

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tinjauan Umum

Perencanaan *fly over* ini direncanakan dengan bentang 450 meter yang dibagi jaraknya dengan 6 buah pier sejauh kurang lebih 50 meter. Perencanaan *fly over* ini menganalisa bentang dengan panjang 50.8 m (panjang bersih balok), yang diambil dari salah satu bentang yang ada antara satu pier dengan pier yang lainnya. Struktur yang dipakai pada perencanaan ini adalah beton prategang dengan menggunakan gelagar u atau *PCU girder*. Pemilihan struktur *PCU girder* dikarenakan struktur ini lebih ekonomis dengan bentang menerus dengan bentang panjang ± 300 ft (± 100 meter) selain itu tipe struktur ini mampu menahan beban torsi.

Perencanaan *fly over* ini mengacu dan berdasar pada peraturan yang telah di tetapkan sesuai standarisasi di Indonesia. Cara atau metode yang akan digunakan dalam perencanaan ini didasarkan pada cara Perencanaan Beban dan Kekuatan Terfaktor yang mengacu pada Standar Nasional Indonesia yang berlaku.

3.2 Pembebanan

Pembebanan merupakan unsur penting yang harus dihitung dalam perencanaan jembatan. Hitungan dari hasil pembebanan yang direncanakan akan berpengaruh kepada kekuatan yang harus dipikul oleh *fly over*. Sehingga penentuan kekuatan *fly over* berdasarkan pembebanan yang direncanakan untuk membebani struktur tersebut. Dalam hal ini, pembebanan mengacu kepada SNI 1725:2016

tentang Pembebanan untuk Jembatan dan Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya (1987). Pembebanan tersebut menurut SNI 1725:2016 adalah:

3.2.1 Beban permanen

Massa setiap bangunan harus dihitung berdasarkan dimensi yang tertera dalam gambar dan berat jenis bahan yang digunakan. Berat dari bagian-bagian bangunan tersebut adalah massa dikaludkan dengan percepatan gravitasi (g). Percepatan gravitasi yang digunakan dalam standar ini adalah $9,81 \text{ m/detik}^2$. Besarnya kerapatan massa dan berat isi untuk berbagai bahan diberikan dalam tabel berikut :

Tabel 3.1 Berat Isi untuk Beban Mati

No.	Bahan	Berat Isi (kN/m ³)	Kerapatan Massa (kg/m ³)
1.	Lapisan permukaan beraspal (<i>bituminous waring surface</i>)	22,0	2245
2.	Besi tuang (<i>cast iron</i>)	71,0	7240
3.	Timbunan tanah dipadatkan (<i>compacted sand, silt or clay</i>)	17,2	1755
4.	Kerikil dipadatkan (<i>rolled gravel, macadam or ballast</i>)	18,8 – 22,7	1920 - 2315
5.	Beton aspal (<i>asphalt concrete</i>)	22,0	2245
6.	Beton ringan (<i>low density</i>)	12,25-19,6	1250-2000
7.	Beton $f'c < 35 \text{ MPa}$	22,0 – 25,0	2320
	$35 < f'c < 105 \text{ MPa}$	$22 + 0,022 f'c$	$2240 + 2,29 f'c$
8.	Baja (<i>steel</i>)	78,5	7850
9.	Kayu (ringan)	7,8	800
10.	Kayu keras (<i>hard wood</i>)	11,0	1125

Sumber : SNI 1725:2016

Pengambilan kerapatan massa yang besar, aman untuk suatu keadaan batas akan tetapi tidak untuk keadaan lainnya. Untuk mengatasi hal ini, dapat digunakan faktor beban berkurang. Akan tetapi, apabila kerapatan massa diambil dari suatu jajaran nilai dan nilai tersebut tidak bisa ditentukan maka perencana harus memilih diantara nilai tersebut yang memberikan keadaan paling kritis.

Beban mati pada jembatan merupakan kumpulan berat komponen struktural maupun non struktural. Setiap komponen dianggap sebagai satu kesatuan aksi yang tak terpisahkan pada waktu menerapkan faktor beban normal dan faktor beban terkurangi.

Beban permanen ini terbagi menjadi beberapa beban, yaitu :

1. Berat sendiri (M_S)

Berat sendiri adalah berat bagian dan elemen-elemen struktur lain yang dipikul, termasuk dalam hal ini adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen structural, ditambah dengan elemen non struktural yang dianggap tetap.

