandaian Minimum
jalan 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 2021)

2.7.2 Kelandaian Maksimum

Kelandaian maksimum yang ditentukan untuk berbagai variasi kecepatan rencana, dimaksud agar kendaraan dapat bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum hanya digunakan bila pertimbangan biaya pembangunan sangat memaksa dan hanya untuk jarak pendek.

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.

Menurut Permen PU No.19/PRT/M/2011, kelandaian maksimum yang diterapkan menurut spesifikasi penyediaan prasarana jalan dengan jenis medan yang berbeda. Perlu diperhatikan pada penerapan kriteria desain kelandaian maksimum, agar memperhatikan kendaraan desainnya terkait dengan kemampuannya dalam melintasi tanjakan dengan kelandaian maksimum. Pada jalan kelas arteri 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 $\leq 40\text{Km/Jam}$.

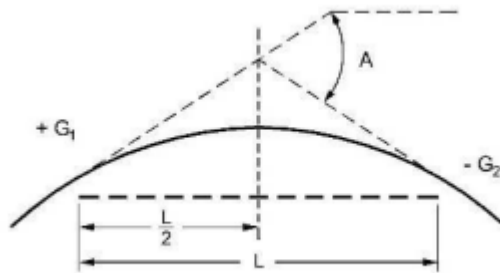
Tabel 2. 28 Kelandaian Maksimum

SPPJ	Kelandaian Maksimum (%)		
	Datar	Perbukitan	Pegunungan
Jalan Bebas Hambatan	4	5	6
Jalan Raya	5	6	10
Jalan Sedang	6	7	10
Jalan Kecil	6	8	12

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

2.7.3 Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal adalah pergantian dari satu kelandaian ke kelandaian yang lain dilakukan dengan mempergunakan lengkung vertikal. Pergantian dari satu kelandaian ke kelandaian yang lain dilakukan dengan menggunakan lengkung vertikal. Titik perpotongan dua bagian tangent vertikal dinamakan Titik Perpotongan Vertikal (TPV), dikenal dengan nama *Point of Vertical Intersection* (PVI) atau sering disebut Point Perpotongan Vertikal (PPV).



Gambar 2. 15 untuk Geometri Lengkung Vertikal

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

Untuk mencari nilai A gunakan persamaan berikut.

$$A = G_1 - G_2 \dots \dots \dots (27)$$

Keterangan :

G_1 dan G_2 = Kelandaian jalan (%)

A = Perbedaan aljabar Kelandaian jalan (%)

L = Panjang Lngkung Vertikal (m)

Persamaan umum Parabola Sederhana:

$$y = \frac{(g_1 - g_2)}{200L} X^2 \dots\dots\dots(28)$$

$$Ev = \frac{(g_1 - g_2) \cdot L}{800} \dots\dots\dots(29)$$

Keterangan :

- g1 = %
L = Panjang lengkung
X = 0 – ½ L

Pada umumnya lengkung vertikal didesain menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$L = K \cdot A \dots\dots\dots(30)$$

$$K = \frac{S^2}{200(2\sqrt{h_1} - h_2)}, \text{ untuk } S < L \dots\dots\dots(31)$$

$$K = \frac{2S}{A} \frac{200(2\sqrt{h_1} - 2\sqrt{h_2})}{A^2}, \text{ untuk } S > L \dots\dots\dots(32)$$

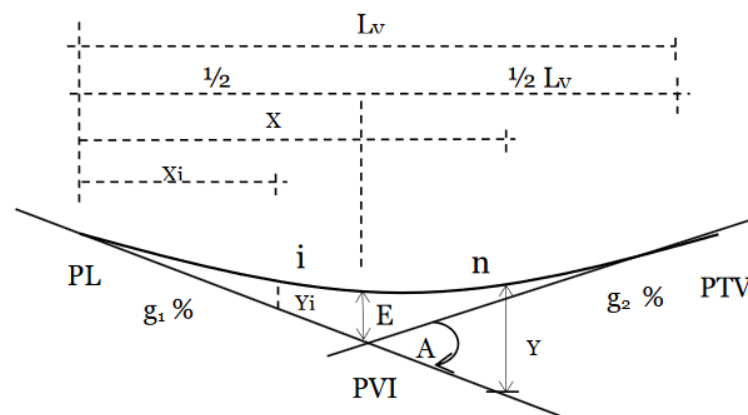
Keterangan:

- 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)

Lengkung vertikal terdiri dari 2 jenis yaitu :

1) Lengkung 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. 16 Bentuk Geometri Alinyemen Vertikal Cekung
(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan, 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 merupakan garis tangen kelandaian g_1 dan g_2 yang ada pada gambar2.15 :

