

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Jalan

Jalan adalah seluruh bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi Lalu lintas umum, yang berada pada permukaan tanah, diatas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta diatas permukaan air, kecuali jalan rel dan jalan kabel (Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2009).

Perancangan geometrik jalan merupakan suatu perancangan *route* dari suatu ruas jalan secara lengkap, menyangkut beberapa komponen jalan yang dirancang berdasarkan kelengkapan data dasar, yang didapatkan dari hasil *survey* lapangan, kemudian dianalisis berdasarkan acuan persyaratan perancangan geometrik yang berlaku. Peninjauan masalah dalam hal non-teknis biasanya banyak yang lebih mengganggu dari pada faktor teknis. Acuan perancangan yang dimaksud adalah sesuai dengan standar perancangan geometrik yang dianut di Indonesia. Standar perancangan tersebut, dibuat oleh Direktorat Jenderal Bina Marga yang disesuaikan dengan klasifikasi jalan.

2.2. Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan adalah pengelompokan jalan berdasarkan fungsi jalan, berdasarkan administrasi pemerintahan dan berdasarkan muatan sumbu yang menyangkut dimensi dan berat kendaraan. Berikut ini adalah pembagian klasifikasi jalan, yaitu :

2.2.1. Klasifikasi Jalan Berdasarkan Fungsinya

Klasifikasi jalan merupakan aspek penting yang harus diidentifikasi sebelum melakukan perancangan jalan. Karena kriteria desain suatu rencana jalan yang ditentukan dari standar desain ditentukan oleh klasifikasi jalan rencana. Berikut klasifikasi jalan berdasarkan fungsinya:

1. Jalan Arteri, yakni jalan umum yang melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, jumlah jalan masuk dibatasi. Adapun ciri-cirinya yaitu:
 - Dilalui oleh kendaraan berat > 10 ton.
 - Dilalui oleh kendaraan dengan kecepatan tinggi > 80 km/jam.
2. Jalan kolektor, yakni jalan umum yang melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan perjalanan sedang, kecepatan rata-rata sedang, jumlah masuk dibatasi. Adapun ciri-cirinya yaitu:
 - Melayani semua jenis pengguna jalan, kendaraan ringan, kendaraan berat, namun dibatasi dari pusat pemukiman ke pusat industri.
 - Dilalui oleh kendaraan dengan kecepatan sedang (40 - 80 km/jam).
3. Jalan lokal, yakni jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri:
 - Melayani semua jenis pengguna jalan, kendaraan ringan, kendaraan berat, namun dibatasi dari pusat pemukiman ke pusat industri.
 - Dilalui oleh kendaraan dengan kecepatan rendah (maksimum 60 km/jam).
4. Jalan Lingkungan, yakni jalan yang melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan hanya untuk kendaraan-kendaraan kecil.

2.2.2. Klasifikasi Jalan Berdasarkan Kelas Jalan

Tabel 2.1 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Kelas Jalan

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Dimensi Kendaraan, m			Muatan Sumbu Terberat (MST) ton
		Lebar	Panjang	Tinggi	
Kelas I	Arteri, Kolektor	$\leq 2,55$	$\leq 18,0$	$\leq 4,2$	10
Kelas II	Arteri, Kolektor, Lokal, dan Lingkungan	$\leq 2,55$	$\leq 12,0$	$\leq 4,2$	8
Kelas III		$\leq 2,2$	$\leq 9,0$	$\leq 3,5$	8 ^{*)}
Kelas Khusus	Arteri	$\geq 2,55$	$\geq 18,0$	$\leq 4,2$	> 10
Catatan: ^{*)} dalam keadaan tertentu dapat < 8 ton					

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

Untuk pengaturan penggunaan jalan dan Kelancaran Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, Jalan Umum berdasarkan UU No 22/2009 Tentang Lalu Lintas

dan Angkutan Jalan, jalan dibagi dalam kelas berdasarkan fungsi salah satunya dengan mempertimbangkan Lalu Lintas Harian Rata-rata (smp), diantaranya:

- a. Jalan Kelas I, jalan ini harus memiliki nilai LHR diatas 20.000 smp.
- b. Jalan Kelas II, jalan ini harus memiliki nilai LHR antara 6.000 - 20.000 smp.
- c. Jalan Kelas III, jalan ini memiliki nilai LHR 1.500 smp - 8.000 smp.

2.2.3. Klasifikasi Jalan Berdasarkan Medan Jalan

Menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota Tahun 1997, medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan, medan yang diukur tegak lurus garis kontur, klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Klasifikasi Berdasarkan Medan Jalan

No.	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1.	Datar	D	< 10
2.	Perbukitan	B	10 – 25
3.	Pegunungan	G	> 25
Catatan: *) nilai kemiringan medan rata-rata per 50m dalam satu kilometer.			

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan No.13, 2021)

2.3. Penampang Melintang

2.3.1. Jalur dan Lajur Lalu Lintas

Jalur lalu lintas (*travelled way = carriage way*) adalah keseluruhan bagian perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk lalu lintas kendaraan. Jalur lalu lintas terdiri dari beberapa lajur (*lane*) kendaraan. Lajur kendaraan yaitu bagian dari jalur lalu lintas yang khusus diperuntukkan untuk dilewati oleh satu rangkaian kendaraan beroda empat atau lebih dalam satu arah. Lebar lajur jalan ideal berdasarkan Bina Marga dalam Pedoman Desain Geometrik Jalan No.13/P/2021 dilihat pada tabel 2.3

Tabel 2.3 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)

2.3.2. Bahu Jalan

Bahu jalan adalah jalur yang terletak berdampingan dengan jalur lalu lintas yang berfungsi sebagai:

1. Ruangan untuk tempat berhenti sementara kendaraan yang mogok atau yang sekedar berhenti karena pengemudi ingin berorientasi mengenai jurusan yang akan ditempuh atau beristirahat.
2. Ruangan untuk menghindarkan diri dari saat-saat darurat sehingga dapat mencegah terjadinya kecelakaan.
3. Memberikan kelegaan pada pengemudi, dengan demikian dapat meningkatkan kapasitas jalan yang bersangkutan.
4. Memberikan sokongan pada konstruksi perkerasan jalan dari arah samping.
5. Ruangan pembantu pada waktu mengadakan pekerjaan perbaikan atau pemeliharaan jalan (untuk tempat penempatan alat-alat, dan penimbunan bahan material).
6. Ruangan untuk lintasan kendaraan-kendaraan patrol, ambulan yang sangat dibutuhkan pada keadaan darurat seperti terjadinya kecelakaan.

2.3.3. Saluran Samping

Umunya bentuk saluran samping trapesium atau empat persegi panjang. Untuk daerah perkotaan, dimana daerah pembebasan jalan sudah sangat terbatas, maka saluran samping dapat dibuat dari konstruksi beton yang berbentuk empat persegi panjang dan ditempatkan di bawah trotoar. Sedangkan di daerah pedalaman di mana pembebasan jalan bukan menjadi masalah, saluran samping umumnya dibuat berbentuk trapesium. Saluran samping berguna untuk:

1. Mengalirkan air dari permukaan perkerasan jalan ataupun dari bagian luar jalan.
2. Menjaga supaya konstruksi jalan selalu berada dalam keadaan kering tidak terendam air.

2.3.4. Lapisan Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah lapisan konstruksi yang dibangun di atas lapisan tanah dasar (subgrade) yang berfungsi menanggung beban lalu lintas. Lapisan perkerasan jalan dapat dibedakan atas lapisan permukaan, lapisan pondasi atas, lapisan pondasi bawah, dan lapisan tanah dasar.

2.3.5. Bagian – Bagian Jalan

Suatu jalan raya terdiri dari bagian – bagian jalan, dimana bagian – bagian jalan tersebut, dibedakan berdasarkan :

1. Ruang Manfaat Jalan (RUMAJA)

Ruang manfaat jalan (RUMAJA) yaitu daerah yang meliputi seluruh badan jalan, saluran tepi jalan, dan ambang pengaman.

2. Ruang Milik Jalan (RUMIJA)

Ruang milik jalan (RUMIJA) adalah ruang yang dibatasi oleh lebar yang sama dengan ruang manfaat jalan ditambah ambang pengaman konstruksi jalan dengan tinggi 5 meter dan kedalaman 1,5 meter.

3. Ruang Pengawasan Jalan (RUWASJA)

Ruang pengawasan jalan (RUWASJA) adalah ruang sepanjang jalan diluar ruang manfaat jalan yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu.

2.4. Perancangan Geometrik Jalan

2.4.1. Penentuan Trase Jalan

Penentuan trase dan perencanaan trase jalan dipengaruhi oleh keadaan fisik dan topografi serta peruntukan lahan yang dilaluinya. Keadaan tanah dasar dapat mempengaruhi lokasi dan bentuk trase dari suatu jalan, misalnya keadaan tanah dasar yang kurang baik dapat memaksa perencana untuk memindahkan trase jalan atau penimbunan yang tinggi, serta didapati tanah dasar dengan permukaan air tanah yang tinggi, walaupun dalam kondisi tertentu dapat diatasi dengan tata salir drainase yang baik. Dalam kondisi normal, penentuan trase jalan sekaligus pemetaan dilapangan, tidak terlalu banyak memerlukan perbaikan tanah (*soil improvement*), sehingga hanya terbatas pada pekerjaan galian dan timbunan (*cut and fill*) saja. (Ir. Hamirhan Saodang, 2010:47)

Dalam penentuan penentuan trase jalan terdapat beberapa hal yang harus dipertimbangkan, meliputi:

- a. Trase jalan sebaiknya dibuat lurus, pendek, sedikit tikungan, dan kelandaianannya seminim mungkin.
- b. Trase jalan menjauhi Daerah Aliran Sungai (DAS).
- c. Trase jalan mempertimbangkan besarnya volume galian dan timbunan.
- d. Pemilihan lokasi trase pada tanah yang mempunyai nilai CBR yang memenuhi syarat, sehingga keberadaan tanah bisa dipakai untuk pekerjaan timbunan pada lokasi trase jalan yang akan direncanakan.

2.4.2. Data Perencanaan

Dalam proses perencanaan geometrik konstruksi jalan raya, diperlukan data-data seperti data lalu lintas, data topografi, data penyelidikan tanah, dan data penunjang lainnya. Data-data ini sangat penting untuk menentukan geometri dan ketebalan perkerasan yang dibutuhkan dalam perencanaan konstruksi jalan raya. Data-data tersebut memberikan gambaran yang akurat mengenai lokasi di mana jalan tersebut akan dibangun.

a. Data Lalu Lintas

Data lalu lintas merupakan data utama yang diperlukan dalam perencanaan teknik jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan menggunakan pada suatu segmen jalan yang akan ditinjau (Ir. Hamirhan Saodang, 2010).

Untuk merencanakan teknik jalan baru, survey lalu lintas tidak dapat dilakukan karena belum ada jalan. Akan tetapi, untuk menentukan dimensi jalan tersebut diperlukan data jumlah kendaraan (Shirley L.Hendarsin, 2000: 45-46).

Untuk itu dapat dilakukan dengan cara:

- a) Survey perhitungan lalu lintas (*traffic counting*), yaitu dilakukan pada jalan yang sudah ada, yang diperkirakan mempunyai bentuk, kondisi dan keadaan komposisi lalu lintas akan serupa dengan jalan yang direncanakan.
- b) Survey asal dalam tujuan (*origin and destination survey*), yaitu dilakukan pada lokasi yang dianggap dapat mewakili, dengan melakukan wawancara

kepada pengguna jalan untuk mendapatkan gambaran rencana jumlah dan komposisi kendaraan pada jalan yang direncanakan.

b. Data Peta Topografi

Survei topografi dalam perencanaan teknik jalan raya yaitu pengukuran *route* yang dilakukan dengan tujuan memindahkan kondisi permukaan bumi dari lokasi yang diukur pada kertas berupa peta planimetri. Peta ini akan digunakan sebagai peta dasar untuk plotting perencanaan geometrik jalan raya, dalam hal ini perencanaan alinyemen horizontal (Shirley L.Hendarsin,2000:30). Peta ini digunakan sebagai peta dasar untuk perencanaan geometrik jalan raya. Beberapa sifat peta topografi antara lain:

- a) Selalu merupakan garis/lengkung yang tertutup.
- b) Tidak akan pernah berpotongan dan tidak bercabang.
- c) Untuk menggambarkan daerah yang terjal, jarak antara peta topografi cenderung semakin rapat.
- d) Untuk menggambarkan daerah yang landai, jarak antara peta topografi cenderung semakin renggang.

c. Data Penyelidikan Tanah

Tanah dasar dapat terdiri dari tanah dasar asli, tanah dasar galian atau tanah dasar tanah urug yang disiapkan dengan cara diadatkan (Silvia Sukirman, 2010:55). Data penyelidikan tanah dasar didapat dengan cara melakukan penyelidikan tanah di lapangan, meliputi pekerjaan:

- a) Penelitian terhadap semua kondisi tanah yang ada pada proyek jalan tersebut, dilakukan berdasarkan survey langsung di lapangan maupun dengan pemeriksaan di laboratorium. Pengambilan data *California Bearing Ratio* (CBR) di lapangan dilakukan sepanjang ruas rencana, dilakukan setiap jarak 200 m. penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan 2 metode, yaitu grafis dan analitis.
- b) Membakukan analisa pada contoh tanah yang terganggu dan tidak terganggu, *American Standard Testing and Materials* (ASTM) dan *The American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) maupun standar yang berlaku di Indonesia.