Tabel 3.2 Faktor Beban untuk Berat Sendiri

Tipe Beban	Faktor Beban (γ_{MS})			
	Keadaan Batas Layan (γ_{MS}^S)		Keadaan Batas Ultimit (γ_{MS}^U)	
	Bahan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Baja	1,00	1,10	0,90
	Alumunium	1,00	1,10	0,90
	Beton Pracetak	1,00	1,20	0,85
	Beton di Cor di Tempat	1,00	1,30	0,75
	Kayu	1,00	1,40	0,70

Sumber : SNI 1725:2016

2. Beban mati tambahan/ utilitas (MA)

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen nonstruktural dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan.

Tabel 3.3 Faktor Beban untuk Beban Mati Tambahan

Tipe Beban	Faktor Beban (γ_{MA})			
	Keadaan Batas Layan (γ_{MS}^S)		Keadaan Batas Ultimit (γ_{MS}^U)	
	Keadaan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Umum	1,00 ⁽¹⁾	2,00	0,70
	Khusus (Terawasi)	1,00	1,40	0,80

Catatan ⁽¹⁾ : Faktor beban layan sebesar 1,3 digunakan untuk berat utilitas

Sumber : SNI 1725:2016

3.2.2 Beban lalu lintas

Beban lalu lintas untuk perencanaan terdiri atas beban lajur “D” dan beban truk “T”. Beban lajur “D” bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suatu iringan kendaraan yang sebenarnya. Sedangkan beban “T” adalah satu kendaraan berat dengan 3 gandar yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu lintas rencana. Tiap gandar terdiri atas dua bidang kontak pembebanan yang dimaksud sebagai simulasi pengaruh roda kendaraan berat. Hanya satu “T” diterapkan per lajur lalu lintas rencana.

Secara umum, beban “D” akan menjadi beban penentu dalam perhitungan jembatan yang mempunyai bentang sedang sampai panjang, sedangkan beban “T” digunakan untuk bentang pendek dan lantai kendaraan.

Beban tersebut dijelaskan sebagai berikut :

1. Beban lajur “D” (*TD*)

Beban lajur “D” terdiri dari beban terbagi rata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT).

Faktor beban yang digunakan untuk beban lajur “D” adalah sebagai berikut :

Tabel 3.4 Faktor Beban untuk Lajur “D”

Tipe Beban	Jembatan	Faktor Beban ($\gamma^{U_{TD}}$)	
		Keadaan Batas Layan ($\gamma^{S_{TD}}$)	Keadaan Batas Ultimit ($\gamma^{U_{TD}}$)
Transien	Beton	1,00	1,80
	Box Girder Baja	1,00	2,00

Sumber : SNI 1725:2016

a. Intensitas beban “D”

Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas q kPa dengan besaran q tergantung pada panjang total yang dibebani L yaitu seperti berikut:

Jika $L \leq 30$ m : $q = 9,0$ kPa (3-1)

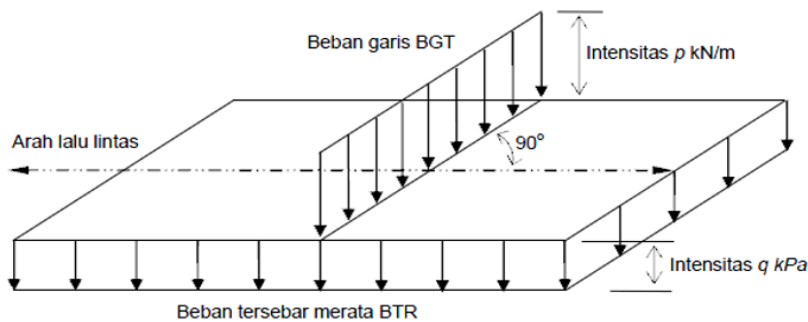
Jika $L > 30$ m : $q = 9,0 \left(0,5 + \frac{15}{L} \right)$ kPa..... (3-2)

Sumber : SNI 1725:2016

Keterangan:

q adalah intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan (kPa).

L adalah panjang total jembatan yang dibebani (meter).



Gambar 3.1 Beban Lajur “D”

Sumber : SNI 1725-2016

$1 \text{ kPa} = 0,001 \text{ MPa} = 0,01 \text{ kg/cm}^2$

Beban garis terpusat (BGT) dengan intensitas p kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas p adalah 49,0 kN/m. Untuk mendapatkan momen lentur negatif maksimum pada jembatan menerus, BGT kedua yang indentik harus ditempatkan pada posisi dalam arah melintang jembatan pada bentang yang lainnya.

b. Distribusi beban “D”

Beban “D” harus disusun sedemikian rupa sehingga menimbulkan momen maksimum. Penyusunan komponen-komponen BTR dan BGT dari beban “D” secara umum dapat dilihat pada Gambar 3.1.

c. Respon terhadap beban lajur “D”

Distribusi beban hidup dalam arah melintang digunakan untuk memperoleh momen dan geser dalam arah longitudinal pada gelagar jembatan. Hal itu dilakukan dengan mempertimbangkan beban lajur “D” tersebar pada seluruh lebar balok (tidak termasuk parapet, kerb, dan trotoar) dengan intensitas 100% untuk panjang terbebani yang sesuai.