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

L_v = 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:

$$EV = A \cdot (L_v / 800) \dots\dots\dots (33)$$

Keterangan :

A = $g_2 - g_1$ dalam %

L_v = Panjang lengkung vertikal (dalam meter)

$$Y_i = (X_i)^2 \cdot E_v \dots\dots\dots (34)$$

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

$$Y_i = \frac{A}{200 \cdot L_v} X_i^2 \dots\dots\dots (35)$$

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

$$g_1 = \frac{\text{Elevasi PV1} - \text{Elevasi PLV}}{0,5 \cdot L_v} \dots\dots\dots (36)$$

$$g_2 = \frac{\text{Elevasi PLV} - \text{Elevasi PV1}}{0,5 \cdot L_v} \dots\dots\dots (37)$$

Cara menghitung elevasi pada titik utama lengkung vertikal (PLV, PVI, PTV):

$$\begin{aligned} 1. \text{ HPVI} &= \text{HPLV} + \Delta h \text{ PLV_PVI} \\ \Delta h \text{ PLV_PVI} &= \frac{1}{2} L_v \cdot G_1 \dots\dots\dots (38) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ HPTV} &= \text{HPVI} + \Delta h \text{ PVI_PTV} \\ \Delta h \text{ PVI_PTV} &= \frac{1}{2} L_v \cdot G_2 \dots\dots\dots (39) \end{aligned}$$

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 (L_v) Cekung:

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

$$L_v = \frac{VR}{3,6} \cdot T \dots\dots\dots (40)$$

2. L_v terhadap Nilai Keluwesan Jalan:

$$L_v = 0,6 \times VR \dots\dots\dots (41)$$

3. L_v terhadap Drainase :

$$L_v = 40 \times A \dots\dots\dots (42)$$

$$L_v = (g_1 - g_2) \dots\dots\dots (43)$$

4. L_v terhadap Pengurangan Guncangan :

$$L_v = \frac{VR^2 \cdot A}{360} \dots\dots\dots (44)$$

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

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

$$L = \frac{A J_h^2}{120 + 3,55} \dots\dots\dots (45)$$

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

$$L = 2 J_h \frac{120 + 3,5 J_h}{A} \dots\dots\dots (46)$$

Keterangan :

L = Panjang lengkung cekung (m)
 A = Perbedaan aljabar landai (%)
 Jh = Jarak pandang henti (m)

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

$$L_v \min = \frac{jh^2}{405} \dots\dots\dots (47)$$

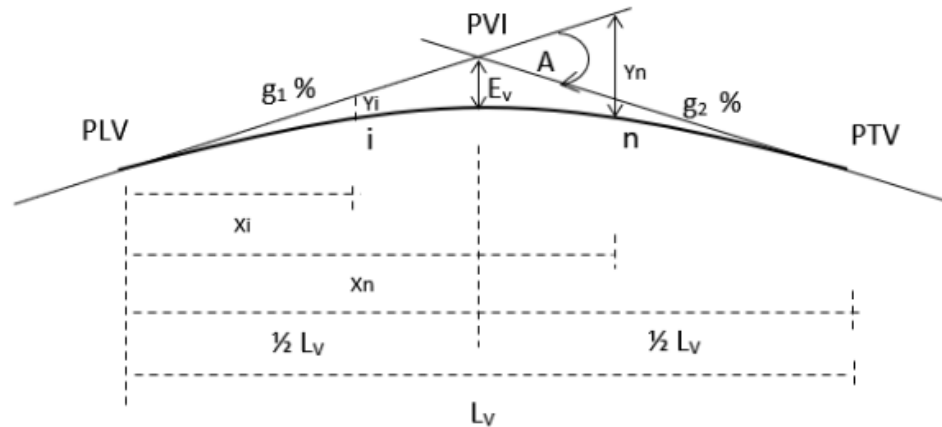
Tabel 2. 29 Kontrol Desain (K) untuk Lengkung Vertikal Cekung

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, 2021)

2) Lengkung 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. 17 Bentuk Geometrik Lngkung Vertikal Cembung
(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan 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 yang ada pada Gambar 2.16 :

g_1 = naik, jadi harganya + %

g_2 = turun, jadi harganya - %

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

Tabel 2. 30 Nilai Jarak Pandang Henti Pada lengkung Vertikal
Cembung

V_D (Km/Jam)	J_{PH} (m)	K^f
20	20	1
30	35	2
40	50	4

V_D (Km/Jam)	J_{PH} (m)	K^f
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 /2021)

Tabel 2. 31 Nilai Jarak Pandang Mendahului
Pada lengkung Vertikal

V_D (Km/Jam)	J_{PM} (m)	K^f
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