3. Data Penunjang Lainnya

Data – data lain yang perlu diperhatikan diantaranya data tentang drainase. Peninjauan drainase meliputi data meteorology dan geofisika untuk kebutuhan analisis data dari stasiun yang terletak pada daerah tangkapan. Tetapi pada daerah tangkapan tidak memiliki data curah hujan, maka dapat dipakai data dari stasiun di luar daerah tangkapan yang dianggap masih dapat mewakili. (L. Hendarsin Shirley, 2000)

2.4.3. Parameter Perancangan

Berdasarkan karakteristik dari unsur kendaraan, lalu lintas dan pengendara, disamping faktor lingkungan dimana jalan tersebut berada. Pertimbangannya adalah jalan raya harus dapat menampung berbagai jenis kendaraan yang lewat, memberikan kemudahan pada para pengendara, dan layak dilalui untuk sejumlah kapasitas lalu lintas rencana, agar jalan nyaman, aman, murah dan aksesibilitasnya tinggi (Ir. Hamirhan Saodang, 2010:21).

Beberapa parameter perencanaan geometrik dari unsur karakteristik kendaraan antara lain:

a. Kendaraan Rencana

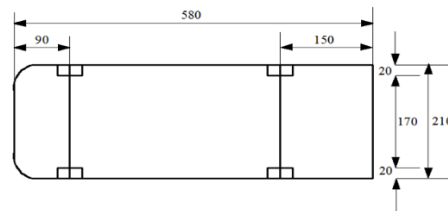
Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Untuk perencanaan, setiap kelompok diwakili oleh satu ukuran standar. Dan ukuran standar kendaraan rencana masing-masing kelompok adalah ukuran terbesar yang mewakili kelompoknya. Dimensi kendaraan bermotor untuk keperluan perencanaan geometrik jalan ditetapkan seperti pada Tabel 2.4 berikut:

Tabel 2.4 Dimensi Kendaraan Rencana

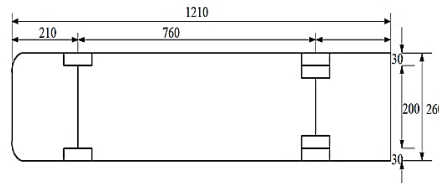
Jenis Kendaraan Rencana	Simbol	Dimensi Kendaraan			Dimensi Tonjolan		Radius Putar Minimum	Radius Tonjolan Minimum
		Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang		

Mobil Penumpang	P	1,3	2,1	5,8	0,9	1,5	7,3	4,4
Truk AS Tunggal	SU	4,1	2,4	9,0	1,1	1,7	12,8	8,6
Bis Gandeng	A-BUS	3,4	2,5	18,0	2,5	2,9	12,1	6,5
Truk Semitrailer Kombinasi Sedang	WB-12	4,1	2,4	13,9	0,9	0,8	12,2	5,9
Truk Semitrailer Kombinasi Besar	WB-15	4,1	2,5	16,8	0,9	0,6	13,7	5,2
Conversional School Bus	SB	3,2	2,4	10,9	0,8	3,7	11,9	7,3
City Transit Bus	CB	3,2	2,5	12,0	2,0	2,3	12,8	7,5

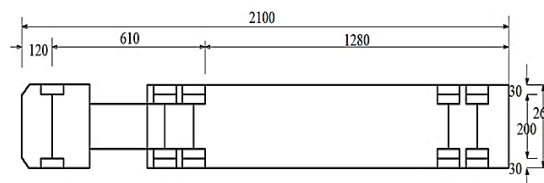
(Sumber: RSNI Geometrik Jalan Perkotaan, 2004)



Gambar 2.1 Dimensi Kendaraan Kecil



Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Sedang



Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Besar

b. Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan pada suatu ruas jalan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometric jalan seperti, tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang dan lain-lain. Kecepatan yang dipilih tersebut adalah kecepatan tertinggi menerus dimana kendaraan dapat berjalan dengan aman dan keamanan itu sepenuhnya dari bentuk jalan, dimana kecepatan rencana (V_r) untuk suatu ruas jalan dengan kelas dan fungsi yang sama dianggap sama sepanjang ruas jalan tersebut.

Kecepatan rencana (V_r) pada ruas jalan merupakan kecepatan yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lenggang dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti. Untuk kondisi medan yang sulit, kecepatan rencana suatu segmen jalan dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20 km/jam. Kecepatan rencana untuk masing-masing fungsi jalan dapat ditetapkan dari Tabel 2.4.

Tabel 2.5 Kecepatan Rencana (V_r) sesuai Klasifikasi Fungsi dan Medan Jalan

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

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan No.13, 2021)

c. Volume Lalu Lintas Rencana

Volume lalu lintas merupakan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satuan-satuan waktu (hari, jam, menit). Volume lalu lintas dipergunakan untuk perencanaan desain, jumlah dan lebar lajur jalan. Satuan volume lalu lintas yang umum digunakan sehubungan dengan penentuan jumlah dan lebar jalur adalah:

a) Lalu Lintas Harian Rata – Rata

Lalu lintas harian rata-rata adalah jumlah lalu lintas yang diperoleh selama masa pengamatan dalam satu hari. Dari cara memperoleh data tersebut dikenal dua jenis yaitu lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHRT) dan lalu lintas harian rata-rata (LHR). LHRT adalah jumlah lalu lintas kendaraan rata-rata yang

melewati 1 jalur selama 24 jam dan diperoleh dari rata-rata selama 1 tahun penuh.

$$LHRT = \frac{\text{jumlah lalu lintas dalam 1 tahun}}{365 \text{ hari}} \dots\dots\dots (2.1)$$

LHRT dinyatakan dalam SMP/hari/2 arah

LHR adalah jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dibagi dengan lamanya pengamatan.

$$LHR = \frac{\text{Jumlah lalu lintas selama pengamatan}}{\text{lamanya pengamatan}} \dots\dots\dots (2.2)$$

b) Volume Jam Rencana (VJR)

Berdasarkan Pedoman Desain Geometrik Jalan No.13/P/BM/2021, volume arus lalu lintas harian rencana (VLHR) adalah prakiraan volume arus lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas, dinyatakan dalam SMP/hari. Sedangkan volume arus lalu lintas jam rencana adalah prakiraan volume arus lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas, dinyatakan dalam satuan smp/jam dan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Q_{JD} = LHRT \times K \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana: Q_{JD} = Volume jam rencana

K = faktor volume lalu lintas jam sibuk

Tabel 2.6 Penentuan Faktor-K dan Faktor-F Berdasarkan Volume Lalu Lintas Harian Rata-rata (VLHR)

VLHR (SMP/Hari)	Faktor-K (%)	Faktor-F (%)
>50.000	4 -6	0,90 – 1
30.000 – 50.000	6 – 8	0,80 – 1
10.000 – 30.000		
5.000 – 10.000	8 – 10	0,60 – 0,80
1.000 – 5.000	10 – 12	
<1.000	12 – 16	<0,60

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2021)

d. Kapasitas jalan

Kapasitas adalah jumlah kendaraan maksimum yang dapat melewati suatu penampang jalan pada jalur jalan selama 1 jam dengan kondisi serta arus lalu lintas tertentu (Silvia Sukirman, 1999:46). Kapasitas jalan akan

menunjukkan jumlah arus lalu lintas yang maksimum dapat melewati penampang tersebut dalam waktu 1 jam sesuai kondisi jalan. Rumus yang digunakan berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia Tahun 2023, yaitu:

$$C = C_o \times FCL \times FCPA \times FCHS \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

C = kapasitas jalan, SMP/jam.

C₀ = kapasitas dasar segmen, SMP/jam.

FCL = faktor koreksi kapasitas akibat lebar lajur jalan yang tidak ideal.

FCPA = faktor koreksi kapasitas akibat pemisahan arah arus lalu lintas. Faktor ini hanya berlaku untuk jalan tak terbagi.

FCHS = faktor koreksi kapasitas akibat adanya hambatan samping dan ukuran bahu jalan yang tidak ideal.

Tabel 2.7 Segmen Jalan Untuk Tipe 2/2 TT dan 4/2 T (C₀)

Tipe Alinyemen	C ₀ SMP/jam 2/2-TT	C ₀ SMP/jam 4/2 T
Datar	4000	2200
Bukit	3850	2100
Gunung	3700	2000

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

Tabel 2.8 Faktor koreksi Akibat Lebar Jalur (FCL)

Tipe Jalan	Lebar Lajur atau Jalur Efektif, m		FCL
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)

Tabel 2.9 FCPA 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 2.10 Faktor Koreksi Akibat Hambatan Samping (FCHS)

Tipe Jalan	KHS	Faktor Koreksi Akibat Hambatan Samping (FCHS)			
		Lebar Bahu Efektif			
		< 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	0,888	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)

Tabel 2.11 Nilai Ekuivalensi Mobil Penumpang Jalan tipe 2/2 TT

Tipe Alinyemen	q _{total} (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)

e. Derajat Kejenuhan

Derajat Kejenuhan (DJ) digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan. Nilai DJ menunjukkan apakah

segmen jalan mempunyai masalah kapasitas atau tidak. Persamaan dasar untuk menentukan derajat kejenuhan yaitu:

$$DJ = \frac{q}{C} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

DJ = Derajat Kejenuhan, nilainya < 1,0

q = Arus Lalu Lintas (smp/jam)

C = Kapasitas segmen jalan (smp/jam)

Derajat kejenuhan dihitung dengan menggunakan arus dan kapasitas yang dinyatakan dalam smp/jam, untuk perilaku lalu lintas berupa kecepatan.

Tabel 2.12 Tingkat Pelayanan Jalan

Tingkat Pelayanan	Karakteristik	Batas Lingkup (Q/C)
A	Arus Bebas; Volume rendah dan kecepatan tinggi, pengemudi dapat memilih kecepatan yang dikehendaki	0,00 – 0,20
B	Arus Stabil; Kecepatan sedikit terbatas oleh lalu lintas	0,21 – 0,44
C	Arus Stabil; Kecepatan dikontrol oleh lalu lintas	0,45 – 0,74
D	Arus mendekati tidak stabil; Kecepatan menurun akibat hambatan yang timbul dan kebebasan bergerak relatif kecil	0,75 – 0,84
E	Arus tidak stabil; Kecepatan rendah dan berbeda-beda terkadang berhenti, volume mendekati kapasitas	0,85 – 1,00
F	Arus yang dipaksakan atau macet; Kecepatan rendah, volume diatas kapasitas, terjadi hambatan besar	> 1,00

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2021)

2.5. Alinyemen Horizontal

Alinyemen Horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen Horizontal juga dikenal dengan nama “situasi jalan” atau “trase jalan”. Alinyemen Horizontal terdiri dari garis – garis lurus yang dihubungkan dengan garis – garis lengkung. Garis lengkung tersebut dapat terdiri dari busur lingkaran ditambah busur peralihan, busur peralihan saja ataupun busur lingkaran saja. (Sukirman, 1999:67)

2.5.1. Bagian Lurus

Panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu tidak lebih dari 2,5 menit sesuai dengan kecepatan rencana (VR).

Tabel 2.13 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi	Panjang Bagian Lurus Maksimum (m)		
	Datar	Perbukitan	Pegunungan
Arteri	3.000	2.500	2.000
Kolektor	2.000	1.750	1.500

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

2.5.2. Jari – Jari Tikungan maksimum

Kendaraan pada saat melalui tikungan dengan kecepatan (V) akan menerima gaya sentrifugal yang menyebabkan kendaraan tidak stabil. Untuk mengimbangi gaya sentrifugal tersebut perlu dibuat suatu kemiringan melintang jalan pada tikungan yang disebut superelevasi (e). Rumus umum untuk lengkung horizontal adalah:

$$R = \frac{Vr^2}{127(e + f)} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$D = \frac{25}{2\pi R} \times 360^\circ \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana: R = Jari-jari lengkung

D = derajat lengkung (°)

Untuk pertimbangan perencanaan, digunakan e maks = 10 % dan f maks yang hasilnya dibulatkan. Untuk variasi kecepatan dapat digunakan tabel.

Tabel 2.14 Panjang Jari – jari Minimum (dibulatkan) untuk E_{maks} = 10%

VR (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
R _{min} (m)	80	670	550	350	250	200	150	100

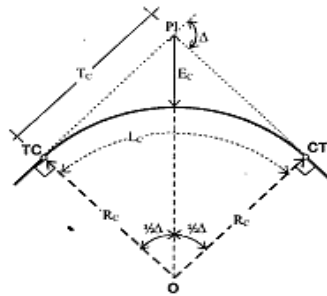
(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

Untuk kecepatan rencana < 80 km/jam, berlaku $F_{maks} = -0,00065V + 0,192$

Untuk kecepatan rencana 80 – 112 km/jam, berlaku $F_{maks} = -0,00125V + 0,24$

2.5.3. Tikungan Full Circle (FC)

Full Circle (FC) merupakan jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja. Tikungan FC hanya digunakan untuk R (jari-jari tikungan) yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil maka diperlukan superelevasi yang besar. (Shirley.L.Hendarsin,2000:96).



Gambar 2.4 Tikungan *Full Circle*

$$T_c = R \tan \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots(2.2)$$

$$E_c = T \tan \frac{1}{4} \Delta \dots\dots\dots(2.3)$$

$$L_c = \frac{\pi}{180} \Delta R \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

T_c = Jarak T_c dan PI

R = Jari-jari

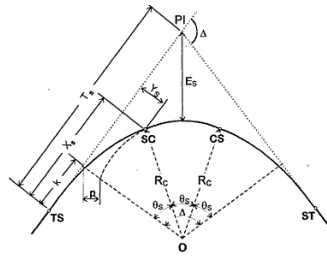
Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen

E_c = Jarak PI ke busur lingkaran

L_c = Panjang busur lingkaran

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

Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran ($R = \infty \longrightarrow R = R_c$), jadi lengkung peralihan ini diletakkan antara bagian lurus dan bagian lingkaran (*Circle*), yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan berbentuk busur lingkaran. Dengan adanya lengkung peralihan, maka tikungan menggunakan jenis S-C-S. (Shirley.L.Hendarsin,2000:96).