2. Beban truk “T” (TT)

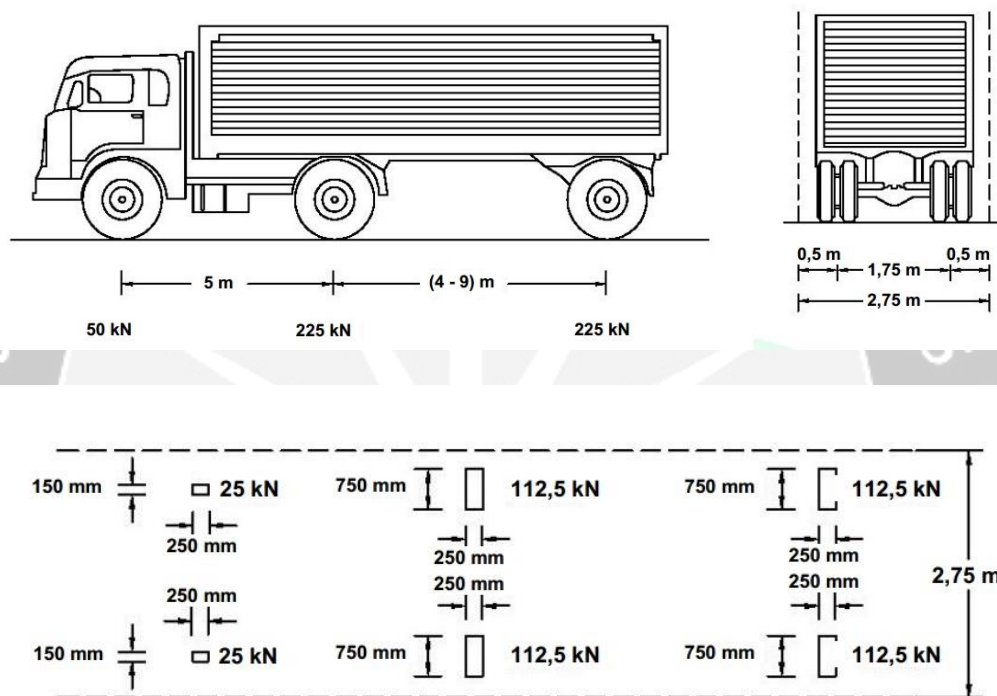
Beban truk tidak dapat digunakan bersamaan dengan beban “D”. Beban truk ini dapat digunakan untuk perhitungan struktur lantai. Adapun faktor beban untuk beban “T” seperti pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Faktor Beban Untuk Beban “T”

Tipe Bahan	Jembatan	Faktor Beban	
		Keadaan Batas Layan (γ^s_π)	Keadaan Batas Ultimit (γ^U_π)
Transien	Beton	1,00	1,80
	Box Girder Baja	1,00	2,00

Sumber : SNI 1725-2016

a. Besarnya pembebanan truk “T”



Gambar 3.2 Pembebanan Truk “T” (500 kN)

Sumber : SNI 1725-2016

Pembebanan truk “T” terdiri atas kendaraan truk *semi-trailer* yang mempunyai susunan dan berat gandar seperti yang ada pada Gambar 3.2. Berat dari tiap-tiap gandar disebarkan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 gandar tersebut bisa diubah-ubah dari 4,0 meter sampai dengan 9,0 meter untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan.

b. Posisi dan penyebaran pembebanan truk “T” dalam arah melintang

Terlepas dari panjang jembatan, umumnya hanya ada satu kendaraan truk “T” yang bisa di tempatkan pada satu lajur lalu lintas rencana. Untuk jembatan sangat panjang dapat ditempatkan lebih dari satu truk pada satu lajur lalu lintas rencana. Kendaraan truk “T” ini harus ditempatkan di tengah-tengah lajur lalu lintas rencana seperti terlihat pada Gambar 3.2 Jumlah maksimum lajur lalu lintas rencana dapat dilihat dalam Tabel 3.6, tetapi jumlah lebih kecil digunakan dalam perencanaan apabila menghasilkan pengaruh yang lebih besar. Hanya jumlah lajur lalu lintas rencana dalam nilai bulat harus digunakan. Lajur lalu lintas rencana bisa ditempatkan di mana saja pada lajur jembatan.

