

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Umum

3.1.1. Beban permanen

Secara umum pembebanan pada jembatan yang dihitung dibagi menjadi dua yaitu beban primer dan beban sekunder, pembebanan yang bekerja pada struktur jembatan merupakan suatu unsur penting yang meliputi jalan raya, jalan rel, dan berbagai jembatan yang lain. Tabel untuk berat isi pada beban mati sebagai berikut.

Tabel 3.1 Berat Isi Untuk Beban mati (kN/m³)

No	Bahan	Berat/Satuan Isi (kN/m ³)	Kerapatan Massa (kg/m ³)
1	Lapisan permukaan beraspal (bituminous wearing surfaces)	22,0	2245
2	Besi tuang (cast iron)	71,00	7240
3	Timbunan tanah dapat dipadatkan (compacted sand, silt or clay)	17,2	1722
4	Kerikil dipadatkan (rolled gravel, macadam or ballast)	18,8 – 22,7	1920 – 2315
5	Beton aspal (asphalt concrete)	22,0	2245
6	Beton ringan (low density)	12,25 – 19,6	1250 – 2000
7	Beton $f'_c < 35$ MPa	22,0 – 25,0	2320
	$35 < f'_c < 105$ MPa	$22,0 + 0,022 f'_c$	$2240 + 2,29 f'_c$

Lanjutan tabel 3.1 Berat isi untuk beban mati (kN/m^3)

No	Bahan	Berat/Satuan Isi (kN/m^3)	Kerapatan Massa (kg/m^3)
8	Baja (steel)	78,75	7850
9	Kayu (ringan)	7,8	800
10	Kayu keras (hard wood)	11,0	1125

Sumber : SNI 1725;2016

3.1.2. Berat sendiri

Faktor beban sendiri yaitu merupakan beban berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan struktur bagian bangunan tetap stabil dalam mendukung beban, dan juga bagian bangunan dengan kekuatan struktur bangunan yang akan menjadi beban, pada kestabilan dalam mendukung beban tersebut. berikut merupakan faktor beban yang digunakan untuk berat sendiri dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 3.2 Faktor beban untuk berat sendiri

TIPE BEBAN	Faktor Beban (γ_{MS})			
	Keadaan Batas Layan (γ_{MS}^S)		Keadaan Batas Layan (γ_{MS}^U)	
	Keadaan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Baja	1,0	1,1	0,9
	Alumunium	1,0	1,1	0,9
	Beton pracetak	1,0	1,2	0,85
	Beton cor ditempat	1,0	1,3	0,75
	Kayu	1,0	1,4	0,7

Sumber : SNI 1725;2016

3.1.3. Beban mati tambahan / utilitas (MA)

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang kemudian membentuk suatu beban pada struktur jembatan yang merupakan elemen non-struktural dan besarnya beban tersebut dapat berubah sesuai dengan umur jembatan.

Tabel 3.3 Faktor beban untuk beban mati tambahan

Tipe Beban	Faktor Beban (γ_{MA})			
	Keadaan batas layan (γ_{MA}^S)		Keadaan batas ultimit (γ_{MA}^U)	
	Keadaan		Biasa	TeSrurangi
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. Beban lalu lintas

Beban lalu lintas untuk perencanaan jembatan 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 iring-iringan kendaraan yang sebenarnya. Jumlah total beban lajur “D” yang bekerja tergantung pada lebar lajur kendaraan itu sendiri.

Beban truk “T” adalah suatu kendaraan berat dengan 3 gandar yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam jalur lalu lintas rencana. Tiap gandar terdiri atas dua bidang kontak pemebanan yang dimaksud sebagai simulasi pengaruh roda kendaraan berat. Hanya satu truk “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.

1. Lajur lalu lintas rencana

secara umum, jumlah lajur lalu lintas rencana ditentukan dengan mengambil bagian integer dari hasil pembagian lebar bersih jembatan (w) dalam mm dengan lebar lajur rencana sebesar 2750 mm. Perencana harus memperhitungkan kemungkinan berubahnya lebar bersih jembatan dimasa depan sehubungan dengan perubahan fungsi dari bagian jembatan.

Tabel 3.4 Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana

Tipe Jembatan (1)	Lebar Bersih Jembatan (2) (mm)	Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana (n)
Satu Lajur	$3000 \leq w < 5250$	1
	$5250 \leq w < 7500$	2
Dua Arah , tanpa median	$7500 \leq w < 10000$	3
	$10000 \leq w < 12500$	4
	$12500 \leq w < 15250$	5
	$w \geq 15250$	6
Dua Arah , dengan median	$5500 \leq w \leq 8000$	2
	$8250 \leq w \leq 10750$	3
	$11000 \leq w \leq 13500$	4
	$13750 \leq w \leq 16250$	5
	$w \geq 16500$	6

Sumber : SNI 1725;2016

Lanjutan Tabel 3.4 Jumlah lajur lalu lintas rencana.

Catatan (2) : lebar jalur kendaraan adalah jarak minimum antara kerb atau rintangan untuk satu arah atau jarak antara kerb/rintangan/median dan median untuk banyak arah.

