

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

Studi pustaka yaitu suatu pembahasan dengan dasar buku-buku referensi yang bertujuan untuk memperkuat materi pembahasan maupun sebagai dasar untuk menggunakan rumus-rumus tertentu dalam desain. Disamping itu untuk memecahkan masalah yang ada baik untuk menganalisa faktor-faktor dari data pendukung maupun merencanakan konstruksi yang menyangkut perhitungan teknis.

Serangkaian kegiatan perencanaan konstruksi *underpass* perlu memperhatikan beberapa aspek diantaranya adalah aspek lalu lintas, sistem transportasi dan jalan, geometri, pembebanan konstruksi, dan konstruksi *underpass*. Sebelum ditentukan penyelesaian terbaik untuk mengatasi konflik yang terjadi di persimpangan, maka perlu dilakukan suatu analisis pada simpang tersebut. Dengan analisis ini nantinya dapat dibuktikan bahwa persimpangan tersebut perlu atau tidak dibangun suatu simpang susun. Untuk memberikan gambaran terhadap proses perencanaan maka diuraikan beberapa kajian berikut ini.

2.2. Sistem Transportasi Jalan

2.2.1 Kondisi Jalan

Jalan merupakan prasarana yang cukup vital diantara prasarana-prasarana lain seperti drainase, sanitasi air bersih, dan lain-lain. Oleh karena itu kondisi fisik jalan dan permasalahan lalu lintasnya harus diatur dan dikendalikan untuk optimalisasi, efisiensi, dan keselamatan pengguna jalan.

Kondisi prasarana jalan yang ada di daerah Kota Tegal secara garis besar sudah cukup baik dengan prosentase jumlah perkerasan jalan aspal lebih dari 90% dari jumlah total jalan yang ada di daerah Kota Tegal.

2.2.2 Sistem Transportasi

Wilayah Kota Tegal dilewati oleh beberapa jalur arteri primer Semarang-Jakarta yang lebih dikenal sebagai Jalur Pantai Utara. Jalur tersebut merupakan wadah dari pola pergerakan linear regional (antar kabupaten, kota, dan antar propinsi) dengan frekuensi besar dan cepat serta memiliki sarana yang beragam.

Pola transportasi darat melalui jalan raya diperkuat adanya jalur lintas utama Kereta Api yang memiliki peran cukup besar, karena terdapat dua jalur KA yang melintas di Wilayah Kota Tegal antara jalur utara dan jalur ke selatan. Jalur KA tersebut sejajar dengan jalur jalan raya yang ada baik jalur utara maupun jalur ke selatan. Jalur KA direncanakan dalam 2 track sehingga diperlukan lahan untuk kepentingan tersebut termasuk lahan-lahan untuk sempadan jalan KA sebesar 15 meter di kiri-kanan jalan yang dibebaskan dari bangunan.

2.3. Sistem Jaringan Jalan

2.3.1 Klasifikasi Fungsional Jalan

Klasifikasi fungsional seperti dijabarkan dalam peraturan pemerintah No.26 tahun 1985 pasal 4 dan 5 mengenai 2 (dua) sistem jaringan jalan, terdiri dari :

1. Sistem jaringan jalan primer disusun mengikuti ketentuan pengaturan tata ruang dan struktur pengembangan wilayah tingkat nasional, yang menghubungkan simpul-simpul jasa distribusi sebagai berikut :
 - a. Dalam satu satuan wilayah pengembangan menghubungkan secara menerus kota jenjang kesatu, kota jenjang kedua, kota jenjang ketiga dan kota jenjang dibawahnya sampai persil.
 - b. Menghubungkan kota jenjang kesatu dengan kota kota jenjang kesatu antar satuan wilayah pengembangan.

Fungsi jalan dalam sistem jaringan jalan primer terdiri dari :

- a. Jalan arteri primer menghubungkan kota jenjang kesatu yang terletak berdampingan atau menghubungkan kota jenjang kesatu dengan kota jenjang kedua.
- b. Jalan kolektor primer menghubungkan kota jenjang kedua dengan kota jenjang kedua atau menghubungkan kota jenjang kedua dengan kota jenjang ketiga.
- c. Jalan lokal primer menghubungkan kota jenjang kesatu dengan persil atau menghubungkan kota jenjang kedua dengan persil atau menghubungkan kota

jenjang kedua dengan persil atau menghubungkan kota jenjang ketiga dengan kota jenjang ketiga, kota jenjang ketiga dengan persil, atau kota dibawah jenjang ketiga sampai persil.

2. Sistem jaringan jalan sekunder disusun mengikuti ketentuan pengaturan tata ruang kota yang menghubungkan kawasan-kawasaan yang mempunyai fungsi primer, fungsi sekunder kesatu, fungsi sekunder kedua, fungsi sekunder ketiga dan seterusnya sampai ke perumahan.

Fungsi jalan dalam sistem jaringan jalan sekunder terdiri dari :

- a. Jalan arteri sekunder menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder kesatu atau menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kesatu atau menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kedua.
- b. Jalan kolektor sekunder menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder kedua atau menghubungkan kawasan sekunder kedua kawasan sekunder ketiga.
- c. Jalan lokal sekunder menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan, menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan perumahan, kawasan sekunder ketiga dan seterusnya sampai ke perumahan.

2.3.2 Jaringan Jalan

Untuk sistem jaringan jalan yang ada bisa dilihat dari kelas jalan dan kualitas jalan yang ada, disamping kualitas (ukuran) dari jalan yang dibutuhkan. Sistem jaringan jalan yang ada di Kota Tegal memiliki pusat jaringan di wilayah kota lama, pusat jaringan jalan yang ada lebih mengarah pada jalur regional yang ada terutama di pantai utara. Pola jaringan semacam ini memiliki bentuk radial dengan jaringan jalan pembantu sistem grid, namun belum sepenuhnya terbentuk sehingga pola ini dapat disebut semi radial. Sedangkan jalur-jalur lain lebih berfungsi sebagai jalur sekunder yang melayani daerah sekitarnya yang cukup potensial untuk dikembangkan terutama untuk mengantisipasi perkembangan di wilayah tengah. Pada saat sekarang jalur tersebut sudah ada tetapi kondisi sarana dan prasarana jalannya masih kurang memadai sehingga tidak optimal dalam penggunaannya.

Untuk perkembangan wilayah lebih lanjut bentuk ini sudah dapat memberikan arahan yang tepat, karena akan membentuk perkembangan yang merata antar wilayah utara, selatan, dan tengah.

Pengembangan jaringan jalan di Kota Tegal didasarkan atas pertimbangan-pertimbangan berikut :

- Adanya penetapan pusat-pusat pertumbuhan wilayah.
- Kebijakan wilayah Propinsi Jawa Tengah tentang jaringan jalan.
- Kebijakan wilayah Kabupaten sekitar tentang jaringan jalan.
- Volume lalu lintas yang terjadi.

Berdasarkan pertimbangan tersebut maka pengembangan jaringan jalan dapat ditetapkan fungsi jaringannya sebagai berikut :

- Jaringan jalan arteri primer, merupakan jaringan jalan utama yang berfungsi melayani lalu lintas menerus.
- Jaringan jalan arteri sekunder, merupakan jalan utama di dalam kota yang menghubungkan pusat kota dengan pusat kegiatan lainnya.
- Jaringan jalan kolektor primer, merupakan jalan utama kota yang menampung kegiatan lalu lintas dari jalan-jalan kota menuju ke pusat kegiatan perkotaan.
- Jaringan jalan lokal, merupakan jaringan jalan yang berada di lingkungan permukiman atau peruntukan lahan lainnya, berfungsi untuk menampung lalu lintas lokal.