Tabel 3.6 Jumlah Lalu Lintas Rencana

Tipe Jembatan (1)	Lebar Bersih Jembatan (2) (mm)	Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana (N)
Satu Lajur	$3000 \leq W \leq 5250$	1
Dua Arah, Tanpa Median	$5250 \leq W \leq 7500$	2
	$7500 \leq W \leq 10.000$	3
	$10.000 \leq W \leq 12.500$	4
	$12.500 \leq W \leq 15.250$	5
	$W \geq 15.250$	6
Dua Arah, dengan Median	$5500 \leq W \leq 8000$	2
	$8200 \leq W \leq 10.750$	3
	$11.000 \leq W \leq 13.500$	4
	$13.750 \leq W \leq 16.250$	5
	$W \geq 16.500$	6
Catatan (1) : Untuk jembatan tipe lain, jumlah lajur lalu lintas rencana harus ditentukan oleh instansi yang berwenang.		
Catatan (2) : Lebar lajur kendaraan adalah jarak minimum antara kerb atau rintangan untuk satu arah atau jarak antara kerb/rintangan/median dan median untuk banyak arah.		

Sumber : SNI 1725:2016

c. Kondisi faktor kepadatan lajur

Ketentuan ini tidak boleh digunakan untuk perencanaan keadaan batas fasik dan fraktur, dimana hanya satu jalur rencana yang diperhitungkan dan tidak tergantung dari jumlah total jalur rencana. Jika perencana menggunakan faktor distribusi beban kendaraan untuk satu lajur, maka pengaruh beban truk harus direduksi dengan faktor 1,20.

Tabel 3.7 Faktor Kepadatan Lajur (m)

Jumlah Lajur yang Dibebani	Faktor Kepadatan Lajur
1	1,2
≥ 2	1

Sumber : SNI 1725:2016

d. Bidang kontak roda kendaraan

Bidang kontak roda kendaraan yang terdiri atas satu atau dua roda diasumsikan mempunyai bentuk persegi panjang dengan panjang 750 mm dan lebar 250 mm. Tekanan ban harus diasumsikan terdistribusi secara merata pada permukaan kontak.

e. Distribusi beban roda pada timbunan

Beban roda harus didistribusikan pada pelat atap gorong-gorong jika tebal timbunan kurang dari 600 mm. Jika tebal timbunan lebih dari 600 mm atau perencanaan menggunakan cara perhitungan pendekatan yang diizinkan, atau melakukan analisis yang lebih rinci, maka beban roda diasumsikan terbagi rata seluas bidang kontak, yang bertambah besar sesuai kedalaman dengan kemiringan sebesar 1,15 kali kedalaman timbunan, dengan memperhatikan kondisi kepadatan lajur.

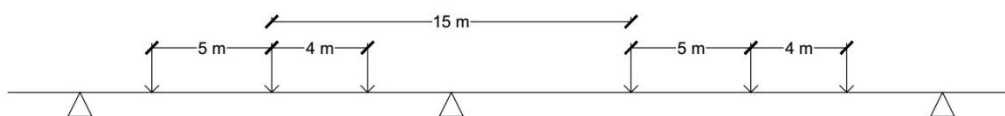
Jika momen akibat beban hidup beserta dampak pada pelat beton berdasarkan distribusi beban roda melalui timbunan lebih besar dibandingkan dengan akibat beban hidup dan dampak jika dihitung berdasarkan lebar strip ekuivalen gorong-gorong, maka harus digunakan momen yang terbesar.

f. Penerapan beban hidup kendaraan

Pengaruh beban hidup pada waktu menentukan momen positif harus diambil nilai yang terbesar dari :

- 1) Pengaruh beban truk dikalikan dengan factor beban dinamis (FBD).
- 2) Pengaruh beban terdistribusi "D" dan beban garis KEL dikalikan FBD.

Untuk momen negatif, beban truk dikerjakan pada dua bentang yang berdampingan dengan jarak gandar tengah truk terhadap gandar depan truk dibelakangnya adalah 15 m (Gambar 3.2), dengan jarak antara gandar tengah dan gandar belakang 4 m.



Gambar 3.3 Penempatan Beban Truk untuk Kondisi Momen Negatif Maksimum

Sumber : SNI 1725:2016

Gandar yang tidak memberikan kontribusi pada gaya total harus diabaikan dalam perencanaan. Beban kendaraan dimuat pada masing-masing jalur masing-masing dan harus diposisikan untuk mendapatkan pengaruh yang terbesar dalam perencanaan.