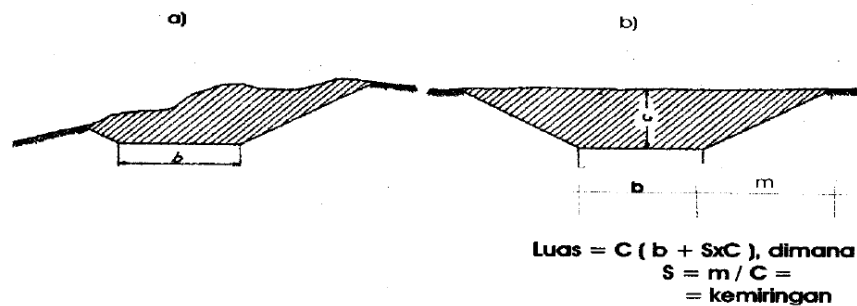
(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

2.8 Perencanaan Galian dan Timbunan

Dalam suatu perencanaan jalan, diusahakan volume galian sama dengan volume timbunan. Hal tersebut dilakukan agar pada saat mengkombinasikan antara alinyemen vertikal dan alinyemen horizontal, dapat memungkinkan kita untuk menghitung banyaknya volume galian dan timbunan. Langkah – Langkah dalam perhitungan galian dan timbunan, antara lain :

- Penentuan *stationing* (jarak patok) sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinyemen horizontal (trase jalan).

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



Gambar 2. 18 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).

Berikut rumus yang digunakan untuk menentukan volume tanah :

$$\text{Volume} = ((A_1 + A_2)/2) \times L \dots \dots \dots (47)$$

Keterangan :

A_1 = Luas Penampang di STA 1

A_2 = Luas Penampang di STA 2

L = Jarak antara STA 1 dan STA 2

2.9 Perencanaan Tebal Perkerasan

Perkerasan jalan adalah bagian jalan raya yang diperkeras dengan agregat dan aspal atau semen (Portland Cement) sebagai bahan ikatnya sehingga lapis konstruksi tertentu, yang memiliki ketebalan, kekuatan, dan kekakuan, serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar secara aman.

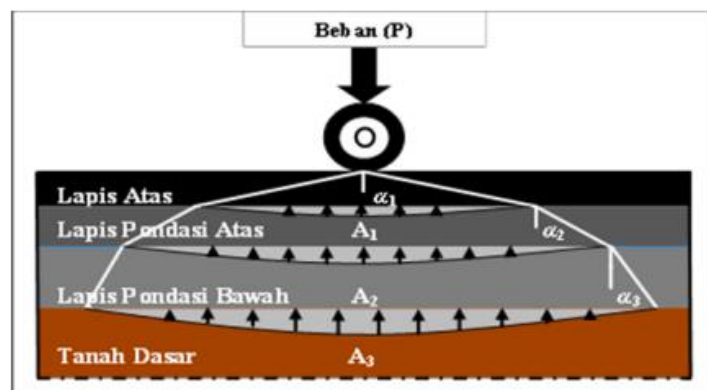
Fungsi utama dari perkerasan sendiri adalah untuk menyebarkan atau mendistribusikan beban roda ke area permukaan tanah dasar (sub-grade) yang lebih luas dibandingkan luas kontak roda dengan perkerasan, sehingga mereduksi tegangan maksimum yang terjadi pada tanah dasar. Perkerasan harus memiliki kekuatan dalam menopang beban lalu lintas. Permukaan pada perkerasan haruslah rata tetapi harus mempunyai kekesatan atau tahan gelincir (skid resistance) di permukaan perkerasan. Perkerasan dibuat dari berbagai pertimbangan, seperti: persyaratan struktur, ekonomis, keawetan, kemudahan, dan pengalaman (Nur Khaeat, Nur).

Perkerasan lentur merupakan campuran agregat batu pecah, pasir, material pengisi (filler), dan aspal yang kemudian dihamparkan lalu dipadatkan. Perkerasan lentur dirancang untuk melendut dan kembali lagi ke posisi semula bersama-sama dengan tanah-dasar pada saat menerima beban. Perancangan perkerasan lentur didasarkan pada teori elastis dan pengalaman lapangan. Teori elastis pada perkerasan sendiri untuk menganalisis regangan dalam setiap lapisan agar defleksi permanen tidak terjadi (Nur Khaerat, Nur).

Perkerasan lentur (Flexible Pavement), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu-lintas (Sukirman, 1999).