Gambar 2. 5 Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS)

Adapun rumus yang digunakan untuk menentukan tikungan S-C-S, adalah:

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40 \cdot R_c^2}\right) \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 \cdot R_c^2} \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

$$\theta_s = \frac{90}{\pi} \frac{L_s}{R_c} \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

$$P = \frac{L_s^2}{6 \cdot R_c} - R_c (1 - \cos \theta) \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

$$K = L_s - \frac{L_s^2}{40 \cdot R_c^2} - \sin \theta_s \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

$$T_s = (R_c + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + K \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

$$E_s = (R_c + p) \sec \frac{1}{2} \Delta - R_c \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

$$L_c = \frac{(\Delta - 2 \theta_s)}{180} \times \pi \times R_c \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

$$L_{tot} = L_c + 2 L_s \quad \dots\dots\dots (2.13)$$

Keterangan:

- Xs = absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS ke SC (jarak lurus lengkung peralihan).
- Ys = ordinat titik Sc pada garis tegak lurus garis tangen, jarak tegak lurus ke titik SC pada lengkung.
- Ls = panjang lengkung peralihan (panjang dari titik TS ke SC atau SC ke TS).
- Lc = panjang busur lingkaran (panjang dari titik SC ke CS).
- Ts = panjang dari tangen ke spiral.
- TS = titik dari tangen ke spiral.
- SC = titik dari spiral ke lingkaran.
- Es = jarak dari PI ke busur lingkaran.

- Θ_s = sudut lengkung spiral
 R_c = jari-jari lingkaran
 p = pergeseran tangen terhadap spiral
 k = absis dari p pada garis tangen spiral

2.5.5. Landai Relatif

Kemiringan melintang atau kelandaian pada penampang jalan diantara tepi perkerasan luar dan sumbu jalan sepanjang lengkung peralihan disebut landai relatif. Persentase kelandaian ini disesuaikan dengan kecepatan rencana dan jumlah lajur yang ada (Shirley L.Hendarsin,2000:103).

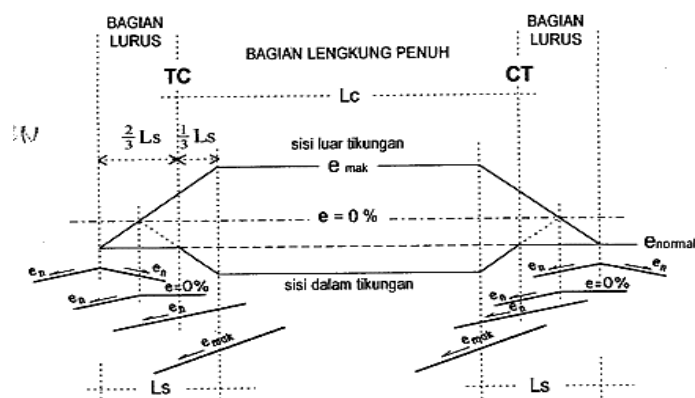
Tabel 2.15 Landai Relatif Maksimum (untuk 2/2 TB)

VR (km/jam)	20	30	40	50	60	80
Kemiringan maksimum	1/50	1/75	1/100	1/11	1/125	1/150

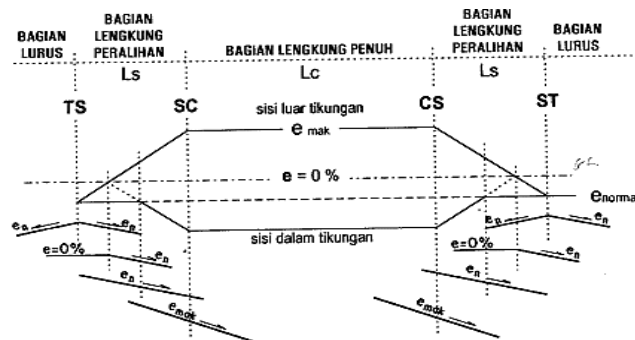
(Sumber: Shirley L.Hendarsin,2000)

2.5.6. Diagram Superelevasi

Penggambaran superelevasi dilakukan untuk mengetahui kemiringan jalan pada bagian tertentu yang berfungsi untuk mempermudah dalam pelaksanaan pengerjaan. Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai ke kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.



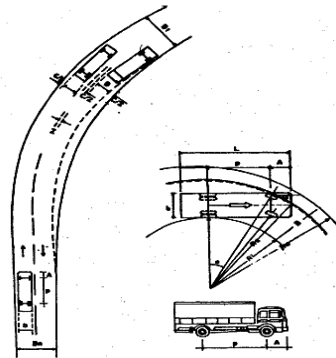
Gambar 2.6 Superelevasi pada Tikungan *Full Circle* (FC)
(contoh untuk tikungan ke kiri)



Gambar 2.7 Superelevasi pada Tikungan SCS
(contoh untuk tikungan ke kanan)

2.5.7. Pelebaran Perkerasan Pada Tikungan

Pelebaran perkerasan atau jalur lalu lintas di tikungan, dilakukan untuk mempertahankan kendaraan tetap pada lintasannya (lajurnya) sebagaimana pada bagian lurus. Penentuan lebar pelebaran jalur lalu lintas di tikungan ditinjau dari elemen-elemen keluar jalur (off Tracking) dan kesukaran dalam mengemudi di tikungan. Pelebaran pada tikungan dilakukan untuk mempertahankan konsisten geometrik jalan agar kondisi operasional lalu lintas di tikungan sama dengan di bagian lurus (Shirley.L.Hendarsin,2000:96).



Gambar 2.8 Pelebaran Perkerasan Pada Tikungan

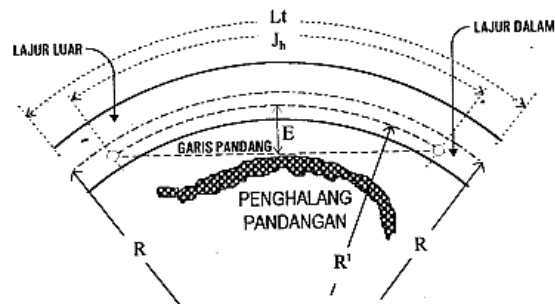
2.5.8. Daerah Bebas Samping Pada Tikungan

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

sehingga persyaratan J_h (jarak pandang henti) dipenuhi (Shirley L. Hendarsin, 2000:107).

Menurut Bina Marga daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan jarak pandang henti menggunakan rumus:

1. Jika $J_h < L_t$



Gambar 2.9 daerah Bebas Samping di Tikungan, Untuk $J_h < L_t$

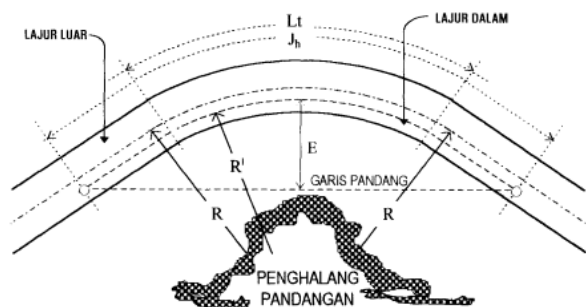
$$E = R'(1 - \cos \frac{28,65 J_h}{R'}) \dots\dots\dots (2.21)$$

Dimana: E = jarak bebas samping (m).

R' = jari-jari tikungan (m).

J_h = jarak pandang henti (m).

2. Jika $J_h > L_t$



Gambar 2.10 Daerah Bebas Samping di Tikungan, Untuk $J_h > L_t$

$$E = R'(1 - \cos \frac{28,65 J_h}{R'}) + (\frac{J_h - L_t}{2} \sin \frac{28,65 J_h}{R'}) \dots\dots\dots (2.22)$$

Dimana: R = jari-jari tikungan (m).

R' = jari-jari sumbu lajur dalam (m).

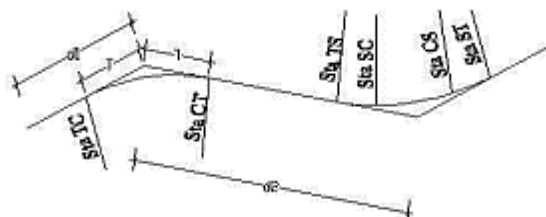
J_h = jarak pandang henti (m).

L_t = panjang tikungan (m).

2.5.9. Penomoran Panjang Jalan (*Stationing*)

Penomoran (*stationing*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberikan nomor pada interval-interval tertentu dari awal pekerjaan. Nomor jalan (*STA jalan*) dibutuhkan sebagai sarana komunikasi untuk dengan cepat mengenali lokasi yang sedang dibicarakan, selanjutnya. Nomor jalan ini sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan. Disamping itu dari penomoran jalan tersebut diperoleh informasi tentang panjang jalan secara keseluruhan. Setiap *STA* jalan dilengkapi dengan gambar potongan melintangnya. (Silvia Sukirman,1999)

Pada tikungan penomoran dilakukan pada setiap titik penting, jadi terdapat *STA* titik *TC*, dan *STA* titik *CT* pada tikungan jenis lingkaran sederhana. *STA* titik *TS*, *STA* titik *SC*, *STA* titik *CS*, dan *STA* titik *ST* pada tikungan jenis spiral – busur lingkaran, dan spiral.



Gambar 2.11 Sistem Penomoran Stationing Jalan

2.6. Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan, yang umumnya biasa disebut dengan profil/penampang memanjang jalan. Perencanaan alinyemen vertikal sangat dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain : Kondisi tanah dasar, keadaan medan, fungsi jalan, muka air banjir, muka air tanah dan kelandaian yang masih memungkinkan (Ir. Hamirhan Saodang, 2010:108).

2.6.1. Kelandaian

Menurut Shirley.L.Hendarsin,2000 di dalam buku Perencanaan Geometrik ditulis bahwa untuk menghitung dan merencanakan lengkung vertikal, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

1. Karakteristik kendaraan Pada Kelandaian

Pada umumnya hampir seluruh kendaraan penumpang dapat berjalan baik dengan kelandaian 7 - 8% tanpa ada perbedaan dibandingkan pada bagian datar. Sedangkan untuk truk, kelandaian akan lebih besar pengaruhnya.

2. Kelandaian Maksimum

Kelandaian maksimum dimaksudkan agar kendaraan dapat bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh dan mampu bergerak dengan kecepatan tidak kurang dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah.

Tabel 2.16 Kelandaian Maksimum

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

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik, 2021)

3. Panjang kritis Suatu Kelandaian

Panjang kritis ini diperlukan sebagai batasan Panjang kelandaian maksimum agar pengurangan kecepatan kendaraan tidak lebih dari separuh V_R . Lama perjalanan pada Panjang kritis tidak lebih dari satu menit.

Tabel 2.17 Panjang kritis (m)

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

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik, 2021)

4. Lajur Pendakian Pada Kelandaian

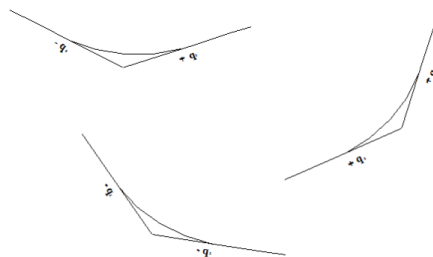
Pada jalur jalan dengan rencana volume lalu lintas yang tinggi terutama untuk tipe 2/2 TB, maka kendaraan berat akan berjalan pada lajur pendakian dengan kecepatan di bawah VR, sedangkan kendaraan lain masih dapat bergerak dengan VR.

2.6.2. Lengkung Vertikal

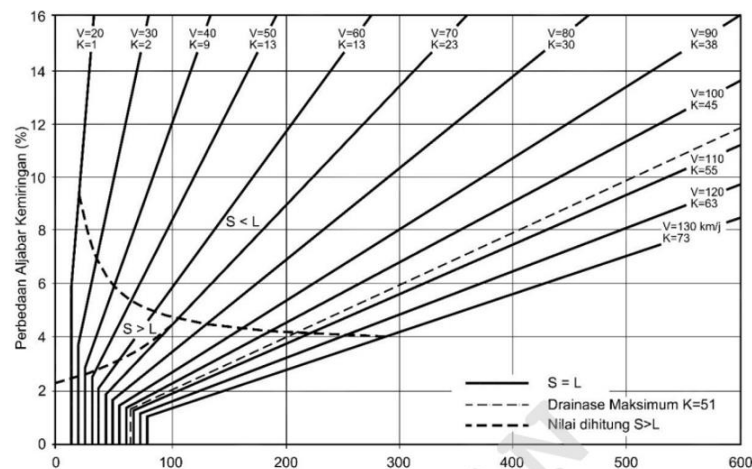
Lengkung vertikal direncanakan dengan maksud untuk mengurangi guncangan akibat perubahan kelandaian dan menyediakan jarak pandang henti yang cukup untuk keamanan dan kenyamanan (Shirley L. Hendarsin, 2000:117). Jenis lengkung vertikal dilihat dari letak titik perpotongan kedua bagian lurus, adalah:

a. Lengkung Vertikal Cekung

Lengkung vertikal cekung adalah suatu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen benda di bawah permukaan jalan.