Beban truk harus diposisikan pada lebar jembatan sehingga sumbu roda mempunyai jarak sebagai berikut :

- 1) Untuk perencanaan pelat kantilever: 250 mm dari tepu parapet atau *railing*.
- 2) Untuk perencanaan komponen lainnya: 1000 mm dari masing-masing sumbu terluar roda truk. Kecuali ditentukan lain, panjang lajur rencana, atau sebagian dari panjang lajur rencana harus dibebani dengan beban terdistribusi “D”.

g. Beban hidup untuk evaluasi lendutan

Jika pemilik pekerjaan menginginkan agar jembatan yang memenuhi kriteria lendutan akibat beban hidup, maka lendutan harus diambil sebagai nilai yang terbesar dari :

- 1) Lendutan akibat beban satu truk.
- 2) Lendutan akibat BTR.

3. Faktor beban dinamis

Faktor beban dinamis (FBD) merupakan hasil interaksi antara kendaraan yang bergerak dan jembatan. Besarnya FBD tergantung pada frekuensi dasar dari suspensi kendaraan. Faktor beban dinamis tidak perlu diterapkan untuk dinding penahan yang tidak memikul reaksi vertikal dari struktur atas jembatan dan komponen pondasi yang seluruhnya berada dibawah permukaan tanah.

Untuk bentang menerus panjang bentang ekuivalen L_E diberikan dengan rumus:

$$L_E = \sqrt{(L_{av} \times L_{max})} \dots\dots\dots (3-3)$$

Sumber : SNI 1725:2016

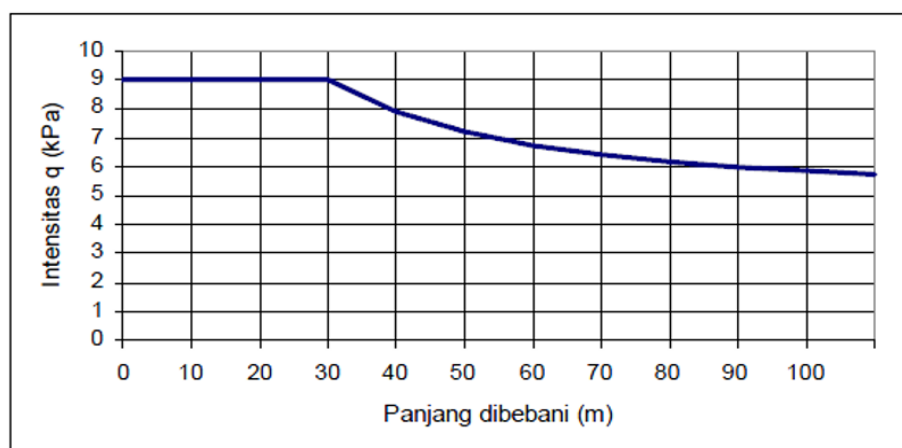
Keterangan:

L_{av} adalah panjang bentang rata-rata dari kelompok bentang yang disambungkan secara menerus.

L_{max} adalah panjang bentang maksimum dalam kelompok bentang yang disambungkan secara menerus.

Untuk pembebanan truk "T", FBD diambil 30%. Nilai FBD yang dihitung digunakan pada seluruh bagian bangunan yang berada di atas permukaan tanah.

Untuk bagian bangunan bawah dan pondasi yang berada di bawah garis permukaan, nilai FBD harus diambil sebagai peralihan linier dari nilai pada garis permukaan tanah sampai nol pada kedalaman 2 m. Untuk bangunan yang terkubur, seperti halnya gorong-gorong dan struktur baja tanah, nilai FBD jangan diambil kurang dari 40 % untuk kedalaman nol dan jangan kurang dari 10 % untuk kedalaman 2 m. Untuk kedalaman antara bisa diinterpolasi linier. Nilai FBD yang digunakan untuk kedalaman yang dipilih harus diterapkan untuk bangunan seutuhnya.



Gambar 3.4 Faktor Beban Dinamis untuk Beban T untuk Pembebanan Lajur "D"

Sumber : SNI 1725:2016

4. Gaya rem (*T_B*)

Gaya rem harus diambil yang terbesar dari :

- 25% dari berat gandar truk desain.
- 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata BTR.