Sesuai dengan konsep perkerasan lentur, perkerasan ini akan melendut / melentur bila diberikan beban pada perkerasan. Karena sifat penyebaran gaya maka muatan yang diterima oleh masing-masing lapisan berbeda dan

semakin kebawah semakin kecil. Gaya yang di terima masing-masing lapisan berbedabeda dan akan semakin kecil. Lapisan permukaan harus mampu menerima seluruh jenis gaya yang bekerja, lapis pondasi atas menerima gaya vertikal dan getaran, sedangkan tanah dasar akan menerima gaya vertikal saja (Sukirman, 1999), seperti yang ditunjukkan pada Gambar di bawah ini.



Gambar 2. 19 Distribusi Beban Roda Pada Perkerasan

(Sumber : Nur Khaerat Nur, 2021)

2.9.1 Jenis Lapisan Perkerasan Lentur

- 1) Tanah Dasar (*Sub Grade*) Tanah Dasar, adalah permukaan tanah semula atau permukaan galian atau permukaan tanah timbunan, yang dipadatkan dan merupakan permukaan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat- sifat dan daya dukung tanah dasar. Umumnya persoalan yang menyangkut tanah dasar adalah sebagai berikut:
 - a) Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) dari macam tanah tertentu akibat beban lalu lintas.
 - b) Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.

- c) Daya dukung tanah yang tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dengan macam tanah yang sangat berbeda sifat dan kedudukannya, atau akibat pelaksanaan.

2) Lapis Pondasi Bawah (*Sub Base Course*), adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi dan tanah dasar. Fungsi lapis pondasi bawah antara lain:

- a) Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.
- b) Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan-lapisan selebihnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).
- c) Untuk mencegah tanah dasar masuk ke dalam lapis pondasi.
- d) Sebagai lapis pertama agar pelaksanaan dapat berjalan lancar. Hal ini sehubungan dengan terlalu lemahnya daya dukung tanah dasar terhadap roda-roda alat-alat besar atau karena kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca.

3) Lapis Pondasi (*Base Course*), adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dengan lapis pondasi bawah (atau dengan tanah dasar bila tidak menggunakan lapis pondasi bawah). Fungsi lapis pondasi antara lain:

- a) Sebagai bagian perkerasan yang menahan beban roda,
- b) Sebagai perletakan terhadap lapis permukaan.

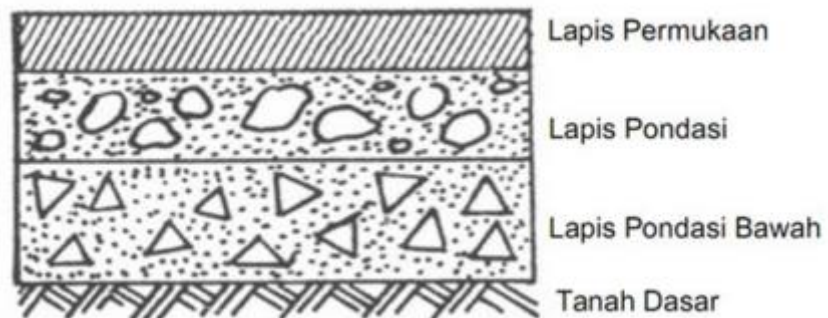
Bahan-bahan untuk lapis pondasi umumnya harus cukup kuat dan awet sehingga dapat menahan beban-beban roda. Sebelum menentukan suatu bahan untuk digunakan sebagai bahan pondasi, hendaknya dilakukan penyelidikan dan

pertimbangan sebaik-baiknya sehubungan dengan persyaratan Teknik.

4) Lapis Permukaan (surface course) adalah bagian perkerasan yang paling atas. Fungsi lapis permukaan antara lain:

Sebagai bahan perkerasan untuk menahan beban roda

- a) Sebagai lapisan rapat air untuk melindungi badan jalan kerusakan akibat cuaca.
- b) Sebagai lapisan aus (wearing course).



Gambar 2. 20 Konstruksi perkerasan lentur (Flexible Pavement)
(Sumber : Nur Khaerat Nur, 2021)

2.9.2 Kriteria Perencanaan Perkerasan Lentur

a) Material Berpengikat

Karakteristik modulus bahan berpengikat (*bounded materials*) dan tanah dasar yang digunakan pada MDPJ 2024 ditunjukkan pada Tabel 2.32.