Pengembangan jaringan jalan di Kota Tegal, memiliki orientasi pada pengembangan wilayah pada daerah asal, antara dan daerah tujuan. Fungsi utama jalan ini adalah pada pengembangan swadaya dan swasembada serta peningkatan sumber daya manusia itu sendiri. Hirarkinya persimpangan Jl.Kapt.Sudibyoy-Jl.K.S.Tubun termasuk jaringan jalan kolektor primer.

2.4. Aspek Lalu Lintas

Tinjauan dari aspek lalu lintas diperlukan untuk analisis simpang tak bersinyal. Analisis ini terdiri dari analisis kapasitas persimpangan, panjang antrian, angka henti dan tundaan. Disamping itu diperlukan juga suatu analisis kinerja jalur jalan. Analisis ini dipergunakan untuk menilai persimpangan Jl.Kapt.Sudibyoy-Jl.K.S.Tubun dengan

Jalan Rel mengenai kemampuan persimpangan tersebut dalam melayani lalu lintas yang ada serta analisis mengenai kemungkinan penggunaan *underpass* sebagai penyelesaian permasalahan yang timbul.

2.4.1 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi jalan menurut kelas jalan didasarkan pada kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas yang dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST). Klasifikasi untuk jalan antar kota dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.1 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat MST (ton)
Arteri	I	> 10
	II	10
	III A	8
Kolektor	III A	8
	III B	< 8

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997

2.4.2 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Klasifikasi berdasarkan medan jalan ini memakai kondisi kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur. Pengklasifikasiannya adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
Datar	D	< 3
Perbukitan	B	3 - 25
Pegunungan	G	> 25

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997

2.4.3 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan maksimum yang aman dan dapat dipertahankan di sepanjang bagian tertentu pada jalan raya. Kecepatan rencana ini berdasarkan kondisi cuaca cerah, lalu lintas lenggang dan pengaruh hambatan samping jalan yang tidak berarti. Kecepatan rencana untuk jalan antar kota dapat diturunkan

dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak boleh lebih dari 20 km/jam. Kecepatan rencana ini didasarkan pada fungsi jalan dan kondisi medan jalan.

Kecepatan rencana untuk jalan antar kota adalah sebagai berikut :

Tabel 2.3 Kecepatan Rencana Berdasarkan Klasifikasi Fungsi dan Medan

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

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997

2.4.4 Koefisien Kendaraan

Pada umumnya lalu lintas pada jalan raya terdiri dari campuran kendaraan cepat, kendaraan lambat, kendaraan berat, kendaraan ringan dan kendaraan yang tidak bermotor.

Dalam hubungannya dengan kapasitas jalan, pengaruh dari setiap jenis kendaraan tersebut terhadap keseluruhan arus lalu lintas, diperhitungkan dengan membandingkannya terhadap pengaruh dari suatu mobil penumpang. Untuk mengkonversikan setiap kendaraan ke dalam satuan mobil penumpang (smp) digunakan ekivalen mobil penumpang (emp). Besarnya emp untuk jalan 2 lajur 2 arah tidak terpisah (2/2 UD) adalah sebagai berikut :

Tabel 2.4 Nilai emp Kendaraan di Ruas Jalan (2/2 UD)

Tipe Alinyemen	Arus total (kend/jam)	emp					
		MHV	LB	LT	MC		
					Lebar lalu-lintas (m)		
					< 6m	6 – 8m	> 8m
Datar	0	1,2	1,2	1,8	0,8	0,6	0,4
	800	1,8	1,8	2,7	1,2	0,9	0,6
	1350	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	1,8	1,6	5,2	0,7	0,5	0,3
	650	2,4	2,5	5,0	1,0	0,8	0,5
	1100	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	3,5	2,5	6,0	0,6	0,4	0,2
	450	3,0	3,2	5,5	0,9	0,7	0,4
	900	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 : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

- ⇒ MHV (*Medium Heavy Vehicle*/Kendaraan Berat Menengah) adalah kendaraan dengan dua gandar bergandar 3,5 – 5,0 m. Yang termasuk dalam kendaraan ini yaitu bus kecil dan truck dengan enam roda.
- ⇒ LV (*Light Vehicle*/Kendaraan ringan) adalah kendaraan bermotor roda empat dengan dua gandar. Yang termasuk dalam ini adalah : kendaraan penumpang, oplet, mikro bis dan truck kecil.
- ⇒ LT (*Light Truck*/Truck ringan) adalah truck tiga gandar dan truck kombinasi dengan jarak antar gandar (gandar pertaman ke kedua) adalah < 3,5 m.
- ⇒ LB (*Light Bus*/Bus ringan) yaitu bus dengan dua atau tiga gandar dengan jarak antar as 5,00 – 6,00 m.
- ⇒ MC (*Motor Cycle*/sepeda motor) yaitu sepeda motor dengan dua atau tiga roda. Yang termasuk dalam MC adalah sepeda motor dan kendaraan roda tiga sesuai klasifikasi Bina Marga.
- ⇒ UM (*Unmotor Cycle*/kendaraan tak bermotor) yaitu kendaraan bertenaga manusia atau hewan diatas roda. Kendaraan tak bermotor tidak dianggap sebagai unsur lalu lintas tetapi sebagai unsur hambatan samping. Yang termasuk didalamnya adalah sepeda, becak, kereta kuda, dan kereta dorong sesuai dengan klasifikasi Bina Marga.

2.4.5 Hambatan Samping (*Side Friction*)

Hambatan samping adalah pengaruh kegiatan samping ruas jalan terhadap kinerja lalu lintas. Banyaknya kegiatan samping jalan ini sering menimbulkan konflik dengan arus lalu lintas. Hambatan samping di Indonesia lebih diperhatikan dari pada di negara Barat, hal ini karena tingkat kesadaran dalam disiplin berlalu lintas di Indonesia masih rendah serta terbatasnya kondisi jalan-jalan di Indonesia.

Data rincian hambatan samping dalam kota yang tersedia :

- Jumlah pejalan kaki berjalan atau menyeberang sepanjang segmen jalan.
- Jumlah kendaraan bermotor yang masuk dan keluar ke/dari lahan samping jalan dan jalan sisi.
- Jumlah kendaraan berhenti dan parkir.
- Arus kendaraan yang bergerak lambat, yaitu arus total (kend/jam) dari sepeda, becak, delman, pedati, traktor dan sebagainya.

Tabel 2.5 Kelas Hambatan Samping Jalan Dalam Kota

Kelas Hambatan Samping SFC	Kode	Jumlah berbobot kejadian per 200m per jam (dua sisi)	Kondisi Khusus
Sangat rendah	VL	< 100	Daerah permukiman ; jalan dengan jalan samping
Rendah	L	100 – 299	Daerah permukiman ; beberapa kendaraan umum ; dsb
Sedang	M	300 – 499	Daerah industri ; beberapa toko di sisi jalan
Tinggi	H	500 – 899	Daerah komersial ; aktivitas sisi jalan tinggi
Sangat tinggi	VH	> 900	Daerah komersial dengan aktivitas pasar di samping jalan

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

2.4.6 Jalur dan Lajur

2.4.6.1 Jalur dan Jumlah Lajur

Jalur adalah suatu bagian pada lajur lalu lintas yang ditempuh oleh kendaraan dalam satu jurusan. Jalur jalan dapat terdiri dari satu atau lebih lajur. Lajur adalah bagian jalur lalu lintas yang memanjang, dibatasi oleh marka lajur jalan dan memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan.