Gambar 2. 12 Alinyemen Vertikal Cekung



Gambar 2.13 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung Berdasarkan jarak Pandang Henti (Jh)

Dengan tinggi lampu besar kendaraan = 0,60 m dan sudut bias = 1° , maka diperoleh rumus sebagai berikut :

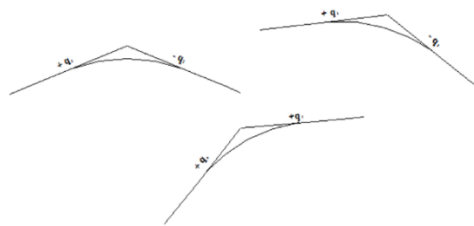
1. Panjang L, berdasarkan Jh

$$Jh < L, \text{ maka } L = \frac{A \cdot Jh^2}{120 + 3,5 Jh} \quad \dots\dots\dots (2.23)$$

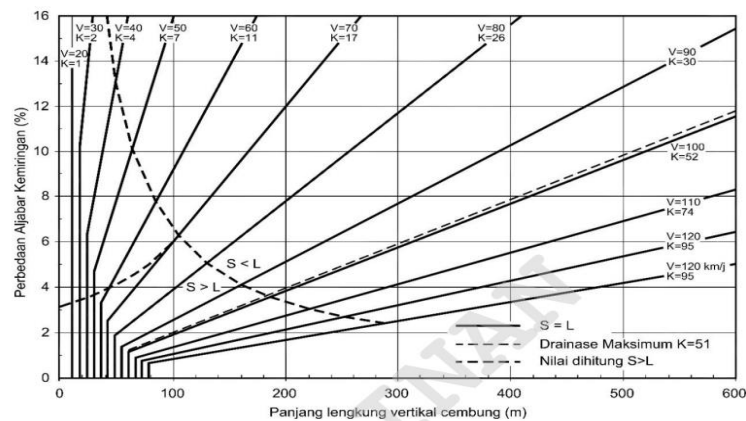
$$Jh > L, \text{ maka } L = 2 \cdot Jh - \frac{120 + 3,5 Jh}{A} \quad \dots\dots\dots (2.24)$$

b. Lengkung Vertikal Cembung

Lengkung Vertikal cembung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan yang bersangkutan.



Gambar 2.14 Alinyemen Vertikal Cembung



Gambar 2.15 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan Jarak Pandang henti

Panjang L, berdasarkan Jh

$$Jh < L, \text{ maka } L = \frac{A \cdot Jh^2}{399} \quad \dots\dots\dots (2.25)$$

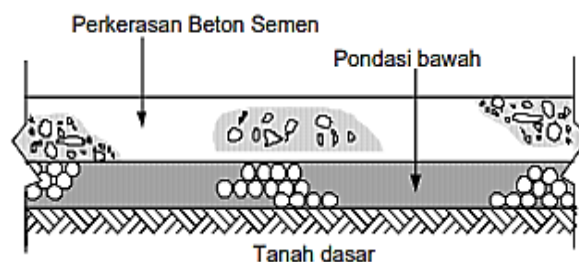
$$Jh > L, \text{ maka } L = 2 \cdot Jh - \frac{399}{A} \quad \dots\dots\dots (2.26)$$

2.7. Perencanaan Tebal Perkerasan

Perkerasan jalan adalah suatu bagian konstruksi jalan yang terletak diatas tanah dasar yang bertujuan untuk melewati lalulintas dengan aman dan nyaman serta menerima dan meneruskan beban lalulintas ketanah dasar. Di dalam tugas akhir ini akan membahas mengenai perancangan tebal perkerasan kaku. (Manual Perkerasan Jalan Kementrian PU, 2017).

2.7.1. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku/beton semen dapat dilaksanakan pada kondisi daya dukung tanah dasar yang kurang baik (kecil, berkisar nilai 2%) atau beban lalu lintas yang tinggi. Struktur perkerasan kaku terdiri dari pelat beton yang diletakkan pada lapis pondasi bawah yang nemumpu pada tanah dasar tanpa lapis permukaan beraspal diatasnya (Ir. Hamirhan Saodang, 2005:57).



Gambar 2.16 Stuktur Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

2.7.2. Persyaratan Teknis Perencanaan Perkerasan Kaku

Terdapat beberapa persyaratan dalam merencanakan perkerasan kaku, Menurut Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen 2003, yaitu :

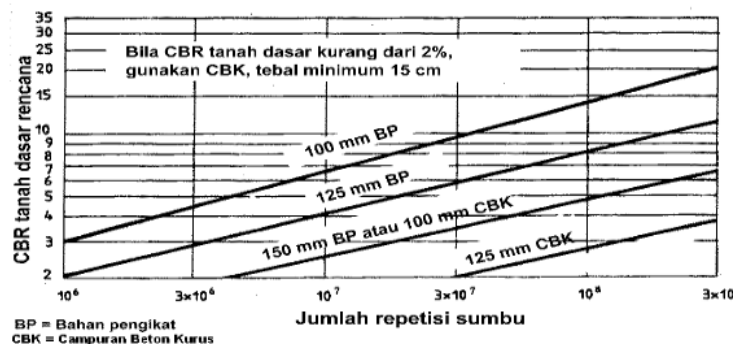
1. Kekuatan Lapisan Tanah Dasar

Daya dukung tanah dasar pada konstruksi perkerasan beton semen, ditentukan berdasarkan nilai CBR insitu dengan SNI 03-1731-1989, atau CBR laboratorium sesuai dengan SNI 03-1744-1989 masing-masing untuk perencanaan tebal perkerasan lama dan perkerasan jalan baru. Disini apabila tanah dasar memiliki nilai CBR dibawah 2% maka digunakan pondasi bawah yang terbuat dari beton kurus (Lean-Mix Concrete) setebal 15 cm sehingga tanah dianggap memiliki CBR 5%.

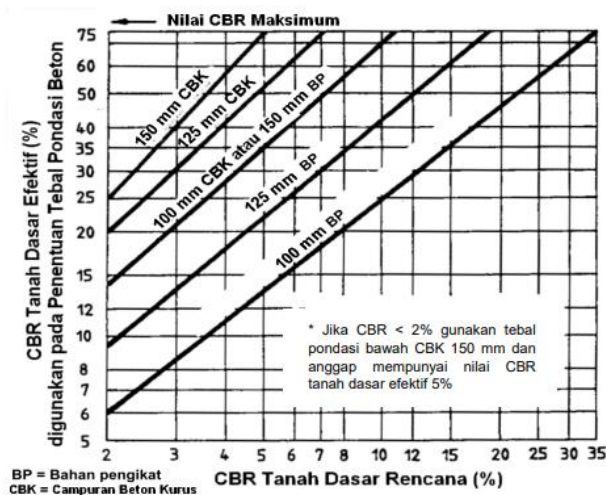
2. Lapisan Pondasi Bawah

Lapis pondasi bawah pada perkerasan kaku mempunyai fungsi utama sebagai lantai kerja yang rata dan uniform karena jika permukaan subbase tidak rata dapat menyebabkan ketidak rataan pelat beton dan dapat memicu timbulnya keretakan pelat, disamping itu fungsi lain lapis pondasi bawah adalah sebagai berikut :

- Mengendalikan kembang dan susut tanah dasar
- Mencegah instruksi dan pemompaan (*pumping*) pada sambungan retakan dan tepi – tepi pelat.
- Memberikan dukungan yang mantap dan seragam pada pelat.



Gambar 2.17 CBR tanah Efektif dan Tebal pondasi bawah



Gambar 2.18 CBR tanah Efektif dan Tebal pondasi bawah

- Pondasi bawah dengan campuran beton kuras (*lean mix concrete*), harus mempunyai kuat tekan beton berkarakteristik pada umur 28 hari minimum 5 Mpa (50 kg/cm²) tanpa menggunakan abu terbang atau 7 Mpa (70

kg/cm²) bila menggunakan abu terbang dengan tebal minimum 10 cm. Lapis pondasi bawah perlu diperlebar sampai 60 cm diluar tepi perkerasan beton semen.

4. Beton Semen

Kekuatan beton semen harus dinyatakan dalam nilai kuat tekan beton (*flextural strenght*) umur 28 hari (MR), yang didapat dari pembebanan tiga titik (ASTM C-78) yang besarnya secara tipikal tarik lentur umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan 3 – 5 Mpa (30 -50 kg/cm²). Bahan beton semen terdiri dari agregat, semen, air, dan bahan tambah jika diperlukan.

Tabel 2.18 CBR untuk Menentukan Tebal Perkerasan

Struktur Perkerasan	R1	R2	R3	R4	R5
Kelompok sumbu kendaraan berat (<i>overloaded</i>) (10E6)	< 4.3	< 8.6	< 25.8	< 43	< 86
Dowel dan bahu beton	Ya				
STRUKTUR PERKERASAN (mm)					
Tebal pelat beton	265	275	285	295	305
Lapis Fondasi LMC	100				
Lapis Drainase (dapat mengalir dengan baik)	150				

(Sumber: Bagan Desain 4, Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

2.7.3. Lalu Lintas Untuk Perkerasan kaku

Penentuan beban lalu-lintas rencana untuk perkerasan beton semen, dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga (*commercial vehicle*), sesuai dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana. Lalu-lintas harus dianalisis berdasarkan hasil perhitungan volume lalu-lintas dan konfigurasi sumbu, menggunakan data terakhir atau data 2 tahun terakhir.

Konfigurasi sumbu untuk perencanaan terdiri atas 4 jenis kelompok sumbu sebagai berikut :

1. Sumbu tunggal roda tunggal (STRT).
2. Sumbu tunggal roda ganda (STRG).
3. Sumbu tandem roda ganda (STdRG).
4. Sumbu tridem roda ganda (STrRG).

Dengan karakteristik kendaraan yang diperhitungkan:

- a. Pada perencanaan perkerasan kaku, jenis kendaraan yang diperhitungkan hanya kendaraan niaga yang mempunyai berat total minimum 5 ton.
- b. Khusus untuk perencanaan perkerasan kaku, beban lalu lintas rencana didapatkan dengan mengakumulasi jumlah beban sumbu untuk masing-masing jenis kelompok dalam rencana lajur selama umur rencana.

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan factor keamanan beban (F_{KB}). Faktor keamanan beban terlihat pada Tabel 2.19

Tabel 2. 19 Faktor Keamanan Beban (F_{KB})

No.	Penggunaan	Nilai F_{KB}
1	Jalan bebas hambatan utama (<i>major freeway</i>) dan jalan berlajur banyak, yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi. Bila menggunakan data lalu lintas dari hasil survey beban (<i>weight-in-motion</i>) dan adanya kemungkinan <i>route</i> alternatif, maka nilai faktor keamanan beban dapat dikurangi menjadi 1,15.	1,2
2	Jalan bebas hambatan (<i>freeway</i>) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah	1,1
3	Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah	1,0

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton semen, Pd T-14-2003)

2.7.4. Umur Rencana

Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalu-lintas serta nilai ekonomi jalan yang bersangkutan, yang dapat ditentukan antara lain dengan metode *Benefit Cost Ratio*, *Internal Rate of Return*, kombinasi dari metode tersebut atau cara lain yang tidak terlepas dari pola pengembangan wilayah. Umumnya perkerasan beton semen dapat direncanakan dengan umur rencana (UR) 20 tahun sampai 40 tahun.

2.7.5. Pertumbuhan Lalu Lintas

Volume lalu-lintas akan bertambah sesuai dengan umur rencana atau sampai tahap di mana kapasitas jalan dicapai dengan faktor pertumbuhan lalu-lintas yang dapat ditentukan berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$R = \frac{(1+i)^{UR} - 1}{e \log(1+i)}$$

Dimana:

R = Faktor pertumbuhan lalu lintas.

i = Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun dalam %.

UR = Umur rencana (tahun).

Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan lalu lintas adalah perkembangan daerah, bertambahnya kesejahteraan masyarakat, naiknya kemampuan membeli kendaraan.. Faktor pertumbuhan lalu lintas dinyatakan dalam persen (%) per tahun.

Tabel 2.20 Faktor Lajur Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%)

Umur Rencana (Tahun)	Laju Pertumbuhan (i) per tahun (%)					
	0	2	4	6	8	10
5	5	5,2	5,4	5,6	5,9	6,1
10	10	10,9	12	13,2	14,5	15,9
15	15	17,3	20	23,3	27,2	31,8
20	20	24,3	29,8	36,8	45,8	57,3
25	25	32	41,6	54,9	73,1	98,3
30	30	40,6	56,1	79,1	113,3	164,5
35	35	50	73,7	111,4	172,3	271
40	40	60,4	95	154,8	259,1	442,6

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton semen, Pd T-14-2003)

2.7.6. Lajur Rencana dan Koefisien Distribusi

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya yang menampung lalu-lintas kendaraan niaga terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah lajur dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan sesuai Tabel 2.20.

Tabel 2.21 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koefisien distribusi (C) Kendaraan niaga pada lajur rencana

Lebar perkerasan(Lp)	Jumlah lajur (n)	Koefisien distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$L_p < 5,50\text{m}$	1 lajur	1	1
$5,50\text{m} \leq L_p < 8,25\text{m}$	2 lajur	0,70	0,50
$8,25\text{m} \leq L_p < 11,25\text{m}$	3 lajur	0,50	0,475
$11,23\text{m} \leq L_p < 15,00\text{m}$	4 lajur	-	0,45
$15,00\text{m} \leq L_p < 18,75\text{m}$	5 lajur	-	0,425
$18,75\text{m} \leq L_p < 22,00\text{m}$	6 lajur	-	0,40

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton semen, Pd T-14-2003)

2.7.7. Perencanaan Tebal Pelat Beton

Setelah menghitung lalu lintas rencana maka perhitungan tebal perkerasan dapat dilakukan, tebal minimum pelat untuk perkerasan kaku adalah 150 mm kecuali perkerasan kaku bersambung tanpa ruji (dowel), tebal minimum harus 200 mm. perencanaan tebal pelat didasarkan pada total fatigue pelat rencana mendekati atau sama dengan 100%.