Tabel 2. 32 Karakteristik modulus bahan berpengikat yang digunakan untuk pengembangan bagan desain dan untuk analisis mekanistik

Jenis Bahan	Modulus Tipikal (Mpa)	Poisson's Ratio	Koefisien Relatif (a)
HRS WC	800	0,4	
HRS BC	900		

Jenis Bahan	Modulus Tipikal (Mpa)	Poisson's Ratio	Koefisien Relatif (a)
AC WC	1100		sesuai PdT-01- 2002-B
AC BC (lapis atas)	1200		
AC Base atau AC BC (sebagai base)	1600		
Bahan bersemen (CTB)	500 Mpa retak (<i>Post Cracking</i>)	0,2 (mulus) 0,35 (retak)	
Tanah dasar (disesuaikan musim)	10 x CBR	0,45 (tanah kohesif) 0,35 (tanah non kohesif)	

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2024)

b) Koreksi Temperatur

Temperatur perkerasan beraspal dapat dinyatakan sebagai temperatur rata-rata tertimbang tahunan (weighted mean asphalt pavement temperature, WMAPT). 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. 33 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 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 2.33 menunjukkan modulus karakteristik permukaan sub-lapisan teratas yang digunakan untuk pengembangan bagan desain dan analisis mekanistik.

Tabel 2. 34 Karakteristik Modulus Lapisan Teratas Bahan Berbutir

Tebal Lapisan Aspal Di Atas Lapisan Berbutir (mm)	Modulus Bahan Berbutir (Mpa)	
	(Langsung Dibawah Lapis HRS)	Langsung Di Bawah Lapis AC: WC/BC/Base)
40	350	350
75	350	350
100	350	350
125	320	300
150	280	250
175	250	250
200	220	210
225	180	150
>250	150	150

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 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 2.35

Tabel 2. 35 Parameter Kelelahan (Fatigue) K*

Bahan Lapisan Aspal	Volume Aspal (Vb) (%)	Parameter K Untuk Kondisi Iklim Indonesia
HRS WC	16,4	0,009427
HRS BC	14,8	0,008217
AC WC	12,2	0,006370
AC BC	11,5	0,005880
AC Base atau AC BC sebagai lapis fondasi	11,5	0,005355

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2024)

$$* K = \left[\frac{6918 \times (0,856 V_b + 1,08)}{S_{mix}^{0,36}} \right] \dots \dots \dots (48)$$

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

2.9.3 Prosedur Perencanaan Perkerasan Lentur

2.9.3.1 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru

Tentukan umur rencana, Umur rencana perkerasan baru dinyatakan pada Tabel 2.36 berikut ini.

Tabel 2. 36 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR)

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (Tahun)(1)
Perkerasan lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir	20
	Fondasi jalan	40
	Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (<i>overlay</i>), seperti : jalan perkotaan, underpass, jembatan, terowongan.	
	<i>Cement Treated Based (CTB)</i>	

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (Tahun)(1)
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 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.
- b. Umur rencana harus memperhitungkan kapasitas jalan.

2.9.3.2 Pemilihan Jenis Perkerasan

1. Tentukan nilai-nilai ESA4 dan atau ESA5 sesuai umur rencana yang dipilih
2. Tentukan tipe perkerasan berdasarkan volume lalu lintas, umur rencana dan kondisi fondasi jalan. Batasan pada Tabel 2.36 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. 37 Pemilihan Jenis Perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagan Desain	ESA 5 (juta) dalam 20 tahun				
		0 - 1	1 - 4	4 - 10	>10 - 30	>30
AC modifikasi	3, 3A, 3B	-	-	-	-	2
AC dengan CTB		-	-	-	2	-

Struktur Perkerasan	Bagan Desain	ESA 5 (juta) dalam 20 tahun				
		0 - 1	1 - 4	4 - 10	>10 - 30	>30
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 krikil)	9	1	-	-	-	-

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 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.

2.9.3.3 Pengelompokkan Jenis Kendaraan

Untuk merencanakan tebal perkerasan diperlukan pengelompokkan jenis kendaraan beserta LHRnya seperticontoh pada tabel 2.38.

Tabel 2. 38 Contoh Pengelompokkan Jenis Kendaraan

Golongan Kendaraan	Uraian	Konfigurasi Sumbu	Kelompok Sumbu	Data LHR (2 Arah)
1	Sepeda motor dan kendaraan roda-3	-	-	11.197
2	Kendaraan ringan - sedan, jeep, dan station wagon	1.1	2	2.193
3	Kendaraan ringan – angkutan umum sedang	1.1	2	1.951
4	Kendaraan ringan - pick up dan micro truck	1.1	2	1.468
5A	Bus kecil	1.1	2	317
5B	Bus besar	1.2	2	262
6A	Truk 2 sumbu-truk ringan	1.1	2	322
6B	Truk 2 sumbu-truk sedang	1.2	2	2.505
7A1	Truk 3 sumbu-berat	11.2	2	753
7A2	Truk 3 sumbu-berat	1.22	2	416
7A3	Truk 4 sumbu-berat	11.22	2	-
7B1	Truk 4 sumbu-berat	1.2+2.2	4	-
7B2	Truk 5 sumbu-berat	11.2+2.2	4	52
7B3	Truk 5 sumbu-berat	1.22+2.2	4	-
7C1	Truk 4 sumbu-berat	1.2-22	3	269
7C2A	Truk 5 sumbu-berat	1.22-22	3	103
7C2B	Truk 5 sumbu-berat	1.2-222	3	93
7C3	Truk 6 sumbu-berat	1.22-222	3	59
7C4	Truk 7 sumbu-berat	1.22-2222	3	-
8	Kendaraan tak bermotor	-	-	539