Jumlah lajur jalan pada suatu jalur sangat ditentukan oleh peramalan kebutuhan volume lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang akan melalui jalan tersebut. Jumlah jalur jalan harus ditentukan oleh perbandingan antara volume kendaraan untuk perencanaan dengan standard perencanaan LHR perjalur.

Tabel 2.6 Penentuan Lebar Jalur dan Bahu Jalan

VLHR smp/hari	ARTERI		KOLEKTOR		LOKAL	
	Minimum		Minimum		Minimum	
	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)
< 3.000	4,50	1,0	4,5	1,0	4,5	1,0
3.000 – 10.000	6,0	1,5	6,0	1,5	5,0	1,0
10.000 – 25.000	7,0	2,0	7,0	2,0	-	-
> 25.000	2 x 7,0	2,0	2 x 3,5	2,0	-	-

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometik Jalan Antar Kota, 1997

2.4.6.2 Lebar Jalur dan Lajur

Lebar lajur jalan ditentukan oleh ukuran dan kecepatan kendaraan dengan memperhatikan faktor ekonomi, keamanan dan kenyamanan. Lebar lajur jalan tidak boleh lebih kecil daripada lebar maksimum kendaraan yang diijinkan melalui jalan tersebut.

Tabel 2.7 Lebar Lajur Jalan Ideal

FUNGSI	KELAS	Lebar Lajur Ideal
Arteri	I	3,75
	II, IIIA	3,50
Kolektor	IIIA, IIIB	3,00
Lokal	IIIC	3,00

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometik Jalan Antar Kota, 1997

2.4.7 Simpang Tak Bersinyal

Persimpangan Jl.Kapt.Sudibyo-Jl.K.S.Tubun termasuk simpang tak bersinyal. Pada kebutuhan lalu-lintas yang lebih tinggi, perilaku lalu-lintas menjadi lebih agresif dan ada risiko tinggi bahwa simpang tersebut akan terhalang oleh para pengemudi yang berebut ruang terbatas pada daerah konflik.

Perilaku lalu-lintas pada simpang tak bersinyal dalam hal aturan memberi jalan, disiplin lajur dan aturan antri sangat sulit digambarkan dalam suatu metode perilaku seperti model berhenti atau beri jalan yang berdasarkan pada pengambilan celah. Hasil yang paling menentukan dari perilaku lalu-lintas adalah bahwa rata-rata hampir dua pertiga dari seluruh kendaraan yang datang dari jalan minor melintasi simpang dengan

perilaku tidak menunggu celah dan celah kritis yang kendaraan tidak memaksa lewat adalah sangat rendah yaitu sekitar 2 detik.

Pada persimpangan ini sering terjadi konflik yang mencapai batas kritis, hal ini disebabkan kurang disiplinnya para pengguna jalan, tingginya kendaraan tidak bermotor (becak) maupun tingginya volume kendaraan bermotor yang melintas dan hambatan samping.

Persimpangan Jl.Kapt.Sudibyo-Jl.K.S.Tubun dan rel KA merupakan lokasi yang rawan kecelakaan. Hal ini disebabkan oleh rel KA yang memotong terlalu serong terhadap jalan serta karena tercampurnya arus lalu-lintas lokal dan regional. Oleh karena itu dilakukan pembenahan dengan cara :

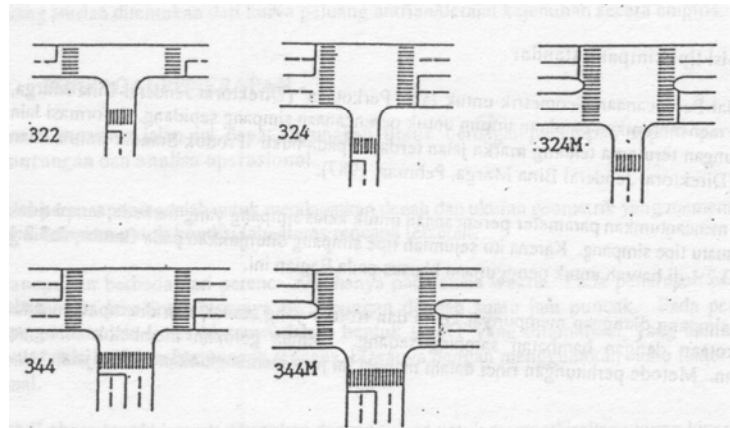
- Membuat perpotongan rel KA dan jalan kota menjadi tegak lurus.
- Memisahkan arus lalu-lintas kendaraan dan KA menjadi persimpangan tak sebidang melalui perencanaan *underpass*.

o **Kapasitas**

$$C = C_0 * F_w * F_{CS} * F_M * F_{RSU} * F_{LT} * F_{RT} * F_{MI} \text{ (smp/jam)} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

- C_0 = kapasitas dasar (smp/jam), tergantung pada tipe simpang.



Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Gambar 2.1 Ilustrasi Tipe Simpang Tak-Bersinyal 3 Kaki

Tabel 2.8 Nilai C_o untuk simpang tak-bersinyal 3 kaki dan 4 kaki

Tipe Simpang	C_o (smp/jam)
322	2700
342	2900
324 atau 344	3200
422	2900
424 atau 444	3400

- F_W = faktor penyesuaian lebar pendekat.
- F_M = faktor penyesuaian median di jalan mayor, hanya digunakan untuk jalan mayor dengan 4 lajur.
- F_{CS} = faktor penyesuaian ukuran kota.
- F_{RSU} = faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor.
- F_{LT} = faktor penyesuaian *left turn* (belok kiri).
- F_{RT} = faktor penyesuaian *right turn* (belok kanan).
- F_{MI} = faktor penyesuaian rasio arus jalan minor.

o **Derajat Kejenuhan**

$$DS = Q_{SMP} / C \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

- Q_{smp} = arus total (smp/jam) $\rightarrow Q_{smp} = Q_{kend} * F_{smp}$
- $F_{smp} = \frac{(emp_{LV} * LV\% + emp_{HV} * HV\% + emp_{MC} * MC\%)}{100}$
- C = kapasitas (smp/jam)

o **Tundaan**

Tundaan pada simpang dapat terjadi karena dua sebab :

- 1) Tundaan lalu lintas (DT) akibat interaksi lalu lintas dengan gerakan yang lain dalam simpang.
- 2) Tundaan geometrik (DG) akibat perlambatan dan percepatan kendaraan yang terganggu dan tak terganggu.