Berdasarkan metode bina marga 2017 langkah-langkah dalam perencanaan tebal perkerasan kaku adalah sebagai berikut :

1. Pilih jenis perkerasan beton semen, bersambung tanpa ruji, bersambung dengan ruji atau menerus.
2. Tentukan apakah akan menggunakan bahu beton atau bukan.
3. Tentukan jenis dan tebal pondasi bawah berdasarkan nilai CBR rencana dan perkiraan jumlahsumbu kendaraan niaga selama umur rencana.
4. Tentukan CBR efektif berdasarkan nilai CBR rencana dan pondasi bawah yang sesuai.
5. Pilih kuat tekan beton pada umur 28 hari (f'_{cf}).
6. Pilih faktor keamanan beban lalu lintas (FKB).
7. Taksir tebal pelat beton (taksiran awal dengan tebal tertentu berdasarkan pengalaman atau menggunakan contoh yang tersedia).
8. Tentukan tegangan ekuivalen (TE) dan faktor erosi (FE) untuk STRT dari Tabel . berikut

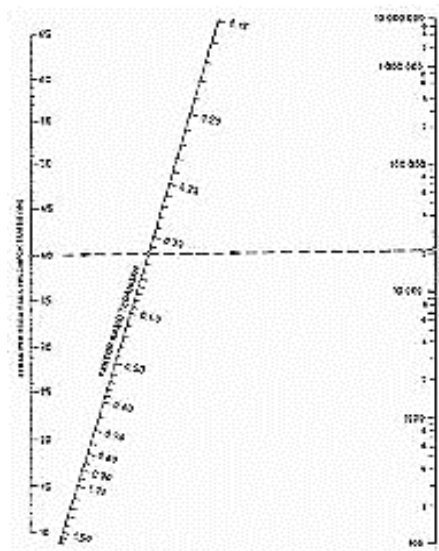
Tabel 9 Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan Dengan Bahu Beton (lanjutan)

Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG
220	5	0.79	1.3	1.13	0.87	1.91	2.51	2.67	2.72	1.68	2.29	2.44	2.54
220	10	0.77	1.22	1.05	0.81	1.89	2.49	2.61	2.64	1.66	2.27	2.38	2.46
220	15	0.76	1.19	1.02	0.79	1.88	2.48	2.58	2.61	1.66	2.26	2.35	2.42
220	20	0.75	1.17	0.99	0.78	1.87	2.47	2.56	2.58	1.65	2.25	2.33	2.39
220	25	0.74	1.15	0.97	0.76	1.86	2.46	2.54	2.56	1.64	2.24	2.31	2.37
220	35	0.72	1.11	0.92	0.73	1.85	2.45	2.5	2.52	1.62	2.22	2.27	2.32
220	50	0.71	1.08	0.88	0.71	1.83	2.43	2.47	2.48	1.6	2.2	2.23	2.26
220	75	0.7	1.01	0.85	0.69	1.81	2.41	2.41	2.41	1.58	2.18	2.18	2.19
230	5	0.74	1.22	1.08	0.82	1.88	2.46	2.63	2.69	1.63	2.23	2.4	2.5
230	10	0.72	1.15	1	0.77	1.84	2.44	2.57	2.61	1.61	2.21	2.34	2.42
230	15	0.71	1.12	0.97	0.75	1.83	2.43	2.54	2.58	1.6	2.21	2.31	2.39
230	20	0.7	1.1	0.94	0.74	1.82	2.42	2.52	2.55	1.59	2.2	2.29	2.36
230	25	0.69	1.08	0.92	0.72	1.81	2.41	2.5	2.53	1.58	2.19	2.27	2.34
230	35	0.68	1.04	0.87	0.69	1.8	2.4	2.48	2.48	1.56	2.17	2.23	2.28
230	50	0.67	1	0.83	0.67	1.78	2.38	2.43	2.44	1.54	2.15	2.19	2.22
230	75	0.66	0.96	0.8	0.65	1.76	2.36	2.37	2.37	1.53	2.13	2.12	2.16
240	5	0.69	1.16	1.02	0.78	1.81	2.41	2.6	2.66	1.58	2.18	2.36	2.47
240	10	0.67	1.09	0.95	0.72	1.79	2.39	2.54	2.58	1.56	2.17	2.3	2.39
240	15	0.66	1.06	0.92	0.7	1.78	2.38	2.51	2.55	1.55	2.15	2.27	2.36
240	20	0.65	1.04	0.89	0.69	1.77	2.37	2.49	2.52	1.54	2.14	2.25	2.33
240	25	0.65	1.02	0.87	0.68	1.76	2.36	2.47	2.5	1.53	2.13	2.23	2.31
240	35	0.64	0.98	0.83	0.66	1.75	2.35	2.43	2.45	1.51	2.11	2.19	2.25
240	50	0.63	0.95	0.79	0.63	1.73	2.33	2.39	2.41	1.49	2.1	2.15	2.19
240	75	0.62	0.89	0.76	0.61	1.71	2.31	2.34	2.34	1.48	2.08	2.1	2.13
250	5	0.66	1.09	0.98	0.73	1.77	2.37	2.56	2.63	1.54	2.14	2.32	2.45
250	10	0.63	1.03	0.9	0.69	1.74	2.35	2.5	2.55	1.52	2.12	2.26	2.37
250	15	0.62	1	0.87	0.67	1.73	2.34	2.47	2.52	1.5	2.11	2.23	2.33
250	20	0.61	0.99	0.85	0.66	1.72	2.33	2.45	2.49	1.49	2.1	2.22	2.3
250	25	0.61	0.97	0.83	0.64	1.72	2.32	2.43	2.47	1.48	2.09	2.2	2.28
250	35	0.6	0.93	0.79	0.61	1.71	2.3	2.39	2.42	1.4	2.07	2.16	2.22
250	50	0.59	0.9	0.75	0.59	1.68	2.28	2.36	2.38	1.44	2.05	2.11	2.16
250	75	0.58	0.86	0.72	0.57	1.66	2.27	2.3	2.31	1.43	2.03	2.08	2.1
260	5	0.61	1.04	0.93	0.71	1.72	2.33	2.53	2.61	1.49	2.09	2.29	2.42
260	10	0.6	0.98	0.86	0.66	1.7	2.3	2.47	2.53	1.47	2.07	2.23	2.34
260	15	0.59	0.95	0.83	0.63	1.69	2.28	2.44	2.49	1.46	2.06	2.2	2.3
260	20	0.58	0.94	0.81	0.62	1.68	2.28	2.42	2.46	1.45	2.05	2.18	2.28
260	25	0.57	0.92	0.79	0.61	1.67	2.27	2.4	2.44	1.44	2.04	2.16	2.25
260	35	0.56	0.88	0.75	0.59	1.66	2.26	2.36	2.39	1.42	2.02	2.12	2.19
260	50	0.56	0.85	0.71	0.56	1.64	2.24	2.32	2.35	1.4	2	2.08	2.13
260	75	0.55	0.81	0.68	0.54	1.62	2.22	2.27	2.28	1.38	1.98	2.01	2.06
270	5	0.57	0.99	0.89	0.66	1.68	2.28	2.5	2.58	1.45	2.05	2.25	2.39
270	10	0.55	0.93	0.83	0.62	1.66	2.26	2.44	2.5	1.43	2.03	2.2	2.31
270	15	0.55	0.9	0.8	0.6	1.65	2.25	2.41	2.47	1.41	2.02	2.17	2.27
270	20	0.54	0.89	0.78	0.59	1.64	2.24	2.39	2.44	1.4	2.01	2.15	2.25
270	25	0.54	0.87	0.76	0.58	1.63	2.23	2.37	2.42	1.39	2	2.13	2.22
270	35	0.53	0.84	0.72	0.56	1.61	2.22	2.33	2.37	1.37	1.98	2.09	2.16
270	50	0.53	0.8	0.68	0.53	1.59	2.2	2.29	2.32	1.35	1.96	2.04	2.11
270	75	0.52	0.77	0.65	0.52	1.58	2.18	2.24	2.25	1.34	1.94	1.99	2.03
280	5	0.54	0.94	0.86	0.63	1.64	2.25	2.48	2.56	1.4	2.01	2.22	2.37
280	10	0.52	0.89	0.79	0.6	1.62	2.22	2.41	2.48	1.38	1.99	2.16	2.29
280	15	0.52	0.86	0.76	0.58	1.61	2.2	2.38	2.44	1.37	1.97	2.13	2.25
280	20	0.51	0.85	0.74	0.57	1.6	2.2	2.36	2.42	1.36	1.96	2.12	2.22
280	25	0.51	0.83	0.73	0.56	1.59	2.19	2.34	2.39	1.35	1.95	2.1	2.2
280	35	0.5	0.8	0.69	0.54	1.57	2.18	2.3	2.34	1.33	1.93	2.06	2.14
280	50	0.5	0.76	0.66	0.51	1.55	2.16	2.26	2.29	1.31	1.91	2.01	2.08
280	75	0.49	0.74	0.62	0.49	1.54	2.14	2.21	2.22	1.29	1.89	1.96	2

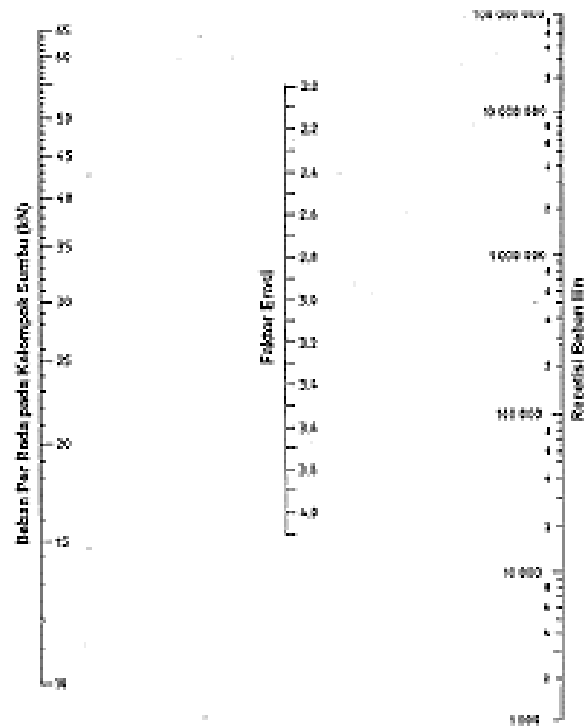
STRT: Sumbu Tunggal Roda Tunggal; STRG: Sumbu Tunggal Roda Ganda; STdRG: Sumbu Tandem Roda Ganda; STrRG: Su

9. Tentukan faktor rasio tegangan (FRT) dengan membagi tegangan ekuivalen (TE) oleh kuat tarik lentur (f'_{cf}).
10. Untuk setiap rentang beban kelompok sumbu tersebut, tentukan beban per roda dan kalikan dengan faktor keamanan (FKB) untuk menentukan beban rencana per roda. Jika beban rencana per roda ≥ 65 Kn (6,5 ton), anggap dan gunakan nilai tersebut sebagai batas tertinggi pada Gambar 2.35 sampai Gambar 2. 37.
11. Dengan faktor rasio tegangan (FRT) dan beban rencana, tentukan jumlah repetisi ijin untuk fatik dari Gambar 2.35, yang dimulai dari beban roda tertinggi dari jenis sumbu STRT tersebut.

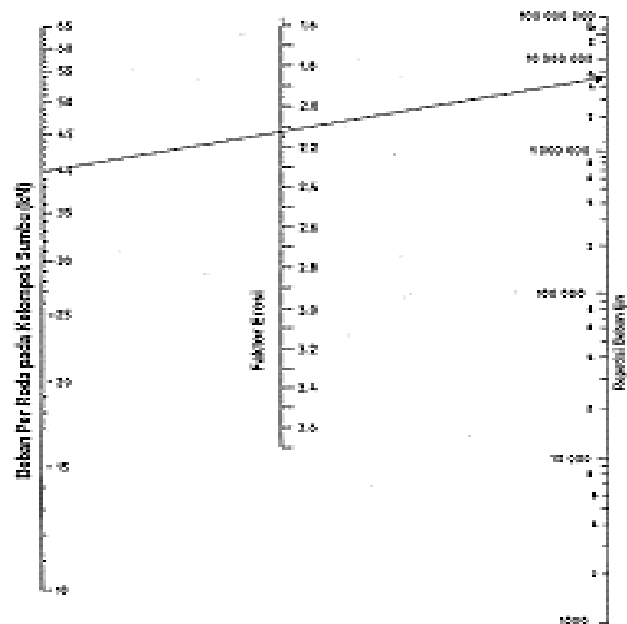
12. Hitung persentase dari repetisi datik yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
13. Dengan menggunakan faktor erosi (FE), tentukan jumlah repetisi ijin untuk erosi, dari Gambar 2.36 dan Gambar 2.38.
14. Hitung persentase dari repetisi erosi yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
15. Ulangi langkah 11 sampai dengan 14 untuk setiap beban per roda pada sumbu tersebut sampai jumlah repetisi beban ijin yang terbaca pada Gambar 2.35 dan Gambar 2.36 atau Gambar 2.37 yang masing– masing mencapai 10 juta dan 100 juta repetisi.
16. Hitung jumlah total fatik dengan menjumlahkan persentase fatik dari setiap beban roda pada STRT tersebut.
17. Ulangi langkah 8 sampai dengan langkah 16 untuk setiap kelompok sumbu lainnya.
18. Hitung jumlah total kerusakan akibat fatik dan jumlah total kerusakan akibat erosi untuk seluruh jenis kelompok sumbu.
19. Ulangi langkah 7 sampai dengan 18 hingga diperoleh ketebalan tertipis yang menghasilkan total kerusakan akibat fatik dan atau erosi $\leq 100\%$. Tebal tersebut tebal perkerasan beton semen yang direncanakan.