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2024)

2.9.3.4 Faktor Distribusi Lajur

Lajur rencana adalah salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan niaga (truk dan bus) paling besar. Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar

standar (ESA) dengan memperhitungkan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur (DL).

Untuk jalan dua arah, faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,50 kecuali pada lokasi-lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu.

Faktor distribusi lajur digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (CESAL) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah. Pada jalan yang demikian, walaupun sebagian besar kendaraan niaga mungkin akan menggunakan lajur luar, sebagian lainnya akan menggunakan lajur-lajur dalam. Faktor distribusi lajur harus berdasarkan data-data hasil survai lalu lintas setempat atau jika tidak tersedia dapat menggunakan tabel 2.38 di bawah ini.

Tabel 2. 39 Faktor distribusi lajur (DL)

Jumlah Lajur Tiap Arah	Kendaraan Niaga Pada Lajur Design (% Terhadap Populasi Kendaraan Niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2024)

2.9.3.5 Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*)

Dalam desain perkerasan, beban lalu lintas dikonversi ke beban standar (ESA) dengan menggunakan faktor ekuivalen beban (vehicle damage factor). Faktor Ekuivalen Beban atau Vehicle Damage Factor (VDF) dari sebuah kendaraan tertentu adalah jumlah nilai beban ESA dari seluruh kelompok sumbu kendaraan tersebut. Dengan

menggunakan VDF, beban lalu lintas yang merupakan gabungan dari berbagai kendaraan dari berbagai kelas dengan beragam konfigurasi dan beban sumbu dapat dikonversi menjadi jumlah total beban ESA. Analisis struktur perkerasan dilakukan berdasarkan jumlah kumulatif beban ESA pada lajur rencana sepanjang umur rencana yang diperoleh dari nilai VDF tersebut.

Desain yang akurat memerlukan perhitungan beban lalu lintas yang akurat pula. Studi atau survei beban gandar yang dirancang dan dilaksanakan dengan baik merupakan dasar perhitungan ESA yang andal. Oleh sebab itu, survei beban gandar harus dilakukan apabila dimungkinkan. Ketentuan pengumpulan data beban gandar ditunjukkan pada Tabel di bawah ini.

Tabel 2. 40 Pengumpulan Data Beban Gandar

Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan	Sumber Data Beban Gandar
Jalan Bebas Hambatan	1 atau 2
Jalan Raya	2 atau 2 atau 3
Jalan Sedang	2 atau 3
Jalan Kecil	3 atau 3

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2024)

Tabel 2. 41 VDF Perkerasan Lentur Untuk Wilayah
Sumsel

Kondisi	Kelas Kendaraan	Gol 5B	Gol 6A	Gol 6B	Gol 7A1	Gol 7A2	Gol 7A3	Gol 7B1	Gol 7B2	Gol 7B3	Gol 7C1	Gol 7C2A	Gol 7C2B	Gol 7C3	Gol 7C4
VDF4	Faktual	1,2	0,5	2,6	7,2	8,8	-	-	-	-	9,0	11,0	7,5	10,2	-
	Normal	1,2	0,5	0,8	3,0	3,8	-	-	-	-	4,9	7,0	5,3	6,6	-
VDF5	Faktual	1,3	0,4	3,3	10,7	16,3	-	-	-	-	14,7	17,4	11,9	16,7	-
	Normal	1,3	0,4	0,7	3,4	4,9	-	-	-	-	6,3	9,3	7,1	8,9	-

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2024)

2.9.3.6 Beban Sumbu Standar Kumulatif

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

Menggunakan VDF masing-masing kendaraan niaga :

$$\text{CESAL} = (\sum \text{LHR}_{\text{JK}} \times \text{VDF}_{\text{JK}}) \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \text{R} \dots \dots \dots (49)$$

Keterangan :

LHR_{JK} : Lintas harian rata – rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari)

VDF_{JK} : Faktor ekuivalen beban (vehicle damage factor) tiap jenis kendaraan niaga,

DD : Faktor distribusi arah DL : Faktor distribusi lajur (Tabel 2.38)

CESAL : Kumulatif beban sumbu standar ekuivalen selama umur rencana

R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

2.9.3.7 Menentukan Struktur Perkerasan Lentur

Menurut MDPJ 2024, Untuk menentukan struktur perkerasan lentur dapat menggunakan tabel 2.41 berikut ini.