▪ Tundaan Lalu Lintas Simpang

$$DT_i = \text{tundaan lalin simpang}$$

$$= 2 + 8,2078DS - (1 - DS) * 2, \text{ untuk } DS \leq 0,6 \dots \dots \dots (3)$$

$$= 1,0504 / (0,2742 - 0,2742DS) - (1 - DS * 2), \text{ untuk } DS > 0,6 \dots \dots \dots (4)$$

$$DT_{MA} = \text{tundaan lalin di jalan mayor}$$

$$= 1,8 + 5,8234DS - (1 - DS) * 1,8, \text{ untuk } DS \leq 0,6 \dots \dots \dots (5)$$

$$= 1,05034 / (0,346 - 0,246DS) - (1 - DS) * 1,8, \text{ untuk } DS > 0,6 \dots \dots \dots (6)$$

$$DT_{MI} = \text{tundaan lalin di jalan minor}$$

$$= (Q_{smp} * DT_i - Q_{MA} * DT_{MA}) / Q_{MI} \dots \dots \dots (7)$$

▪ Tundaan Geometrik Simpang

$$\text{Untuk } DS < 1,0 ; DG = (1 - DS) * (P_T * 6 + (1 + P_T) * 3) + DS * 4 \text{ (dt/smp)} \dots \dots \dots (8)$$

$$\text{Untuk } DS \geq 1,0 ; DG = 4 \text{ (dt/smp)} \dots \dots \dots (9)$$

▪ Tundaan Simpang

$$D = DG + DT_i \text{ (dt/smp)} \dots \dots \dots (10)$$

Keterangan :

- DS = derajat kejenuhan
- P_T = rasio arus belok terhadap arus total
- 6 = tundaan geometrik normal untuk kendaraan belok yang tak terganggu (dt/smp)
- 4 = tundaan geometrik normal untuk kendaraan yang terganggu (dt/smp)

o **Peluang Antrian**

Batas bawah :

$$QP\% = 9,02DS + 20,66DS^2 + 10,49DS^3 \dots\dots\dots(11)$$

Batas atas :

$$QP\% = 47,71DS - 24,68DS^2 + 56,47DS^3 \dots\dots\dots(12)$$

2.4.8 Jalinan Bundaran

Pada umumnya bundaran dengan pengaturan hak jalan (prioritas dari kiri) digunakan di daerah perkotaan dan pedalaman bagi persimpangan antara jalan dengan arus lalu lintas sedang. Pada arus lalu lintas yang tinggi dan kemacetan pada daerah keluar simpang, bundaran tersebut mudah terhalang yang mungkin menyebabkan kapasitas terganggu pada semua arah.

Bundaran paling efektif jika digunakan untuk persimpangan antara jalan dengan ukuran dan tingkat arus yang sama. Karena itu bundaran sangat sesuai untuk persimpangan antara jalan dua lajur atau empat lajur. Untuk persimpangan antara jalan yang lebih besar, penutupan daerah jalinan mudah terjadi dan keselamatan bundaran menurun. Meskipun dampak lalu lintas bundaran berupa tundaan selalu lebih baik dari tipe simpang yang lain misalnya simpang bersinyal, pemasangan sinyal masih lebih disukai untuk menjamin kapasitas tertentu dapat dipertahankan bahkan dalam keadaan arus jam puncak.

Perubahan dari simpang bersinyal atau simpang tak-bersinyal menjadi bundaran dapat juga didasari oleh keselamatan lalu lintas. Bundaran mempunyai keuntungan yaitu mengurangi kecepatan semua kendaraan yang berpotongan dan membuat mereka hati-hati terhadap resiko konflik dengan kendaraan lain. Hal ini mungkin terjadi bila kecepatan pendekat ke simpang tinggi dan atau jarak pandang untuk gerakan lalu lintas yang berpotongan tidak cukup akibat rumah atau pepohonan yang dekat dengan sudut persimpangan.

o **Kapasitas**

$$C = 135 * W_w^{1,3} * \left(1 + \frac{W_E}{W_w}\right)^{1,5} * \left(1 - \frac{P_w}{3}\right)^{0,5} * \left(1 + \frac{W_w}{L_w}\right)^{-1,8} * F_{CS} * F_{RSU} \text{ smp/jam}..(13)$$

Keterangan :

- C = kapasitas dasar (smp/jam) * faktor-faktor penyesuaian.
- W_w = lebar jalinan (m).
- W_E = lebar masuk rata-rata (m).
- P_w = rasio jalinan, rasio antara arus jalinan total dan arus total.
- L_w = panjang jalinan (m).
- F_{CS} = faktor penyesuaian kapasitas dasar akibat ukuran kota.
- F_{RSU} = faktor penyesuaian kapasitas dasar akibat tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan rasio kendaraan tak bermotor.

o **Derajat Kejenuhan**

$$DS = Q_{SMP} / C \dots\dots\dots (14)$$

Keterangan :

- Q_{smp} = arus total (smp/jam) $\rightarrow Q_{smp} = Q_{kend} * F_{smp}$
- $F_{smp} = \frac{(emp_{LV} * LV\% + emp_{HV} * HV\% + emp_{MC} * MC\%)}{100}$
- C = kapasitas (smp/jam)

o **Tundaan pada bagian Jalinan Bundaran**

▪ Tundaan Lalu Lintas bagian Jalinan

Untuk $DS \leq 0,6$; $DT = 2 + (2,68982 * DS) - (1 - DS) * 2$ (dt/smp)..... (15)

Untuk $DS > 0,6$; $DT = \frac{1}{(0,59186 - 0,52525 DS) - (1 - DS) * 2}$ (dt/smp)..... (16)

▪ Tundaan Lalu Lintas Bundaran

$$DT_R = \frac{\sum(Q_i * DT_i)}{Q_{masuk}}; i = 1 \dots n \text{ (dt/smp)} \dots\dots\dots (17)$$

▪ Tundaan Geometrik pada bagian Jalinan

$DG = (1 - DS) * 4 + DS * 4 = 4$ (dt/smp)..... (18)

▪ Tundaan Bundaran

$$D_R = DT_R + 4(dt/smp) \dots\dots\dots (19)$$

Keterangan :

- DS = derajat kejenuhan
- DT = tundaan lalu-lintas rata-rata bagian jalinan (dt/smp)
- DG = tundaan geometrik rata-rata bagian jalinan (dt/smp)
- D_R = tundaan bundaran rata-rata (dt/smp)
- i = bagian jalinan i dalam bundaran
- n = jumlah bagian jalinan dalam bundaran
- Q_i = arus total lapangan pada bagian jalinan i (smp/jam)
- DT_i = tundaan lalu-lintas rata-rata pada bagian jalinan i (dt/smp)
- Q_{masuk} = jumlah arus total yang masuk bundaran (smp/jam)

○ **Peluang Antrian pada bagian Jalinan Bundaran**

$$QP\% = maks.dari(QP\%); i = 1 \dots n$$

Keterangan :

- $QP\%$ = peluang antrian bagian jalinan i
- n = jumlah bagian jalinan dalam bundaran

○ **Kecepatan Tempuh pada bagian Jalinan Tunggal**

$$V = V_0 * 0,5 * \{1 + (1 - DS)^{0,5}\} \dots\dots\dots (20)$$

$$V_0 = 43 * \left(\frac{1 - P_w}{3} \right) \dots\dots\dots (21)$$

Keterangan :

- V = kecepatan tempuh (km/jam) sepanjang bagian jalinan
- V_0 = kecepatan arus bebas (km/jam)
- P_w = rasio jalinan, rasio antara arus jalinan total dan arus total.

o **Waktu Tempuh pada bagian Jalinan Tunggal**

$$TT = L_w * \frac{3,6}{V} \text{ (dt)} \dots\dots\dots (22)$$

Keterangan :

- V = kecepatan tempuh (km/jam)
- L_w = panjang bagian jalinan (m)
- TT = waktu tempuh (dt)

2.4.8.1 Pertumbuhan Lalu Lintas

Pertumbuhan lalu lintas dimasa mendatang dapat diperkirakan dengan menggunakan rumus :

$$LHR_n = LHR_o (1+i)^n \dots\dots\dots (23)$$

Keterangan :

- LHR_n = LHR tahun ke-n umur rencana
- LHR_o = LHR awal tahun umur rencana
- i = pertumbuhan lalu lintas
- n = kumulatif tahun umur rencana

Volume LHR (Lintas Harian Rata-rata) adalah volume total yang melewati suatu titik atau ruas pada fasilitas jalan untuk kedua jurusan selama satu tahun dibagi oleh jumlah hari dalam satu tahun.