Gambar 2. 19 Analisis Fatik dan Beban Repetisi Ijin Berdasarkan Rasio Tegangan, dengan/Tanpa Bahu Beton



Gambar 2. 20 Analisis Erosi dan Jumlah Repetisi Beban Ijin Berdasarkan Faktor Erosi, Tanpa Bahu Beton



Gambar 2. 21 Analisis Erosi dan Jumlah Repetisi Beban Ijin Berdasarkan Faktor Erosi, dengan Bahu Beton

2.7.8. Perencanaan Tulangan Beton

Jumlah tulangan yang diperlukan dipengaruhi oleh jarak sambungan susut, sedangkan untuk beton bertulang menerus diperlukan jumlah tulangan yang cukup untuk mengurangi sambungan susut. Tujuan utama penulangan, yaitu:

- a. Membatasi lebar retakan, agar kekuatan pelat tetap dapat dipertahankan.
 - b. Memungkinkan penggunaan pelat yang lebih panjang agar dapat mengurangi jumlah sambungan melintang sehingga dapat meningkatkan kenyamanan.
 - c. Mengurangi biaya pemeliharaan.
 - d. Jumlah tulangan yang diperlukan dipengaruhi oleh jarak sambungan susut, sedangkan dalam hal beton bertulang menerus, diperlukan jumlah tulangan yang cukup untuk mengurangi sambungan susut.
- a) Kebutuhan Penulangan pada Perkerasan Bersambung Tanpa Tulangan

Pada perkerasan bersambung tanpa tulangan, penulangan tetap dibutuhkan untuk mengantisipasi atau meminimalkan retak pada tempat-tempat di mana dimungkinkan terjadi konsentrasi tegangan yang tidak dapat dihindari, tipikal penggunaan penulangan khusus ini antara lain pada ambahan pelat tipis, sambungan yang tidak dapat dan pelat kulah atau struktur lain.

b) Penulangan pada Perkerasan Bersambung dengan Tulangan

Luas tulangan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$A_s = \frac{\mu \cdot L \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot f_s}$$

Dimana:

A_s = Luas penampang tulangan baja (mm^2/m lebar pelat).

f_s = Kuat-tarik ijin tulangan (MPa). Biasanya 0,6 kali tegangan leleh.

g = Gravitasi (m/detik^2).

h = Tebal pelat beton (m)

L = jarak antara sambungan yang tidak diikat dan/atau tepi bebas pelat (m)

M = Berat per satuan volume pelat (kg/m^3)

μ = Koefisien gesek antara pelat beton dan pondasi bawah

Luas penampang tulangan berbentuk anyaman empat persegi panjang dan bujur sangkar ditunjukkan pada Tabel 2.36.

Tabel 2.22 Koefisien gesekan antara pelat beton semen dengan lapis pondasi dibawahnya

Tulangan Memanjang		Tulangan Melintang		Luas Penampang Tulangan		Berat Per Satuan Luas (kg/m2)
Diameter (mm)	Jarak (mm)	Diameter (mm)	Jarak (mm)	Memanjang (mm2/m)	Melintang (mm2/m)	
Empat Persegi Panjang						
12,5	100	8	200	1227	251	11,606
11,2	100	8	200	986	251	9,707
10	100	8	200	785	251	8,138
9	100	8	200	636	251	6,967
8	100	8	200	503	251	5,919
7,1	100	8	200	396	251	5,091
9	200	8	250	318	201	4,076
8	200	8	250	251	201	3,552
Bujur Sangkar						
8	100	8	100	503	503	7,892
10	200	10	200	393	393	6,165
9	200	9	200	318	318	4,994
8	200	8	200	251	251	3,946
7,1	200	7,1	200	198	198	3,108
6,3	200	6,3	200	156	156	2,447
5	200	5	200	98	98	1,542
4	200	4	200	63	63	0,987

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton semen, Pd T-14-2003)

Tabel 2.23 Koefisien Gesekan antara Pelat Beton Semen dengan Lapisan Pondasi Bawahnya

Jenis Pondasi	Faktor Gesekan (μ)
BURTU, LAPEN dan Konstruksi Sejenis	2,2
Aspal beton, LATASTON	1,8
Stabilisasi kapur	1,8
Stabilisasi aspal	1,8
Stabilisasi semen	1,8
Koral	1,5
Batu pecah	1,5
Sirtu	1,2
Tanah	0,9

(Sumber: Shirley L. Hendarsin, 2000)

c) Penempatan Tulangan

Penulangan melintang pada perkerasan beton semen harus ditempatkan pada kedalaman lebih besar dari 65 mm dari permukaan untuk tebal pelat ≤ 20 cm dan maksimum sampai sepertiga tebal pelat untuk tebal pelat > 20 cm. tulangan arah memanjang dipasang di atas tulangan arah melintang.

2.7.9. Sambungan

Semua sambungan pada perkerasan kaku harus ditutup dengan bahan penutup (*joint sealer*). Penyaluran beban antara pelat perkerasan disalurkan melalui ruji (dowel) berupa batang baja tulangan polos maupun profil yang digunakan sebagai sarana penyambungan/pengikat pada beberapa jenis sambungan pelat beton perkerasan jalan. Dowel dipasang dengan separuh panjang terikat dan separuh panjang dilumasi/dicat untuk memberikan kebebasan geser. Tie Bar atau batang pengikat merupakan potongan baja yang diprofilkan yang dipasang pada sambungan lidah alur dengan maksud untuk mengikat pelat agar bergerak horizontal.

Tabel 2.24 Ukuran dan jarak Ruji yang Disarankan

No	Tebal Pelat Beton, h(mm)	Diameter Ruji(mm)
1	$125 < h \leq 140$	20
2	$140 < h \leq 160$	24
3	$160 < h \leq 190$	28
4	$190 < h \leq 220$	33
5	$220 < h \leq 250$	36
6	$250 < h \leq 300$	38

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton semen, Pd T-14-2003)

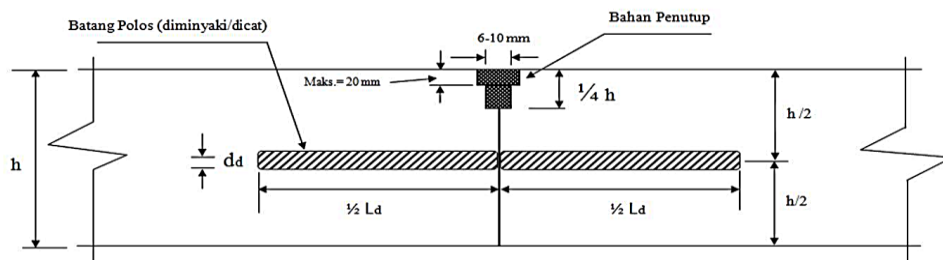
Pada dasarnya terdapat tiga jenis sambungan yang digunakan dalam konstruksi perkerasan beton bersambung, yaitu:

a. Sambungan Susut

Sambungan ini dibuat dalam arah melintang, pada jarak yang sama dengan panjang pelat yang telah ditentukan. Sambungan ini diperlukan untuk mengendalikan tegangan dan retakan pada beton yang baru dihampar, yang diakibatkan oleh perubahan temperature dan kelembaban pelat hingga batas tertentu. Agar retakan susut dapat terjadi pada sambungan susut, maka kedalaman takikan dibuat sama dengan $\frac{1}{4}$ tebal pelat.

Pada sambungan yang dibuat dengan memasang pengisi yang sudah dibentuk seperti *self expanding cork*. Bahan ini berfungsi sebagai bahan pengisi sekaligus sebagai bahan penutup sambungan. Sedangkan pada sambungan yang digergaji, penggergajian dilakukan setelah beton cukup keras. Waktu

penggergajian dapat dilakukan antara 8 hingga 20 jam setelah pengecoran. Lebar penggergajian tidak kurang dari 3 mm dan tidak lebih dari 5 mm. setiap sambungan susut harus dipasang ruji (*dowel*) yang berfungsi sebagai penyalur beban.

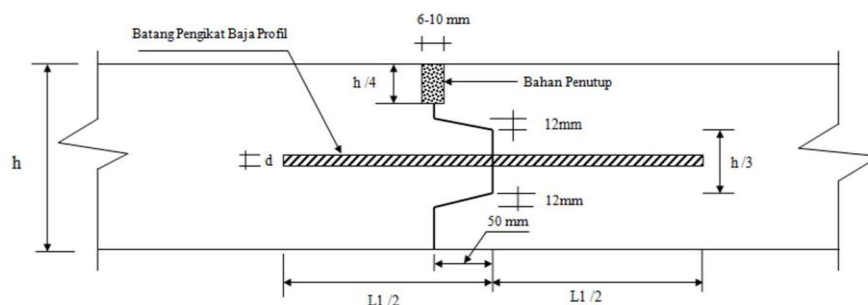


Gambar 2. 22 Sambungan Susut Melintang dengan Dowel

b. Sambungan Pelaksanaan

Sambungan pelaksanaan ditempatkan pada perbatasan antara akhir pengecoran dengan awal pengecoran berikutnya, untuk memisahkan bagian-bagian yang dicor disaat yang berbeda. Sambungan pelaksanaan dalam arah memanjang dipasang diantara jalur-jalur perkerasan yang berbatasan. Sambungan dapat dibuat dengan cara menggergaji permukaan (membentuk takikan) yang kemudian diisi dengan bahan penutup sambungan (*preformed joint sealer*).

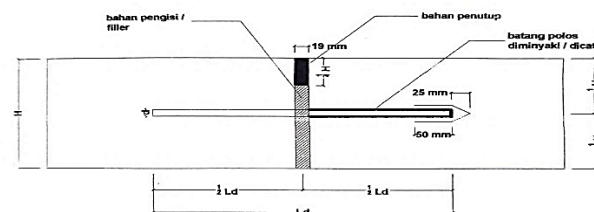
Sambungan pelaksanaan memanjang dengan bentuk lidah dari alur harus dilengkapi dengan batang pengikat (*tie bar*) yang diprofilkan serta dibuat dari baja U₂₄ dan dengan D16 mm, panjang 800 mm dan jarak 750 mm, sedangkan untuk sambungan pelaksanaan melintang harus dilengkapi dengan ruji (*dowel*).



Gambar 2. 23 Sambungan Pelaksanaan Memanjang dengan Lidah Alur dan Tie Bar

c. Sambungan Muai

Sambungan muai bertujuan untuk membebaskan tegangan pada perkerasan beton. Sambungan ini terdapat pada pertemuan jalan baru dengan perkerasan lama pada persimpangan jalan. Sambungan muai dibuat dari bahan yang sudah dibentuk dan tidak merusak serta dapat mengikuti perubahan bentuk akibat tekanan. Bahan ini dipasang hanya setelah salah satu bidang sambungan mengeras. Untuk sambungan muai yang memisahkan dua bidang beton yang berdekatan, maka harus dipasang ruji (*dowel*) sebagai penyalur beban.



Gambar 2.24 Sambungan Muai dengan Dowel

2.8. Perencanaan Bangunan Pelengkap Jalan

Bangunan pelengkap jalan raya merupakan bagian penting yang harus diadakan untuk pengaman konstruksi jalan itu sendiri dan petunjuk bagi pengguna jalan agar unsur kenyamanan dan keselamatan terpenuhi. (Shirley L. Hendarsin (2000:309).

Bangunan Pelengkap Jalan merupakan bangunan untuk mendukung fungsi dan keamanan konstruksi. Jembatan, tembok penahan tanah, dan saluran drainase yang dibangun sesuai dengan persyaratan teknis termasuk bangunan pelengkap jalan (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 13/PRT/M/2011). Bangunan pelengkap Jalan berfungsi sebagai jalur lalu lintas, pendukung konstruksi jalan dan fasilitas lalu lintas serta pendukung pengguna jalan.

2.8.1. Drainase Jalan

Drainase adalah lengkungan atau saluran air di permukaan atau di bawah tanah, baik yang terbentuk secara alami maupun dibuat manusia. Drainase digunakan sebagai bangunan pelengkap jalan untuk mengalirkan air pada

permukaan jalan secepat mungkin agar lalu lintas tetap lancar. (Shirley L. Hendarsin, 2000).

Drainase digunakan sebagai bangunan pelengkap jalan untuk mengalirkan air pada permukaan jalan secepat mungkin agar jalan tidak tergenang air dalam waktu yang cukup lama yang akan mengakibatkan kerusakan konstruksi jalan.

Ada dua jenis drainase yaitu drainase permukaan dan drainase bawah permukaan. Drainase permukaan berfungsi untuk membuang air dari permukaan perkerasan ke saluran pembuang. Saluran drainase permukaan terdiri dari tiga jenis, yaitu saluran (saluran penangkap; saluran samping), gorong – gorong (*box culvert*), dan saluran alam (sungai) yang memotong jalan.

Agar saluran air hujan dapat ditampung dan dialirkan ketempat pembuangan (sungai, dll) maka kapasitas sarana drainase jalan (kecuali saluran alam) ukuran/dimensinya harus direncanakan terlebih dahulu berdasarkan besarnya kapasitas yang diperlukan (Q_s) yaitu dapat menampung besarnya debit aliran rencana (Q_r).

Untuk menghitung besarnya hujan rencana, dapat digunakan berbagai cara tergantung data hujan (dari hasil pengamatan) yang tersedia, karena tidak semua post pencatat hujan model otomatis dan pengamatan yang dilakukan juga tidak selalu kontinyu (berbagai pertimbangan dari segi SDM, keamanan, kondisi lokasi, teknis, dan suku cadang). Metode untuk menentukan Q_r akibat hujan yang banyak digunakan dan disarankan oleh JICA, AASTHO maupun SNI yaitu metode rasionel yang merupakan rumus empiris dari hubungan antara curah hujan dan besarnya limpasan (debit).

$$Q = \frac{C \times I \times A}{3,6}$$

Dimana :

Q = Debit limpasan (m^3/det)

C = Koefisien limpasan atau pengaliran

I = Intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)

A = Luas daerah tangkapan hujan (km^2)

2.8.2. Desain Saluran Samping

Tahapan untuk menentukan kapasitas saluran samping jika menggunakan metode rasional.

a. Menentukan Frekuensi Hujan Rencana Pada Masa Ulang (T) Tahun

Di bawah ini diberikan contoh perhitungan sekaligus dengan uraian dan rumus dengan Analisa Distribusi Frekuensi Cara Gumbel. Rumus persamaan yang digunakan sebagai berikut :

- Nilai Rata-rata (*mean*) Metode Gumbel

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

- Standar Deviasi Metode Gumbel

$$Sd = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

- Curah Hujan Rancangan

$$x_T = \bar{x} + \frac{y_t - y_n}{\sigma_n} Sd$$

Dimana:

$\bar{x}$ = Nilai rata-rata aritmatik hujan komulatif (mm).