Gaya rem harus ditempatkan di semua lajur rencana yang berisi lalu lintas dengan arah yang sama. Gaya ini harus diasumsikan untuk bekerja secara horizontal pada jarak 1800 mm diatas permukaan jalan masing-masing arah longitudinal dan dipilih yang paling menentukan, Pengaruh pengereman dari lalu lintas diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang dan dianggap bekerja pada permukaan lantai jembatan. Besarnya gaya rem arah memanjang jembatan tergantung panjang total jembatan (L_t) sebagai berikut :

Tabel 3.8 Besar Gaya Rem Arah Memanjang pada Jembatan

Gaya Rem	$T_{TB} = 250 \text{ kN}$	Untuk $L_t \leq 80 \text{ m}$
	$T_{TB} = 250 \text{ kN} + 2,5 * (L_t - 80) \text{ kN}$	Untuk $80 \text{ m} \leq L_t \leq 180 \text{ m}$
	$T_{TB} = 500 \text{ kN}$	Untuk $L_t \geq 180 \text{ m}$

Sumber : SNI 1725:2016

5. Gaya sentrifugal (*T_R*)

Untuk tujuan menghitung gaya radial atau efek guling dari beban roda, pengaruh gaya sentrifugal pada beban hidup harus diambil sebagai hasil kali dari berat gandar tryk rencana dengan faktor C sebagai berikut :

$$C = f \frac{v^2}{gR_l} \dots\dots\dots (3-4)$$

Sumber: SNI 1725:2016

Keterangan :

v adalah kecepatan rencana jalan raya (m/detik).

f adalah faktor dengan nilai $4/3$ untuk kombinasi beban selain keadaan batas fatik dan $1,0$ untuk keadaan batas fatik.

g adalah percepatan gravitasi: $9,8$ (m/detik²).

R_l adalah jari-jari lengkung lajur lalu lintas (m).

6. Pembebanan untuk pejalan kaki (TP)

Semua komponen trotoar yang lebih dari 600 mm harus direncanakan untuk memikul beban pejalan kaki dengan intensitas 5 kPa dan dianggap bekerja secara bersamaan dengan beban kendaraan pada masing – masing lajur kendaraan. Jika trotoar dapat dinaiki maka beban pejalan kaki tidak perlu dianggap bekerja secara bersamaan dengan beban kendaraan. Jika ada kemungkinan trotoar berubah fungsi di masa depan menjadi lajur kendaraan maka beban hidup kendaraan harus diterapkan pada jarak 250 mm dari tepi dalam parapet untuk perencanaan komponen jembatan lainnya. Dalam hal ini, faktor beban dinamis tidak perlu dipertimbangkan.

Tabel 3.9 Beban Hidup Merata Berdasarkan Luasan Trotoar

Untuk Luas Trotoar	$A \leq m^2$	$q = 5$ kPa
	$10 m^2 < A \leq 100 m^2$	$q = 5 - 0,33 \cdot (A - 10)$ kPa
	$A \leq 100 m^2$	$q = 2$ kPa

Sumber : SNI 1725:2016

A = luas bidang trotoar yang dibebani pejalan kaki (m^2).

q = beban hidup merata.

7. Beban angin (EW)

a. Tekanan angin horizontal

Tekanan angin yang ditentukan kali ini diasumsikan disebabkan oleh angin rencana dengan kecepatan dasar (VE) sebesar 90 hingga 126 km/jam. Beban

angin diasumsikan terdistribusi secara merata pada permukaan yang terekspos oleh angin. Luas are yang diperhitungkan adalah luas area dari semua komponen, termasuk sistem lantai dan railing yang diambil tegak lurus terhadap arah angin. Arah ini harus divariasikan untuk mendapatkan pengaruh yang paling berbahaya terhadap struktur jembatan atau komponen-komponennya. Luasan yang tidak memberikan kontribusi dapat diabaikan dalam perencanaan.

Untuk jembatan atau bagian jembatan dengan elevasi lebih tinggi dari 10000 mm di atas permukaan tanah atau permukaan air, kecepatan angin rencana, V_{DZ} , harus dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$V_{DZ} = 2,5V_0 \left(\frac{V_{10}}{V_B} \right) \ln \left(\frac{Z}{Z_0} \right) \dots \dots \dots (3-5)$$

Sumber : SNI 1725:2016

Keterangan:

V_{DZ} adalah kecepatan angin rencana pada elevasi rencana, Z (km/jam).

V_{10} adalah kecepatan angin pada elevasi 10000 mm di atas permukaan tanah atau di atas permukaan air rencana (km/jam).

V_B adalah kecepatan angin rencana yaitu 90 hingga 126 km/jam pada elevasi 1000 mm, yang akan menghasilkan tekanan.

Z adalah elevasi struktur dari permukaan tanah atau dari permukaan air dimana beban angin dihitung ($Z > 1000$ mm).

V_0 adalah kecepatan gesekan angin, yang merupakan karakteristik meteorologi, seperti pada Tabel 3.9., untuk berbagai macam tipe permukaan di hulu jembatan (km/jam).

Z_0 adalah panjang gesekan di hulu jembatan (mm), yang merupakan karakteristik meteorologi, ditentukan pada tabel 3.9.