Dengan mengetahui besarnya pertumbuhan lalu lintas tiap tahun, akan diperoleh suatu grafik pemakaian suatu ruas jalan, sehingga diperoleh tren kedepan pemakaian jalan tersebut.

2.4.9 Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas merupakan banyaknya jumlah kendaraan yang melewati suatu titik di ruas jalan tertentu pada interval waktu tertentu. Pada dasarnya volume lalu lintas yang tinggi akan membutuhkan lebar perkerasan jalan yang lebih lebar agar nyaman dan aman. Sebaliknya jalan dibuat terlalu lebar namun volume lalu lintasnya rendah cenderung membahayakan.

2.5. Geometri Persimpangan

Jalan Kapt.Sudibyo, Jalan K.S.Tubun dan Jalan Teuku Umar merupakan jalan dalam kota Tegal dimana kendaraan yang melintas pada ruas jalan tersebut sebagian besar adalah kendaraan yang beroperasi di dalam kota Tegal. Bangkitan pergerakannya berasal dari perjalanan dalam kota itu sendiri. Oleh karena itu, peraturan yang dipergunakan untuk analisa kapasitas jalan dan desain geometrinya menggunakan peraturan jalan dalam kota.

Persimpangan adalah bagian yang terpenting dari jalan perkotaan sebab sebagian besar dari efisiensi, keamanan, kecepatan, biaya operasi dan kapasitas lalu lintas tergantung pada perencanaan persimpangan. Setiap persimpangan mencakup pergerakan lalu lintas menerus dan lalu lintas yang saling memotong pada satu atau lebih dari kaki persimpangan dan mencakup juga pergerakan perputaran. Pergerakan lalu lintas ini dikendalikan dengan berbagai cara, bergantung pada jenis persimpangannya.

Tujuan utama dari perencanaan persimpangan adalah mengurangi kemungkinan tubrukan antara kendaraan bermotor, pejalan kaki, sepeda dan fasilitas-fasilitas lain yang memberikan kemudahan, kenyamanan dan ketenangan terhadap pemakai jalan yang melalui persimpangan. Perencanaan harus mengikuti perlintasan aslinya dan karakteristik pemakai jalan.

2.5.1 Kontrol / Pengendalian Lalu Lintas pada Persimpangan

Untuk persimpangan satu bidang ada 4 jenis kontrol lalu lintas yang dapat digunakan, yaitu :

- Jenis tanpa pengaturan lalu lintas
- Jenis pengaturan dengan rambu peringatan (yield)
- Jenis pengaturan berhenti (stop)
- Jenis pengaturan dengan lampu lalu lintas (traffic light)

Pada umumnya simpang tak bersinyal dengan pengaturan hak jalan (prioritas dari sebelah kiri) digunakan di daerah permukiman perkotaan dan daerah pedalaman untuk persimpangan antara jalan lokal dengan arus lalu lintas rendah. Untuk persimpangan dengan kelas dan atau fungsi jalan yang berbeda, lalu lintas pada jalan minor harus diatur dengan tanda “yield” atau “stop”.

Simpang tak bersinyal paling efektif apabila ukurannya kecil dan daerah konflik lalu lintasnya ditentukan dengan baik. Karena itu simpang ini sangat sesuai untuk persimpangan antara jalan dua lajur tak-terbagi (2/2 UD). Untuk persimpangan antara jalan yang lebih besar, misalnya antara dua jalan empat lajur, penutupan daerah konflik dapat terjadi dengan mudah sehingga menyebabkan gerakan lalu lintas terganggu sementara. Bahkan jika perilaku lalu lintas simpang tak-bersinyal dalam tundaan rata-rata selama periode waktu yang lebih lama lebih rendah dari tipe simpang yang lain, simpang ini masih lebih disukai karena kapasitas tertentu dapat dipertahankan meskipun pada keadaan kapasitas puncak.

2.5.2 Alinyemen dan Konfigurasi

Persimpangan harus direncanakan dengan baik agar pertemuan jalan dari persimpangan mendekati sudut atau sama dengan 90^0 . Sudut pertemuan antara $60^0 - 90^0$ masih diijinkan.

Jalan yang menyebar pada suatu persimpangan merupakan bagian dari persimpangan disebut kaki persimpangan. Pada umumnya persimpangan dari dua jalan mempunyai 4 kaki. Pada prinsipnya, pada persimpangan sebidang, banyaknya kaki persimpangan jangan lebih dari 5.

Pada prinsipnya, pertemuan mendadak (stagger junction) atau pertemuan (break junction) harus dihindarkan. Dalam hal keadaan diatas tidak bisa dihindari, interval jarak kaki yang dibutuhkan harus lebih dari 40m. Untuk stagger junction, sudut pertemuan yang dibutuhkan kurang dari 30^0 .

Arus lalu lintas utama sedapat mungkin dilayani dengan jalur yang lurus atau hampir lurus.

2.6. Konstruksi Underpass

2.6.1 Aspek Tanah

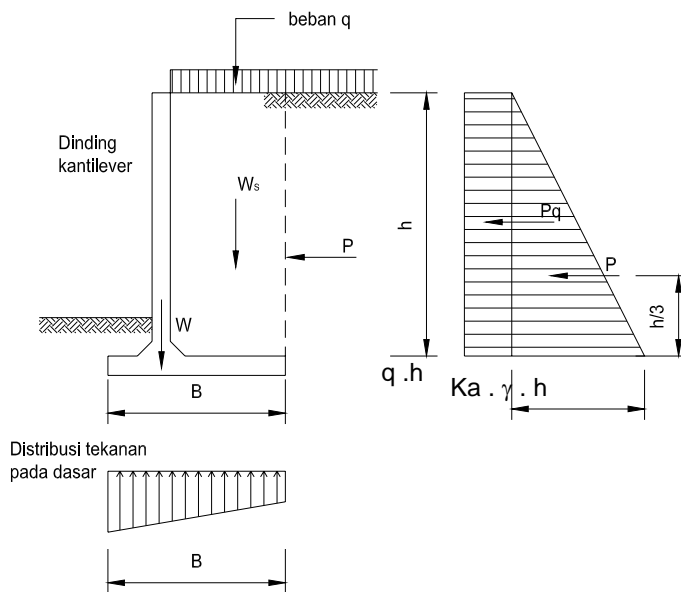
Tanah merupakan material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah lapuk disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut.

Dari penyelidikan tanah maka dapat diidentifikasi jenis dan sifat tanah pada lokasi proyek tersebut. Hal ini berguna dalam perencanaan dinding penahan tanah dan pondasi dari struktur *underpass*. Aspek tanah ini sangat berpengaruh dengan beban dari struktur *underpass*.

2.6.2 Aspek Tanah dengan Konstruksi *Underpass*

Pada prinsipnya kondisi tanah dalam kedudukannya ada tiga kemungkinan yaitu tanah dalam keadaan diam, tanah dalam keadaan aktif dengan adanya tekanan tanah aktif dan tanah dalam keadaan pasif dengan tekanan tanah pasif.