Sd = Standar deviasi.

Y_t = *Reduced variate*.

Y_n = *Reduced mean* yang tergantung jumlah sample/data n.

S_n = *Reduced standar deviation* yang tergantung pada jumlah sampl /data

n = Jumlah data.

K = Faktor Frekuensi.

Tabel 2.25 Nilai Y_n , S_n , dan Y_t Berdasarkan GumbelTabel 4. Reduced Mean (Y_n)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,507	0,51	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,522
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,53	0,532	0,5343	0,5363	0,5383
30	0,5393	0,541	0,5428	0,5448	0,5468	0,5488	0,5508	0,5528	0,5548	0,5568
40	0,5588	0,5608	0,5628	0,5648	0,5668	0,5688	0,5708	0,5728	0,5748	0,5768
50	0,5788	0,5808	0,5828	0,5848	0,5868	0,5888	0,5908	0,5928	0,5948	0,5968
60	0,5988	0,6008	0,6028	0,6048	0,6068	0,6088	0,6108	0,6128	0,6148	0,6168
70	0,6188	0,6208	0,6228	0,6248	0,6268	0,6288	0,6308	0,6328	0,6348	0,6368
80	0,6388	0,6408	0,6428	0,6448	0,6468	0,6488	0,6508	0,6528	0,6548	0,6568
90	0,6588	0,6608	0,6628	0,6648	0,6668	0,6688	0,6708	0,6728	0,6748	0,6768
100	0,6788	0,6808	0,6828	0,6848	0,6868	0,6888	0,6908	0,6928	0,6948	0,6968

Sumber : C.D. Soemarto (1999)

Tabel 5. Reduced Standar Deviation (S_n)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1088
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,148	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,159
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1653	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,177	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,189	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,193
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,198	1,1987	1,1994	1,2002
90	1,2007	1,2013	1,2018	1,2023	1,2028	1,2034	1,204	1,2046	1,2051	1,2056
100	1,206									

Sumber : C.D. Soemarto, 1999

Tabel 1. nilai reduksi variat (Y_t)

Periode Ulang (Tahun)	Reduced Variate
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
20	2,9606
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001
200	5,2960
500	6,2140
1000	6,9190
5000	8,5390
10000	9,9210

Tabel 2.26 Nilai K Sesuai Lama Pengamatan

T	Y_T	Lama Pengamatan (Tahun)				
		10	15	20	25	30
2	0,3665	-0,1355	-0,1434	-0,1478	-0,1506	-0,1526
5	1,4999	1,0580	0,9672	0,9186	0,8878	0,8663
10	2,2502	1,8482	1,7023	1,6246	1,5752	1,5408
20	2,9702	2,6064	2,4078	2,3020	2,2348	2,1881
25	3,1985	2,8468	2,6315	2,5168	2,4440	2,3933
50	3,9019	3,5875	3,3207	3,1787	3,1787	3,0256
100	4,6001	4,3228	4,0048	3,8356	3,8356	3,6533

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

b. Menentukan Intensitas Hujan Rencana

Intensitas Curah Hujan Adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Intensitas curah hujan (I) mempunyai satuan mm/jam, berarti tinggi air persatuan waktu, misalnya mm dalam kurun waktu menit, jam, atau hari. (Perencanaan Sistem Drainase Jalan Departemen Pekerjaan Umum, 2006).

Untuk mengolah R (Frekuensi Hujan) menjadi I (Intensitas Hujan) dapat digunakan cara Mononobe sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{tc} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Dimana :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

t = Lamanya curah hujan / durasi curah hujan (jam)

R_{24} = Curah hujan rencana dalam suatu periode ulang, yang nilainya didapat dari tahapan sebelumnya (tahapan analisis frekuensi)

c. Luas Daerah Pengaliran (A)

Luas daerah tangkapan hujan (*catchment area*) pada perencanaan saluran samping jalan adalah daerah pengaliran yang menerima curah hujan selama waktu tertentu (intensitas hujan) sehingga menimbulkan debit limpasan yang harus dialirkan perhitungan luas daerah pengaliran didasarkan pada panjang segmen jalan yang ditinjau.

d. Koefisien Pengaliran dan Faktor Limpasan

Koefisien pengaliran (C) dan koefisien limpasan (fk) adalah angka reduksi dari intensitas hujan, yang besarnya disesuaikan dengan kondisi permukaan kemiringan atau kelandaian, jenis tanah dan durasi hujan. Koefisien ini tidak berdimensi. Berdasarkan Pd. T-02-2006-B tentang Perencanaan Drainase Jalan nilai C dengan berbagai kondisi permukaan, dapat dihitung atau ditentukan dengan cara sebagai berikut:

$$C = \frac{C1.A1 + C2.A2 + C3.A3.fk}{A1 + A2 + A3}$$

Dimana:

C = Rata-rata pada daerah pengaliran yang dihitung.

C1, C2, C3 = Koefisien pengaliran yang sesuai dengan tipe kondisi permukaan.

A1, A2, A3 = Luas daerah pengaliran yang diperhitungkan sesuai dengan Kondisi permukaan.

Fk = Faktor limpasan sesuai guna lahan.

Harga koefisien pengaliran (C) dan harga faktor limpasan (fk) dapat dilihat pada Tabel Berikut ini:

Tabel 2.27 Harga Koefisien Pengaliran (C) dan Harga Faktor Limpasan (fk)

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran(C)	Faktor Limpasan(fk)
	Bahan		
1	Jalan beton dan jalan aspal	0,70–0,95	-
2	Jalan krikil dan jalan tanah	0,40–0,70	-
3	Bahu jalan:		
	Dari tanah berbutir halus	0,40–0,65	-
	Dari tanah berbutir kasar	0,10–0,20	-
	Dari batuan masif keras	0,70–0,85	-
	Dari batuan masif lunak	0,60–0,75	-
	Tata Guna Lahan		
1	Daerah perkotaan	0,70–0,95	2,0
2	Daerah pinggiran kota	0,60–0,70	1,5
3	Daerah industri	0,60–0,90	1,2
4	Pemukiman padat	0,40–0,60	2,0
5	Pemukiman tidak padat	0,40–0,60	1,5
6	Tamandan kebun	0,45–0,60	0,2
7	Persawahan	0,70–0,80	0,5
8	Perbukitan	0,70–0,80	0,4
9	Pegunungan	0,75–0,90	0,3

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase Jalan Departemen Pekerjaan Umum, 2021).

e. Waktu Konsentrasi (Tc)

Waktu konsentrasi (Tc) adalah waktu terpanjang yang dibutuhkan untuk seluruh daerah layanan dalam menyalurkan aliran air secara simultan (*runoff*) setelah melewati titik-titik tertentu. Terdiri dari (t_1) waktu untuk mencapai saluran dari titik terjauh dan (t_2) waktu pengaliran. Waktu konsentrasi untuk saluran terbuka dihitung dengan rumus:

$$TC = t1 + t2$$

$$t1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_o \times \frac{nd}{\sqrt{is}} \right) 0,167$$

$$t2 = \frac{L}{60 \times v}$$

Dimana :

T_C = Waktu konsentrasi (menit)

t_1 = Waktu untuk mencapai awal saluran dari titik terjauh (menit)

t_2 = Waktu aliran dalam saluran sepanjang L dari ujung saluran (menit)

l_o = Jarak titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

L = Panjang saluran (m)

nd = Koefisien hambatan (Tabel 2.)

i_s = Kemiringan saluran memanjang

V = Kecepatan air rata-rata pada saluran drainase (m/dt)

Tabel 2.28 Koefisien Hambatan (nd) Berdasarkan Kondisi Permukaan

No	Kondisi lapis permukaan	Nd
1	Lapisan semen dan aspal beton	0,013
2	Permukaan licin dan kedap air	0,020
3	Permukaan licin dan kokoh	0,100
4	Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,200
5	Padang rumput dan rerumputan	0,400
6	Hutan gundul	0,600
7	Hutan rimbun dan hutan gundul rapat dengan hamparan	0,800

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase Jalan Departemen Pekerjaan Umum, 2021).

f. Debit Banjir

Untuk menghitung debit aliran (Q) dapat dihitung dengan rumus:

$$Q = \frac{1}{3,6} \times Cw \times I \times A$$

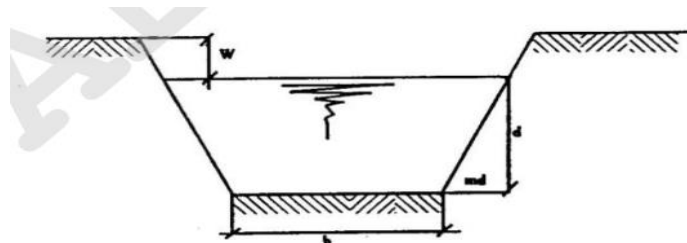
Dimana:

Q = Debit aliran (m^3 /detik)

Cw = Koefisien pengaliran rata-rata

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

A = Luas daerah layanan (km^2)



Gambar 2.25 Saluran bentuk Trapesium

Tabel 2.29 Perhitungan Debit Aliran Rencana (Q)

No.	Debit aliran Q (m ³ /det)	Kemiringan talud (1 : z/m)
1	0,00 – 0,75	1 : 1
2	0,75 – 15	1 : 1,5
3	15 – 80	1 : 2

(Sumber: SNI drainase Jalan, 2017)

2.8.3. Gorong-Gorong (Box Culvert)

Pada sarana drainase jalan, gorong – gorong termasuk dalam sarana drainase permukaan yang berfungsi sebagai penerus aliran dari saluran samping ke tempat pembuangan. Gorong – gorong ini ditempatkan melintang jalan di beberapa lokasi sesuai dengan kebutuhan.

Berfungsi sebagai penerus aliran dari saluran samping jalan untuk mengalirkan air dari lembah yang satu ke lembah lainnya yang ada pembuangan jadi gorong-gorong ini berfungsi sebagai pengering. (Hendarsin, 2000).

Tabel 2.30 Tipe penampang gorong-gorong

No.	Tipe gorong-gorong	Bahan yang dipakai
1	Pipa tunggal atau lebih	Metal gelombang, beton bertulang atau beton tumbuk, besi cor dan lain-lain.
2	Pipa lengkung tunggal atau lebih	Metal gelombang
3	Gorong-gorong persegi (<i>Box Culvert</i>)	Beton bertulang

(Sumber : Pd. T-02-2006-B Perencanaan Sistem Drainase Jalan)

Berdasarkan standard gorong-gorong persegi *single* beton bertulang dari Bina Marga panjang gorong-gorong persegi merupakan lebar jalan ditambah dua kali lebar bahu jalan dan dua kali tebal dinding sayap. Konstruksi gorong-gorong persegi beton bertulang ini direncanakan dapat menampung berbagai variasi lebar perkerasan sehingga pada prinsipnya panjang gorong-gorong persegi adalah bebas, tetapi pada perhitungan volume dan berat isi tulangan diambil terbatas dengan lebar perkerasan yang umum, yaitu 3,5; 4,5; 6; dan 7 meter. Dimensi gorong-gorong persegi beton bertulang direncanakan seperti pada Tabel berikut ini:

Tabel 2. 31 Ukuran Dimensi Gorong-gorong

Tipe Single		
I	t	h
100	100	16
100	150	17
100	200	18
200	100	22
200	150	23
200	200	25
200	250	26
200	300	28
300	150	28
300	200	30
300	250	30
300	300	30

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2021)

2.8.4. Kriteria Perancangan Saluran Samping dan Gorong – Gorong

Perencanaan saluran terbuka secara hidrolika, jenis aliran yang terjadi adalah aliran terbuka (*open channel*), merupakan pengaliran air dengan permukaan bebas. Perencanaan ini digunakan supaya perencanaan saluran samping jalan maupun gorong-gorong. Bahan bangunan saluran ditentukan oleh besarnya kecepatan rencana aliran air yang mengalir di saluran samping jalan tersebut seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.32 Kecepatan Aliran Air yang Diijinkan Berdasarkan Jenis Material

No	Jenis Bahan	Kecepatan Aliran Air yang Diijinkan (m/detik)
1	Pasir Halus	0,45
2	Lempung Kepasiran	0,50
3	Lanau Aluvial	0,60
4	Kerikil Halus	0,75
5	Lempung Kokoh	0,75
6	Lempung Padat	1,10
7	Kerikil Kasar	1,20
8	Batu = batu besar	1,50
9	Pasangan Batu	1,50
10	Beton	1,50
11	Beton Bertulang	1,50

(Sumber : Pedoman Sistem Drainase Jalan, 2021)

Kemiringan saluran ditentukan berdasarkan bahan yang direncanakan. Hubungan antara bahan yang digunakan dengan kemiringan saluran arah memanjang dapat dilihat pada Tabel 2.33.