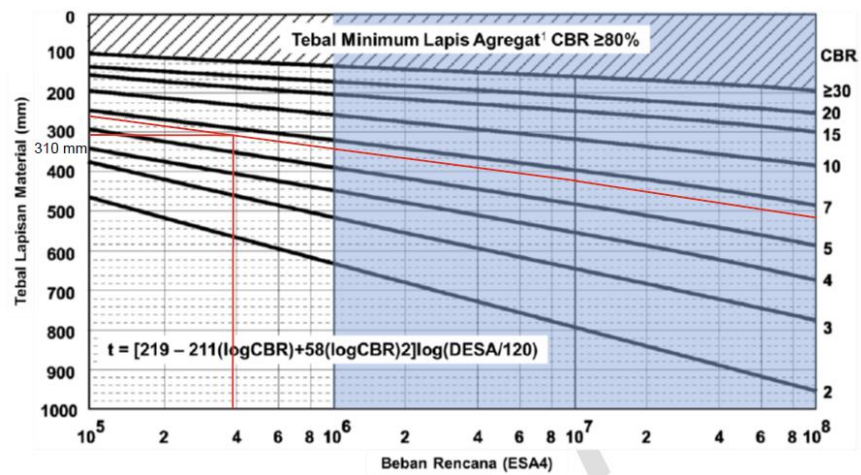
Tabel 2. 42 Bagan Desain-3A Desain perkerasan lentur – aspal dengan lapis fondasi agregat

	STRUKTUR PERKERASAN								
	FFF(1) 1	FFF(1) 2	FFF(1) 3	FFF(1) 4	FFF(1) 5	FFF(1) 6	FFF(1) 7	FFF(1) 8	FFF(1) 9
	Untuk beban rencana <30 jt ESA5 menggunakan Aspal Pen 60 -70					Untuk beban rencana <30 jt ESA5 direkomendasikan menggunakan Aspal PG70			
Beban rencana 20 tahun (10 ESA5)	<2	>2 - 5	>5 - 10	>10 -15	>15 - 30	>30 - 50	>50 - 100	>100 - 150	>150 - 200
Tebal Perkerasan (mm)									
AC WC	60	40	40	40	40	40	40	40	40
AC BC	-	65	75	75	60	60	75	80	90
	-	80	80	-	-	-	-	-	-
AC Base	-	-	-	100	80	85	100	100	80
	-	-	-	-	80	100	100	100	80
	-	-	-	-	-	-	-	-	90
LFA Kelas A	200	200	200	200	200	200	200	200	200
LFA Kelas B	150	150	150	150	150	150	150	150	150
LFA Kelas C	-	-	200	200	200	200	200	200	200

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2024)

2.9.3.8 Menentukan struktur bahu jalan

Berdasarkan MDPJ (Manual Desain Perkerasan Jalan, 2024), beban rencana bahu jalan harus memiliki 10% kekuatan dari struktur badan jalan. Oleh karena itu, untuk menentukan struktur bahu akan menggunakan nilai ESA 4 kemudian ditarik dengan grafik.



Gambar 2. 21 Contoh penentuan tebal LFA pada bahu jalan

(Sumber: Hasil Perhitungan 2024)

Menurut MDPJ 2024, apabila ketebalan LFA kelas A yang didapat melebihi 200 mm maka dikurangi dengan 120 mm. Agregat kelas S maksimal 200 mm. Maka, untuk mencari nilai LFA kelas C dan B dapat menggunakan rumus
Tebal total lapis perkerasan badan jalan – (tebal agregat kelas S + Agregat kelas S)

2.9.3.9 Menentukan Struktur Pondasi Perkerasan

Untuk menentukan struktur fondasi perkerasan diperlukan perhitungan ESA4 dan ESA5. Untuk melakukan

perhitungan nilai ESA4 dan ESA5 dapat menggunakan rumus di bawah ini :

$$(\Sigma LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R \dots \dots \dots (50)$$

Dengan :

ΣLHR_{JK} : LHR tiap jenis kendaraan niaga

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

DD : Faktor distribusi arah

DL : Faktor distribusi lajur

R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

CESAL : Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana

Tabel 2. 43 Tabel Untuk Menentukan Jenis Perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagan Desain	ESA 5 (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