Perencanaan dinding penahan tanah dibutuhkan data-data tanah seperti sudut geser, kohesi dan berat jenis tanah yang digunakan untuk menghitung tekanan tanah horisontal. Kemudian dihitung besarnya tekanan tanah terhadap dinding penahan tanah sebagai berikut :



Gambar 2.2 Dinding Penahan Tanah

$$K_a = \tan^2 45^\circ - \frac{\Phi}{2} \dots\dots\dots(24)$$

$$K_p = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\Phi}{2} \right) \dots\dots\dots(25)$$

$$P = K_a \cdot \gamma \cdot h \cdot \frac{1}{2} \cdot h \dots\dots\dots(26)$$

Dimana :

K_a = koefesien tekanan tanah aktif

K_p = koefesien tekanan tanah pasif

P = tekanan tanah

Φ = sudut geser tanah

h = tinggi dinding penahan tanah

Dinding kantilever (*cantilever wall*) yang terbuat dari beton bertulang lebih ekonomis karena urugan (*backfill*) dimanfaatkan untuk menahan berat sendiri yang diperlukan. Dinding penahan tanah harus memenuhi kondisi dasar sebagai berikut :

- 1). Tekanan di dasar pada ujung kaki (*toe*) dinding tidak boleh lebih besar dari daya dukung yang diijinkan pada tanah.
- 2). Faktor keamanan terhadap gelinciran antara dasar dan lapisan tanah dibawahnya harus memadai, biasanya ditentukan sebesar 1,5.

Analisis dinding penahan tanah ini nantinya diperlukan dalam pendimensian dinding *underpass*. Dinding ini selain menahan beban tekanan tanah aktif juga sebagai struktur untuk menahan beban lalu lintas dan beban perkerasan jalan diatas *underpass*.

2.6.3 Tebal Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan untuk lalu lintas pada *underpass* adalah lapisan perkerasan lentur. Lapisan ini terdiri dari lapisan pondasi bawah, lapisan pondasi atas dan lapisan permukaan. Adapun perhitungan yang dilakukan sebagai berikut :

- Angka Ekuivalen Sumbu (E)

Yaitu angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu tunggal kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh satu lintasan beban standar sumbu tunggal seberat 8,16 ton.

$$E_{nunggal} = \left[\frac{beban}{8160} \right]^4 \text{ (kg)} \dots\dots\dots(27)$$

$$E_{ganda} = 0,086 * \left[\frac{beban}{8160} \right]^4 \text{ (kg)} \dots\dots\dots(28)$$

$$E_{tiga} = 0,053 * \left[\frac{beban}{8160} \right]^4 \text{ (kg)} \dots\dots\dots(29)$$

▪ Lintas Ekivalen Permulaan (LEP)

Yaitu jumlah lintas ekivalen harian rata – rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton pada jalur rencana yang diduga terjadi pada permulaan umur rencana.

$$LEP = \sum LHR_j.C_j.E_j \dots\dots\dots(30)$$

Dimana :

LHR_j = lalu lintas harian rata-rata

J = jenis kendaraan

C = koefisien distribusi berdasarkan jumlah jalur

▪ Lintas Ekivalen Akhir (LEA)

Yaitu jumlah lintas ekivalen harian rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton pada jalur rencana yang diduga terjadi pada akhir umur rencana.

$$LEA = \sum LHR_j.(1+i)^{UR}.C_j.E_j \dots\dots\dots(31)$$

Dimana:

UR = umur rencana

i = pertumbuhan

▪ Lintas Ekivalen Tengah (LET)

Yaitu jumlah lintas ekivalen harian rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton pada jalur rencana yang diduga terjadi pada tengah rencana.

$$LET = \frac{LEP + LEA}{2} \dots\dots\dots(32)$$

▪ Lintas Ekivalen Rencana (LER)

Yaitu suatu besaran yang digunakan dalam nomogram penetapan tebal perkerasan untuk menyatakan jumlah lintas ekivalen rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton pada jalur rencana.

$$LER = LET.FP \dots\dots\dots(33)$$

$$FP = UR/10 \dots\dots\dots(34)$$

▪ Daya dukung tanah (DDT)

Suatu skala yang dipakai dalam nomogram penetapan tebal perkerasan untuk menyatakan kekuatan tanah dasar. Nilai daya dukung tanah ditetapkan berdasarkan CBR.

- Faktor regional (FR)

Berdasarkan keadaan lapangan mencakup permeabilitas tanah, perlengkapan drainase, bentuk alinyemen, persentase kendaraan dengan berat ≥ 13 ton dan kendaraan yang berhenti, sedangkan keadaan iklim meliputi curah hujan rata-rata per tahun.

- Indeks Permukaan pada akhir Umur Rencana (I_p_0)

- Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

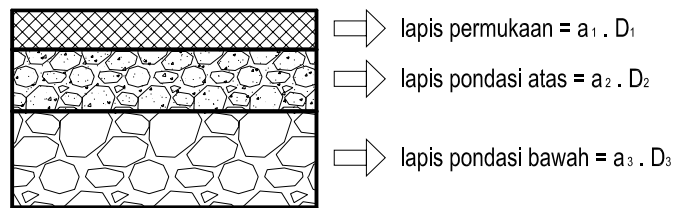
Yaitu angka yang berhubungan dengan penentuan tebal perkerasan.

$$ITP = a_1.D_1 + a_2.D_2 + a_3.D_3 \dots \dots \dots (35)$$

Keterangan :

a_1, a_2, a_3 = Koefesien kekuatan relatif bahan perkerasan

D_1, D_2, D_3 = Tebal masing-masing perkerasan



Gambar 2.3 Lapis Perkerasan Jalan

2.6.4 Aspek Tanah dengan Pondasi

Pemilihan bentuk dan tipe pondasi ditentukan oleh keadaan tanah dan pembebanan dimana bangunan tersebut akan didirikan. Tanah harus mampu menahan pondasi dan beban-beban yang dilimpahkan. Pondasi yang digunakan dalam suatu struktur biasanya dipilih dari tiga alternatif dibawah ini :

- a. Pondasi langsung
- b. Pondasi sumuran
- c. Pondasi tiang pancang

Pondasi langsung merupakan pondasi dangkal. Pondasi ini dipergunakan apabila letak tanah baik dengan kapasitas dukung ijin (Q_u) sebesar $> 2,0 \text{ kg/cm}^2$ terletak pada kedalaman 0,60 m – 2,00 m. Pondasi ini juga digunakan bila kedalaman alas pondasi terletak $> 3,00$ m dibawah dasar sungai / tanah setempat dan bebas dari bahaya penggerusan vertikal maupun horizontal.

Pondasi sumuran digunakan apabila beban yang bekerja pada struktur pondasi cukup berat dan letak tanah keras dengan $Q_u > 3,00 \text{ kg/cm}^2$ relatif dalam.

Pondasi tiang pancang digunakan apabila lapisan atas berupa tanah lunak dan terdapat lapisan tanah keras yang dalam.