V_{10} dapat diperoleh dari:

- 1) Grafik kecepatan angin dasar untuk berbagai periode ulang,
- 2) Survei angin pada lokasi jembatan, dan
- 3) Jika tidak ada data yang lebih baik, perencana dapat mengasumsikan bahwa $V_{10} = V_B = 90$ hingga 126 km/jam.

Tabel 3.10 Nilai V_0 dan Z_0 untuk Berbagai Variasi Kondisi Permukaan Hulu

Kondisi	Lahan Terbuka	Sub Urban	Kota
V_0	13,2	17,6	19,3
Z_0	70	1000	2500

Sumber : SNI 1725:2016

b. Beban angin pada struktur (EW_s)

Untuk perencanaan dapat menggunakan kecepatan angin rencana dasar yang berbeda untuk kombinasi pembebanan yang tidak melibatkan kondisi beban angin yang bekerja pada kendaraan. Arah angin rencana harus diasumsikan horizontal. Jika tidak adanya data yang lebih tepat, tekanan angin rencana dalam MPa dapat ditetapkan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$P_D = P_B \left(\frac{v_{Dz}}{v_B} \right)^2 \dots\dots\dots (3-6)$$

Sumber : SNI 1725:2016

Keterangan :

P_B adalah tekanan angin dasar seperti yang ditentukan dalam tabel tekanan angin dasar.

Tabel 3.11 Tekanan Angin Dasar

Komponen Bangunan Atas	Angin Tekan (Mpa)	Angin Hisap (Mpa)
Rangka, Kolom dan Pelengkung	0,0024	0,0012
Balok	0,0024	N/A
Permukaan Datar	0,0019	N/A

Sumber : SNI 1725:2016

Gaya total beban tidak boleh diambil kurang dari 4,4kN/mm pada bidang tekan dan 2,2 kN/mm pada bidang hisap pada struktur rangka dan pelengkung, serta tidak kurang dari 4,4 kN/mm pada balok atau gelagar.

1) Beban dari struktur atas

Kecuali jika angin yang bekerja tidak tegak lurus struktur, maka tekanan angin dasar PE untuk berbagai sudut serang dapat diambil seperti yang ditentukan dalam tabel 3.11. dan harus dikerjakan pada titik berat dari area yang terkena beban angin. Arah sudut serang ditentukan tegak lurus terhadap arah longitudinal. Arah angin. Untuk perencanaan harus yang menghasilkan pengaruh yang terburuk pada komponen jembatan yang ditinjau. Tekanan angin melintang dan memanjang harus diterapkan secara bersamaan dalam perencanaan.

Tabel 3.12 Tekanan Angin Dasar (P_B) Untuk Berbagai Sudut Serang

Sudut Serang (Derajat)	Rangka, Kolom, Dan Pelengkung		Gelagar	
	Beban Lateral (Mpa)	Beban Longitudinal (Mpa)	Beban Lateral (Mpa)	Beban Longitudinal (Mpa)
0	0,0036	0,0000	0,0024	0,0000
15	0,0034	0,0006	0,0021	0,0003
30	0,0031	0,0013	0,0020	0,0006
45	0,0023	0,0020	0,0016	0,0008
60	0,0011	0,0024	0,0008	0,0009

Sumber : SNI 1725:2016

c. Gaya angin pada kendaraan (EWI)

Tekanan angin rencana harus dikerjakan baik pada stuktur jembatan maupun pada kendaraan yang melintasi jembatan. Jembatan harus direncanakan memikul gaya akibat tekanan angin pada kendaraan, dimana tekanan diasumsikan sebagai tekanan menerus sebesar 1,46 N/mm, tegak lurus dan bekerja 1800 mm di atas permukaan jalan, kecuali jika angin yang bekerja tidak tegak lurus struktur, maka komponen yang bekerja tegak lurus maupun paralel terhadap kendaraan untuk berbagai sudut serang dapat diambil seperti berikut:

Tabel 3.13 Komponen Beban Angin yang Bekerja Pada Kendaraan

Sudut (Derajat)	Komponen Tegak Lurus (N/mm)	Komponen Sejajar (N/mm)
0	1,46	0,00
15	1,28	0,18
30	1,20	0,35
45	0,96	0,47
60	0,50	0,55