Struktur Perkerasan	Bagan Desain	ESA 5 (juta) dalam 20 tahun				
		0 - 1	1 - 4	4 - 10	>10 - 30	>30
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah	8A	-	-	1,2	-	-
Perkerasan tanpa penutup (Japat dan jalan krikil)	9	1	-	-	-	-

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan, 2024)

2.10 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah proses merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Manajemen proyek tumbuh karena dorongan mencari pendekatan pengelolaan yang sesuai dengan tuntutan dan sifat kegiatan proyek, suatu kegiatan yang dinamis dan berbeda dengan kegiatan operasional rutin. (Hafnidar A. Rani, 2016)

2.10.1 Rencana Kerja dan Syarat (RKS)

RKS atau betek merupakan ketentuan tertulis secara terperinci mengenai suatu pekerjaan yang mencakup baik dalam segi teknis maupun 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 dari RKS yaitu sebagai:

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

2.10.2 Daftar Harga Satuan Bahan dan Upah

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

2.10.3 Analisa Satuan Harga Pekerjaan

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

1. Analisa harga satuan pekerjaan

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

2. Analisa satuan alat berat

Perhitungan analisa satuan alat berat dilakukan dengan dua pendekatan yaitu;

- a. Pendekatan on the job, yaitu pendekatan yang dimaksudkan untuk mendapatkan hasil perhitungan produksi berdasarkan data yang diperoleh dari data hasil lapangan dan data ini biasanya didapat dari pengamatan observasi lapangan.

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

2.10.4 Perhitungan Volume Pekerjaan

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

2.10.5 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

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.

Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang samakan berbeda-beda dimasing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja.

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

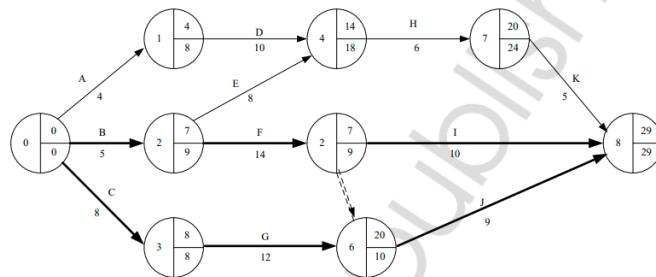
- a. Perhitungan Kuantitas Pekerjaan
- b. Analisa Harga Satuan
- c. Rencana Anggaran Biaya
- d. Rekapitulasi

2.10.6 Network Planning

Net Work Planning adalah alat manajemen yang memungkinkan dengan lebih luas dan lengkap dalam perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Proyek secara umum didefinisikan sebagai suatu rangkaian kegiatan-kegiatan (aktivitas) yang mempunyai saat permulaan dan yang harus dilaksanakan serta diselesaikan untuk mendapat satu tujuan tertentu. Ini penting untuk digunakan oleh orang yang bertanggung jawab atas bidang-bidang engineering, produksi, marketing administrasi dan lain-lain, di mana setiap kegiatan tersebut tidak merupakan kegiatan rutin. (Hafnidar A. Rani, 2016)

Cara membuat network planning bisa dengan cara manual atau menggunakan software komputer seperti *Ms. Project*. untuk membuatnya kita membutuhkan data-data yaitu :

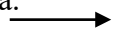
- Jenis pekerjaan yang dibuat detail rincian item pekerjaan, contohnya jika kita akan membuat *network planning* pondasi batu kali maka apabila dirinci ada pekerjaan galian tanah, pasangan pondasi batu kali kemudian urugan tanahkembali.
- Durasi waktu masing-masing pekerjaan, dapat ditentukan berdasarkan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

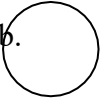


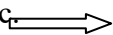
Gambar 2. 22 Sketsa Network Planning

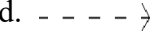
(Sumber : Hafnidar A. Rani, 2016)

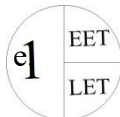
Keterangan :

a.  (*Arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Simbol ini merupakan pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan resources tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.

b.  (*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu kegiatan.

c.  (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critikcal path*).

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



1 = Nomor Kejadian

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

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

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

2.10.7 *Barchart* dan Kurva S

Barchart adalah suatu diagram yang terdiri dari batang-batang yang menunjukkan saat dimulai dan saat selesai yang direncanakan untuk kegiatan-kegiatan pada suatu proyek. Disamping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan (*Wulfram, 2005*).

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 didapatkan dari perbandingan dan jumlah harga penawaran (*Wulfram, 2005*).