2.6.5 Aspek Konstruksi

Ada beberapa macam konstruksi yang dipakai untuk perencanaan sebuah *underpass* yaitu :

- a. Konstruksi *Box Culvert*
- b. Konstruksi *Abutment dan Gelagar*

Keuntungan dan kerugian dari masing-masing konstruksi diatas bisa dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2.9 Pertimbangan Pemakaian Struktur *Underpass*

Jenis Konstruksi	Keuntungan	Kerugian
Box Culvert	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Mudah dalam hal pelaksanaan pekerjaan. ⇒ Bisa dibuat dengan cara konvensional maupun dengan pabrikasi. ⇒ Hasil akhir lebih rapi. 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Tidak kuat untuk pemakaian bentang besar. ⇒ Bila memesan di pabrik ukurannya harus sesuai ukuran pabrik. ⇒ Memerlukan lebih banyak pondasi dalam.
Abutment	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Bagus untuk pemakaian bentang besar. ⇒ Lebih kokoh dan stabil terhadap pembebanan yang ada. 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Lebih mahal. ⇒ Untuk bentang besar harus memakai gelagar prategang. ⇒ Waktu pelaksanaan lebih lama. ⇒ Membutuhkan lahan kerja (galian tanah) yang besar.

Konstruksi yang akan dipakai harus mempertimbangkan faktor lokasi bangunan, karena lokasi ini akan berpengaruh besar pada aspek kemudahan pelaksanaan dan pengeluaran / biaya pembangunannya. Jalan merupakan sarana penting dalam roda

perekonomian, maka diharapkan terganggunya arus lalu lintas dapat diminimaliskan sekecil mungkin.

2.6.6 Konstruksi Underpass

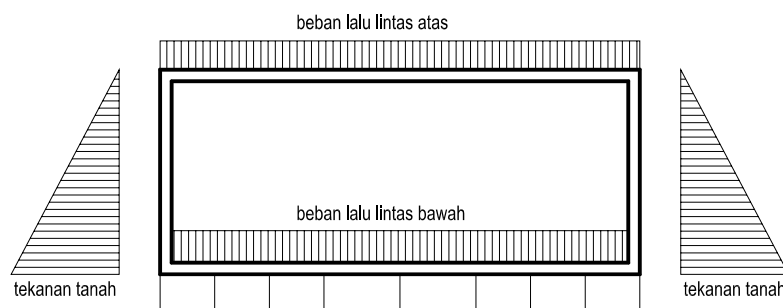
Dalam perencanaan banyak aspek yang harus dilihat dan dicermati sebagai dasar pemilihan suatu jenis struktur. Pada umumnya pedoman umum perencanaan bangunan atas, bangunan bawah, dan pondasi harus memenuhi kriteria sebagai berikut :

- a. Kekuatan unsur struktural dan stabilitas keseluruhan
- b. Kelayakan struktur
- c. Keawetan
- d. Kemudahan pelaksanaan konstruksi
- e. Ekonomis dan dapat diterima
- f. Bentuk estetika

Pedoman tersebut sangat penting untuk dipahami supaya tercipta suatu desain *underpass* yang tepat. Fungsi jalan, jenis tanah, dan kondisi topografi merupakan faktor terpenting dalam suatu desain konstruksi *underpass*. Oleh karena itu kelengkapan data yang ada merupakan suatu kebutuhan.

2.6.7 Permodelan Rekayasa Struktur

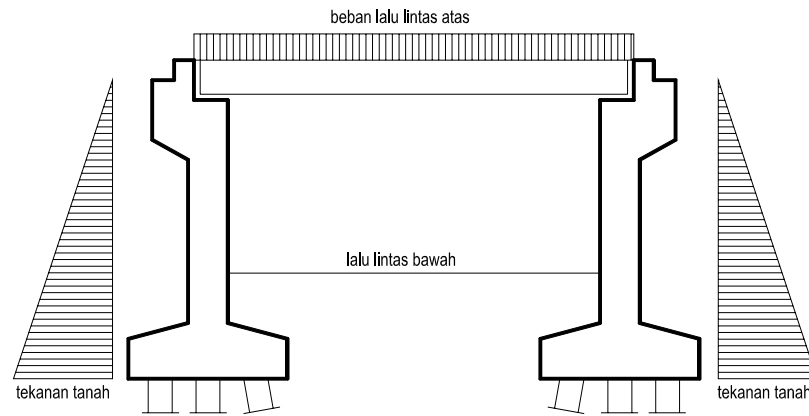
Apabila konstruksi underpass memakai suatu *Box Culvert*, maka *Box Culvert* dimodelkan sebagai struktur portal diatas tumpuan jepit. Portal ini merupakan jenis portal tak bergoyang karena akibat pembebanan terjadi perubahan panjang bentang.



Gambar 2.4 Permodelan Struktur *Box Culvert*

Apabila dipakai konstruksi abutment, maka permodelan strukturnya harus dihitung tiap elemen *underpass* mulai dari atas yaitu dimensi lapis perkerasan kaku

(*rigid pavement*), balok beton, konstruksi abutment, dan pondasi dalam bila diperlukan untuk desain.



Gambar 2.5 Permodelan Struktur Abutment

Perencanaan konstruksi meliputi pembebanan serta langkah-langkah perhitungannya. Pembebanan merupakan dasar dalam menentukan beban-beban dan gaya-gaya untuk perhitungan tegangan yang terjadi pada setiap bagian jalan.

2.6.8 Pembebanan pada Konstruksi

Pembebanan yang bekerja pada konstruksi *underpass* baik untuk konstruksi berbentuk gorong-gorong maupun untuk konstruksi berbentuk jembatan adalah sebagai berikut :

a. Beban Primer

Adalah beban yang utama dalam setiap perencanaan konstruksi *underpass*.

1. Beban Mati

Adalah semua beban yang berasal dari berat sendiri konstruksi atau bagian dari konstruksi yang ditinjau, termasuk segala unsur tambahan yang dianggap satu kesatuan tetap dengannya. Pada perencanaan *underpass* yang termasuk beban mati adalah :

- ✓ Beban sendiri plat lantai bawah dan atas
- ✓ Beban lapisan aspal lantai bawah dan atas
- ✓ Beban akibat tekanan tanah
- ✓ Beban angin

- ✓ Beban andas
- ✓ Beban lantai jembatan

Yang dimaksud dengan lantai jembatan adalah batang penyangga melintang dan memanjang, pertambahan memanjang, pertambahan rem, bantalan-bantalan, rel, alat penambat, dan lain-lain.

Dalam menentukan besar beban mati, digunakan berat jenis, dan berat satuan nilai yang tercantum dalam tabel berikut ini:

Tabel 2.10 Berat Jenis Bahan

Bahan	Berat Jenis
Baja	7,85
Seng	7,20
Beton bertulang	2,40
Beton tidak bertulang, beton siklop	2,20
Pasangan bata	1,70
Pasangan batu	2,20

Tabel 2.11 Berat Satuan Bahan

Bahan	Berat Satuan
Pasir, kerikil, tanah	2,0 – 2,10 (t/m ³)
Bahan perkerasan dengan aspal	2,0 – 2,50 (t/m ³)
Balas	1,7 – 1,80 (t/m ³)
Berat spur	450 (kg/m')

Pada umumnya beban mati ini dipandang sebagai beban terbagi rata. Karena dalam perancangan digunakan rumus pendekatan untuk menentukan besar beban mati ini, maka hasil hitungan harus diperiksa kembali dengan pengontrolan berdasarkan berat struktur yang sesungguhnya.

2. Beban Hidup

Adalah semua beban yang berjalan sepanjang jembatan rel, yaitu rangkaian kereta api dan orang-orang yang berjalan di atas jembatan.