Sumber: SNI 1725:2016

8. Pengaruh temperatur (*ET*)

Pengaruh yang didapatkan dari lingkungan salah satunya adalah pengaruh temperatur. Untuk memperhitungkan tegangan maupun deformasi akibat perubahan temperatur yang merata dapat dihitung dengan menggunakan prosedur temperatur jembatan rata-rata nominal. Perbedaan temperatur minimum atau maksimum dengan temperature nominal yang diasumsikan dalam perencanaan harus digunakan untuk menghitung pengaruh akibat deformasi yang terjadi akibat perbedaan suhu tersebut. Temperatur minimum dan

maksimum yang ditentukan pada Tabel 3.13. harus digunakan sebagai $T_{mindesain}$ dan $T_{maksdesain}$.

a. Simpangan akibat beban temperatur

Besaran rentang simpang akibat beban temperatur (ΔT) harus berdasarkan temperatur maksimum dan minimum yang didefinisikan dalam desain sebagai berikut:

$$\Delta_T = \alpha L (T_{maksdesain} - T_{mindesain}) \dots\dots\dots (3-7)$$

Sumber: SNI 1725:2016

Keterangan:

L adalah panjang komponen jembatan (mm).

α adalah koefisien muai temperatur (mm/mm/ °C).

Tabel 3.14 Temperatur Jembatan Rata – Rata Nominal

Tipe Bangunan Atas	Temperatur Jembatan Rata – Rata Minimum (1)	Temperatur Jembatan Rata – Rata Maksimum (2)
Lantai Beton di Atas Gelagar atau Boks Beton	15°C	40°C
Lantai Beton di Atas Gelagar, Boks atau Rangka Baja	15°C	40°C
Lantai Pelat Baja di Atas Gelagar, Boks atau Rangka Baja	15°C	40°C

Catatan (1) Temperatur jembatan rata-rata minimum bisa dikurangi 5°C untuk lokasi yang terletak pada ketinggian lebih besar dari 500 m di atas permukaan laut.

Sumber : SNI 1725:2016

Tabel 3.15 Sifat Bahan Rata – Rata Akibat Pengaruh Temperatur

Bahan	Koefisien Perpanjangan Akibat Suhu (α)	Modulus Elastisitas (Mpa)
Baja	12×10^{-6} per $^{\circ}\text{C}$	200.000
Beton:		
Kuat Tekan <30 Mpa	10×10^{-6} per $^{\circ}\text{C}$	$4700\sqrt{f'c}$
Kuat Tekan >30 Mpa	11×10^{-6} per $^{\circ}\text{C}$	$4700\sqrt{f'c}$

Sumber: SNI 1725:2016

9. Pengaruh prategang (PR)

Prategang akan menyebabkan pengaruh sekunder pada komponen-komponen yang terkekang pada bangunan statis tidak tentu. Pengaruh sekunder tersebut harus diperhitungkan baik pada batas daya layan ataupun batas ultimit.

Prategang harus diperhitungkan sebelum (selama pelaksanaan) dan sesudah kehilangan tegangan dalam kombinasinya dengan beban-beban lainnya.

Tabel 3.16 Faktor Beban Akibat Pengaruh Prategang

Tipe Beban	Faktor Beban (γ_{PR})	
	Keadaan Batas Layan (γ_{PR}^S)	Keadaan Batas Ultimit (γ_{PR}^U)
Tetap	1,00	1,00

Sumber : SNI 1725:2016

Pengaruh utama prategang adalah sebagai berikut:

- a. Pada keadaan batas daya layan, gaya prategang dapat dianggap bekerja sebagai suatu sistem beban pada unsur. Nilai rencana dari beban prategang tersebut harus dihitung menggunakan faktor beban daya layan sebesar 1,0.
- b. Pada keadaan batas ultimit, pengaruh sekunder akibat gaya prategang harus dianggap sebagai beban yang bekerja.

10. Beban gempa (E_Q)

Jembatan harus direncanakan agar memiliki kemungkinan kecil untuk runtuh namun dapat mengalami kerusakan yang signifikan dan gangguan terhadap pelayanan akibat gempa. Penggantian secara parsial atau lengkap pada struktur diperlukan untuk beberapa kasus. Kinerja yang lebih tinggi seperti kinerja operasional dapat ditetapkan oleh pihak yang berwenang.

Beban gempa diambil sebagai gaya horizontal yang ditentukan berdasarkan perkalian antara koefisien respons elastic (C_{sm}) dengan berat struktur ekuivalen yang kemudian dimodifikasi dengan faktor modifikasi respons (R_d). Hal tersebut dapat dibuat dengan perumusan sebagai berikut:

$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R_d} \times W_t \dots\dots\dots (3-8)$$

Sumber : SNI 1725:2016

Keterangan:

E_Q adalah gaya gempa horizontal statis (kN).

C_{sm} adalah koefisien respons gempa elastis.

R_d adalah faktor modifikasi respons.

W_t adalah berat total struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup sesuai (kN).