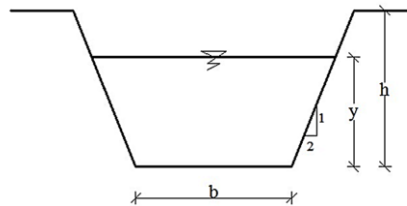
Tabel 2.33 Kemiringan saluran air berdasarkan jenis material penampang minimum saluran 0,50 m²

No	Jenis Material	Kemiringan Saluran (%)
1	Tanah asli	0–5
2	Kerikil	5–7,5
3	Pasangan	>7,5

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

2.8.5. Desain Dimensi Saluran Samping dan Gorong-gorong

1. Dimensi Saluran Samping



Gambar 2.26 Penampang Saluran Berbentuk Trapesium

Perhitungan dimensi saluran dilakukan dengan menggunakan rumus *Manning*:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots 2.5$$

$$Q = V \times A \dots\dots\dots 2.6$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots 2.7$$

$$w = \sqrt{0,5h} \dots\dots\dots 2.8$$

Rumus Penampang Ekonomis

$$B + 2mh = 2h\sqrt{m^2 + 1} \dots\dots\dots 2.9$$

Dimana:

V = Kecepatan aliran dalam saluran (m/detik)

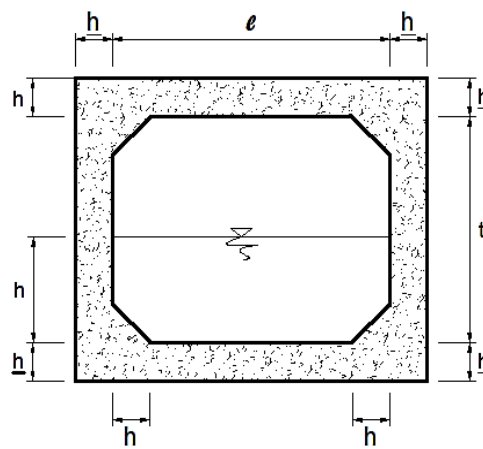
R = Radius hidrolis (m)

S = Kemiringan saluran

A = Luas penampang basah saluran (m²)

- P = Keliling basah saluran (m)
 Q = Debit aliran (m^3 /detik)
 n = Koefisien kekasaran *Manning* (Tabel 2.33)
 w = Tinggi jagaan (m)
 B = Lebar saluran (m)
 m = Perbandingan kemiringan talud
 h = Tinggi muka air (m)

2. Dimensi Gorong-Gorong Bentuk Persegi (*Box Culvert*)



Gambar 2.27 Dimensi Gorong-gorong Persegi

$$V = \frac{Q}{v_{ijin}} \dots\dots\dots 2.10$$

$$b = 2h \dots\dots\dots 2.11$$

$$A = I \times h \dots\dots\dots 2.12$$

$$w = \sqrt{0,5h} \dots\dots\dots 2.13$$

Dimana:

- V = Kecepatan aliran dalam saluran (m/detik).
 Q = Debit aliran (m^3 /detik).
 A = Luas penampang basah (m^2).
 W = Tinggi jagaan (m).
 b = Tinggi penampang saluran (m).
 I = Lebar saluran (m).
 h = Tinggi muka air (m).

Tabel 2.34 Angka Kekasaran Manning (n)

No.	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
Saluran Buatan					
1	Saluran tanah, lurus teratur	0,017	0,020	0,023	0,025
2	Saluran tanah yang dibuat dengan excavator	0,023	0,028	0,030	0,040
3	Saluran pada dinding batuan, lurus, teratur	0,020	0,030	0,033	0,035
4	Saluran pada dinding batuan, tidak lurus, tidak teratur	0,035	0,040	0,045	0,045
5	Saluran batuan yang diledakkan, ada tumbuh-tumbuhan	0,025	0,030	0,035	0,040
No.	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
6	Dasar saluran dari tanah, sisi saluran berbatu	0,028	0,030	0,033	0,035
7	Saluran lengkung, dengan kecepatan aliran rendah	0,020	0,025	0,028	0,030
Saluran Alam					
8	Bersih, lurus, tidak berpasir dan tidak berlubang	0,025	0,028	0,030	0,033
9	Seperti no.8 tapi ada timbunan alau kerikil	0,030	0,033	0,035	0,040
10	Melengkung, bersih, berlubang, dan berdinding pasir	0,030	0,035	0,040	0,045
11	Seperti no. 10, dangkal, tidak teratur	0,040	0,045	0,050	0,055
12	Seperti no. 10, berbatu dan ada tumbuh-tumbuhan	0,035	0,040	0,045	0,050
13	Seperti no.11 sebagian berbatu	0,045	0,050	0,055	0,060
14	Aliran pelan, banyak tumbuh-tumbuhan dan berlubang	0,050	0,060	0,070	0,080
15	Banyak tumbuh-tumbuhan	0,075	0,100	0,125	0,150
Saluran Buatan, Beton, atau Batu Kali					
16	Saluran pasangan batu, tanpa penyelesaian	0,025	0,030	0,033	0,035
17	Seperti no.16, tapi dengan penyelesaian	0,017	0,020	0,025	0,030
18	Saluran beton	0,014	0,016	0,019	0,021
19	Saluran beton halus dan rata	0,010	0,011	0,012	0,013
20	Saluran beton pracetak dengan acuan baja	0,013	0,014	0,014	0,015
21	Saluran beton pracetak dengan acuan kayu	0,015	0,016	0,016	0,018

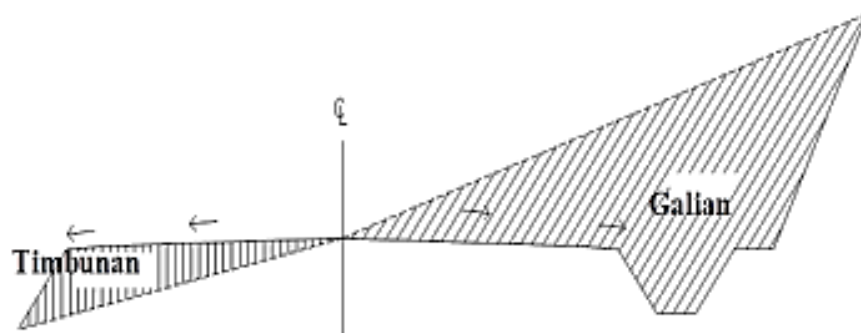
(Sumber : Pd. T-02-2021-B Perencanaan Sistem Drainase Jalan)

2.9. Perencanaan Galian dan Timbunan

Dalam perencanaan jalan raya diusahakan agar volume galian sama dengan volume timbunan. Dengan mengkombinasikan alinyemen vertikal dan horizontal memungkinkan untuk menghitung banyaknya volume galian dan timbunan.

Menurut Ir. Hamirhan Saodang (2004:177), langkah-langkah dalam pekerjaan galian dan timbunan, yaitu:

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



Gambar 2.28 Galian dan Timbunan

Tabel 2.35 Perhitungan Galian dan Timbunan

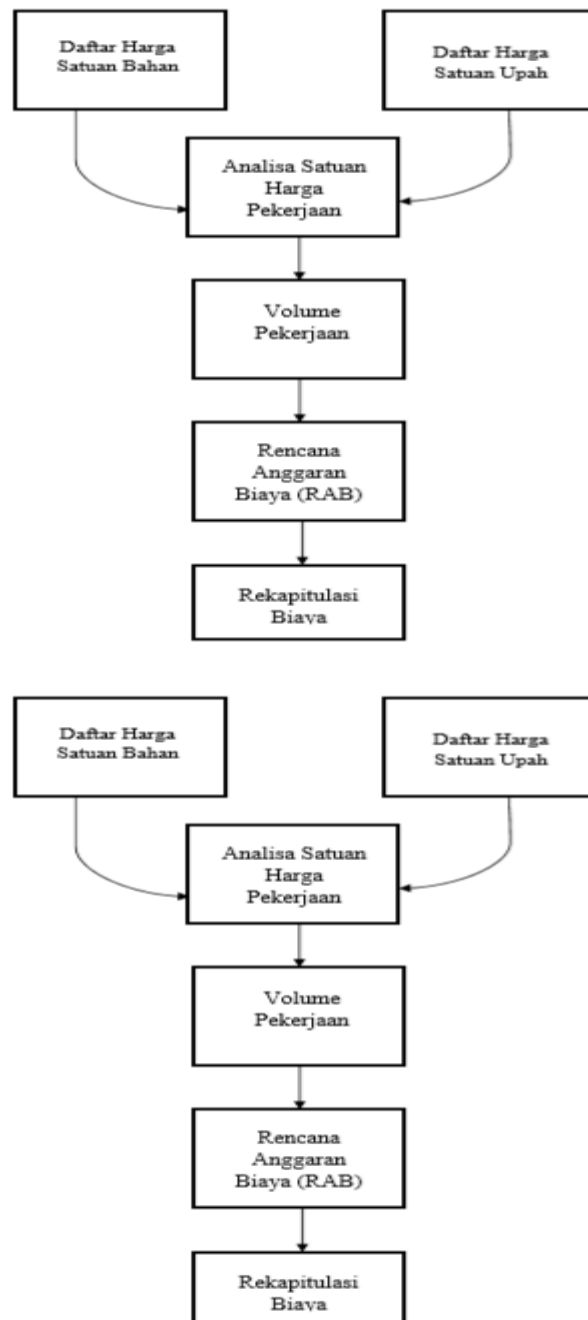
STA	Luas (m ²)		Jarak (m)	Volume (m ³)	
	Galian	Timbunan		Galian	Timbunan
0+000	A	A	L	$\frac{A + B}{2} \times L = C$	$\frac{A + B}{2} \times L = C$
0+100	B	B		$\frac{A + B}{2} \times L = C$	$\frac{A + B}{2} \times L = C$
Jumlah				ΣC	ΣC

2.10. Manajemen Proyek

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

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

Pihak owner membuat estimasi dengan tujuan untuk mendapatkan informasi sejelas-jelasnya tentang biaya yang harus disediakan untuk merealisasikan proyeknya, hasil estimasi ini disebut OE (Owner Estimate) atau EE (Engineer Estimate). Pihak kontraktor membuat estimasi dengan tujuan untuk kegiatan penawaran terhadap proyek konstruksi. Kontraktor akan memenangkan lelang jika penawaran yang diajukan mendekati owner estimate (OE) atau engineer estimate (EE). Dalam menentukan harga penawaran, kontraktor harus memasukkan aspek-aspek lain yang sekiranya berpengaruh terhadap biaya proyek nantinya. Tahap-tahap yang sebaiknya dilakukan untuk menyusun anggaran biaya dapat dilihat pada gambar 2.31



Gambar 2.29 Tahapan Estimasi Biaya

2.10.1. Rencana Kerja dan Syarat-Syarat

Rencana kerja dan syarat-syarat adalah segala ketentuan dan formasi yang diperlukan terutama hal-hal yang tidak dapat dijelaskan dengan gambar-gambar yang harus dipenuhi oleh para kontraktor pada saat mengikuti pelelangan maupun

pada saat melaksanakan pekerjaan yang akan dilakukan olehnya. Rencana kerja dan syarat-syarat terdiri :

1. Syarat umum
2. Syarat administrasi
3. Syarat Teknis
4. Syarat Teknik Khusus

2.10.2. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

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

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

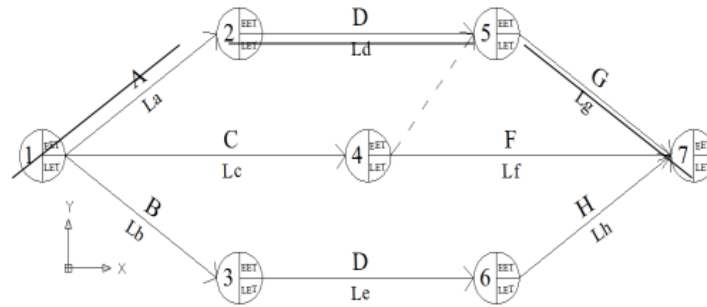
1. Perhitungan Kuantitas Pekerjaan
2. Analisa Harga Satuan
3. Rencana Anggaran Biaya
4. Rekapitulasi

2.10.3. *Network Planning* (NWP)

Network planning adalah satu model yang digunakan dalam suatu penyelenggaraan proyek yang produknya adalah informasi mengenai kegiatan - kegiatan yang ada dalam network diagram proyek yang bersangkutan. Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun NWP adalah sebagai berikut:

1. Urutan pekerjaan yang logis.
2. Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan lain dimulai, dan pekerjaan yang kelonggaran waktu.
3. Biaya untuk mempercepat pekerjaan

4. Ini berguna apabila pekerjaan-pekerjaan yang berdasar di jalur kritis ingin dipercepat agar seluruh proyek segera selesai, misalnya : biaya-biaya lembur, biaya menambah tenaga kerja dan sebagainya.



Gambar 2.30 Sketsa Network Planning

Beberapa Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran Net Work Planning (NWP) :

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

2.10.4. Barchart

Barchart adalah sekumpulan aktivitas yang ditempatkan dalam kolom vertikal, sementara waktu dalam baris horizontal. Panjang dari balok menunjukkan durasi dari aktivitas dan disusun berdasarkan kronologi pekerjaannya (Widiasanti dan Lenggogeni 2013:78). Barchart memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

1. Mudah dalam pembuatan dan persiapannya.
2. Memiliki bentuk yang mudah dimengerti.
3. Bila digabungkan dengan Kurva S dapat dipakai sebagai pengendalian biaya.

No.	Uraian Kegiatan	Minggu					
		1	2	3	4	5	6
1	Pekerjaan Persiapan						
2	Pekerjaan Pelaksanaan						
3	Pekerjaan Akhir						

Gambar 2.31 Contoh Barchart

2.10.5. Kurva S

Kurva S dapat menggambarkan kemajuan pekerjaan berdasarkan keterserapan dana yang sudah terealisasi di proyek. Kurva S memberikan gambaran kemajuan pekerjaan dengan waktu yang direpresentasikan terhadap bobot penyerapan biaya. (Widiasanti dan Lenggogeni 2013:89)



Gambar 2.32 Contoh Kurva S