Beban hidup yang harus ditinjau adalah :

- ✓ Beban rangkaian kereta api diperhitungkan sesuai dengan ketentuan skema beban gandar jembatan jalan rel Indonesia (SBG 1988). Pada bangunan atas jembatan kecepatan beban hidup rangkaian kereta api diperhitungkan sebesar 120 km/jam, 110 km/jam, 100 km/jam, 90 km/jam, dan 80 km/jam untuk jembatan yang berturut-turut berada di jalan rel kelas I, II, III, IV, dan V. Pada bangunan bawah jembatan tetap kecepatan beban hidup rangkaian kereta api diperhitungkan sebesar 120 km/jam untuk jembatan yang berada di semua kelas jalan rel. Sedang kecepatan untuk jembatan sementara disesuaikan dengan situasi dan kondisi setempat.
- ✓ Beban orang diperhitungkan sebesar 200 kg/m².

b. Beban Sekunder

1. Pengaruh kejut.

Pengaruh kejut besarnya dapat dihitung sebagai faktor kejut dikalikan beban rangkaian kereta api.

$$fk = 0,25 + \frac{538 * k * v}{(L + 6) * U * D} \dots\dots\dots (36)$$

Dimana :

- fk* = faktor kejut
- k* = koefisien yang dipengaruhi oleh macam dan konstruksi jembatan, dalam hal ini diambil 1,5
- v* = batas kecepatan maksimum kendaraan rel (km/jam)
- L* = bentang jembatan (meter)
- U* = beban terbagi rata ekuivalen akibat beban hidup yang menimbulkan momen maksimum (ton/meter)
- D* = diameter roda kendaraan rel, diambil 904 mm

2. Gaya tumbukan.

Gaya yang diakibatkan oleh lokomotif terhadap jembatan, yang pengaruhnya dapat disamakan dengan gaya horizontal Tu . Besar, arah, dan titik tangkap Tu ditetapkan dalam tabel berikut:

Tabel 2.12 Gaya Tumbukan

Kondisi Jalan Rel	Tu		
	Besar	Arah	Titik tangkap
Lurus	$Tu = \frac{P}{10}$	Tegak lurus pada sumbu memanjang jembatan, ditinjau dalam 2 arah.	Pada kepala rel, ditempat yang paling membahayakan untuk masing-masing batang
Lengkung $R > 900$	$Tu = \frac{P}{10}$	Sejajar dengan gaya menjauhi titik pusat, ditinjau dalam 2 arah.	
$150 < R < 900$	$Tu = \frac{P(R-150)}{7500}$		
$R < 150$	$Tu = 0$		

Keterangan :

P = beban 1 gandar lokomotif (ton)

R = jari-jari kelengkungan (meter)

3. Gaya Traksi.

Untuk perancangan atau analisis jembatan, harus diperhitungkan adanya gaya traksi, yang ditimbulkan oleh gandar penggerak lokomotif. Gaya traksi diperhitungkan sebesar 25 % dari beban gandar roda penggerak lokomotif tanpa pengaruh kejut yang bekerja pada permukaan kepala rel dan arahnya berlawanan dengan arah gerakan kendaraan rel.

4. Gaya Rem.

Untuk perancangan atau analisis jembatan diperhitungkan sebesar 1/6 berat lokomotif ditambah 1/10 berat gerbong, tanpa pengaruh kejut yang bekerja pada permukaan kepala rel searah gerakan kendaraan rel.

5. Gaya Angin.

Gaya angin pada jembatan dianggap sebagai baban terbagi rata pada bidang vertikal jembatan, bekerja dalam arah horizontal dan tegak lurus sumbu memanjang jembatan. Gaya angin terdiri atas tekanan dan hisapan, sebesar 100 kg/m² untuk tekanan dan 50 kg/m² untuk hisapan.

6. Gaya Gempa.

Dipakai untuk menghitung struktur bangunan bawah dan stabilitas struktur bangunan atas pada waktu terlanda gempa.

i. gaya gempa

$$G = Kg * M \dots\dots\dots (37)$$

Dimana :

G = gaya gempa (kg)

Kg = koefisien gempa

M = berat bagian struktur yang didukung oleh bagian struktur yang ditinjau

ii. koefisien gempa

$$Kg = Kr * ft \dots\dots\dots (38)$$

Dimana :

Kg = koefisien gempa

Kr = koefisien respon gabungan

Ft = faktor ketinggian pusat massa yang ditinjau

7. Gaya Tabrakan.

Gaya-gaya tabrakan dengan garis kerja 1,80 m di atas permukaan jalan raya hanya diperhitungkan dalam satu arah dan besarnya adalah :

- a. Searah jalan raya = 100 ton.
- b. Tegak lurus arah jalan raya = 50 ton.

8. Tekanan Tanah.

Bangunan jembatan yang menahan tanah harus dirancang dapat menahan tekanan tanah sesuai dengan rumus-rumus yang umum digunakan. Bila kereta api dapat mendekati ujung atas bangunan penahan tanah maka perlu dihitung pengaruhnya

terhadap bangunan penahan tanah. Besarnya beban rangkaian kereta api dapat dihitung berdasarkan kondisi yang mungkin terjadi dengan memperhatikan peraturan pembebanan yang berlaku di PT. Kereta Api Indonesia (Persero).

2.6.9 Perhitungan Beton Bertulang

Konstruksi *underpass* direncanakan menggunakan beton konvensional. *Underpass* ini berupa konstruksi abutment yang berarti bahwa struktur yang direncanakan nantinya berupa abutment dan dinding penahan tanah. Abutment selain berfungsi menahan beban lalu lintas di atasnya, tetapi juga sebagai dinding penahan tanah yang menahan beban tekanan tanah aktif. Ketinggian abutment terhadap muka jalan dibawah jembatan harus sesuai ketentuan kelas jalan untuk mendapatkan ruang bebas yang baik. Perencanaan struktur beton bertulang ini mengacu pada peraturan dalam SK SNI T-15-1991-03.

2.6.10 Pembebanan Pada Konstruksi

Beban yang bekerja pada struktur plat beton adalah sebagai berikut :

1. Beban kaki abutment / poer

Karena kaki abutment berfungsi sebagai *pilecap / poer* yang mengikat kepala tiang pancang / pondasi sumuran, maka beban yang bekerja adalah :

- Beban akibat tekanan tanah
- Beban sendiri abutment

2. Beban pada dinding / badan abutment

Plat pada dinding berfungsi sebagai tembok penahan tanah maka beban yang bekerja adalah tekanan tanah aktif.

3. Beban plat lantai jembatan

Plat lantai jembatan menahan beban-beban sebagai berikut :

- Beban lalu lintas atas
- Beban bahan-bahan struktur perkerasan jalan
- Beban timbunan tanah (bila ada)

$$h_{\min} = \frac{L_y \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + (9 \cdot \beta)} \dots\dots\dots(39)$$

$$h_{\max} = \frac{L_y \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36} \dots\dots\dots(40)$$

Dimana :

h_{\min} = tebal minimum plat (mm)

h_{\max} = tebal minimum plat (mm)

L_y = bentang panjang (mm)

L_x = bentang pendek (mm)

F_y = mutu beton (Mpa)

β = perbandingan bentang panjang dan pendek

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} \dots\dots\dots(41)$$

Selanjutnya mengenai tebal plat beton yang digunakan akan menggunakan SK SNI T-15-1991-03 sebagai acuan perencanaannya.

2.6.11 Desain Beton Bertulang

Perhitungan penulangan plat beton bertulang menggunakan metode Rangka Ekuivalen dan mengacu pada SK SNI T-15-1991-03 serta peraturan yang tercantum dalam tabel CUR IV.