2. Beban lajur “D” (TD)

beban lajur “D” terdiri atas beban terbagi rata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT). Adapun faktor beban yang digunakan untuk beban lajur “D”

Tabel 3.5 Faktor Beban Untuk Beban Lajur “D”

Tipe Beban	Jembatan	Faktor Beban	
		Keadaan Batas Layan	Keadaan Batas Ultimit
Transien	Beton	1,00	1,80
	Boks Girder Baja	1,00	2,00

Sumber : SNI 1725;2016

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

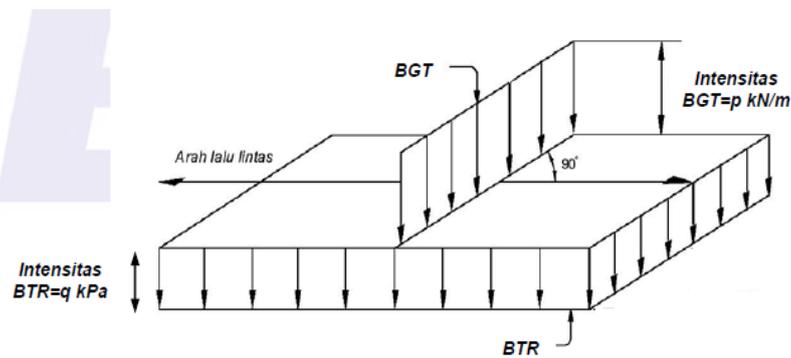
$$\text{Jika } L \leq 30 \text{ m} : q = 9,0 \text{ kPa} \quad (3-1)$$

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

Keterangan :

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

L = panjang total jembatan yang dibebani (meter)



Gambar 3.1 Beban Lajur “D”

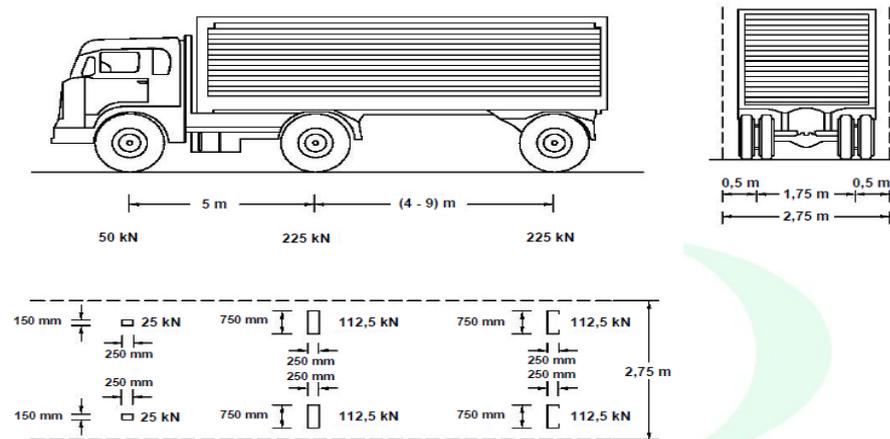
3. Beban truk “T” (TT)

selain beban “D”, terdapat beban lalu lintas lainnya yaitu beban truk “T”. Beban Truk “T” tidak dapat digunakan bersamaan dengan beban “D”. Beban truk dapat digunakan untuk perhitungan struktur lantai. Adapun faktor beban untuk “T”. Untuk pembebanan truk “T” terdiri atas kendaraan truk *semi-trailer* yang mempunyai susunan dan berat gandar, berat dari tiap-tiap gandar disebarkan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dan permukaan lantai. Jarak antara 2 gandar tersebut bisa diubah-ubah dari 4,0 m sampai dengan 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan.

Tabel 3.6 Faktor Beban untuk beban “T”

Tipe Beban	Jembatan	Faktor Beban	
		Keadaan Batas Layan	Keadaan Batas Ultimit
Transien	Beton	1,00	1,80
	Boks Girder Baja	1,00	2,00

Sumber : SNI 1725;2016



Gambar 3.2 Beban Truk “T”

4. Gaya rem

Pengaruh pengereman dari lalu lintas diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang dan dianggap bekerja pada permukaan lantai jembatan, akibat dari gaya rem dan traksi, maka harus ditinjau dari kedua arah jurusan lalu lintas tersebut. dikarenakan pada gaya rem ini harus diperhitungkan 25% dari berat gandar truk desain, atau 5% dari berat truk rencana ditambah dengan beban lajur terbagi rata BTR. Gaya ini harus diasumsikan bekerjasevara horizontal pada jarak 1800 mm diatas permukaan jalan pada arah longitudinal dan dipakai yang paling menentukan.

5. Gaya sentrifugal

pada konstruksi jembatan yang ada pada tikungan harus diperhitungkan terhadap suatu gaya horizontal radial yang dianggap bekerja pada tinggi 1800mm diatas lantai kendaraan. Gaya horizontal tersebut dinyatakan dalam prosen beban “D” yang dianggap ada pada semua jalur lalu lintas tanpa dikalikan koefisien kejut.

$$C = f \frac{V^2}{gR_1} \quad (3-3)$$

Keterangan :

V^2 = adalah kecepatan rencana jalan raya(m/detik)

f = adalah faktor 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_1 = adalah jari-jari kelengkungan lajur lalu lintas (m)

6. Pembeban untuk pejalan kaki (TP)

Pada semua komponen trotoar harus direncanakan sesuai untuk memikul beban pejalan kaki dengan berat intensitas 5 kPa, dan dianggap dapat bekerja dengan beban kendaraan pada masing-masing lajur kendaraan..

3.3. Aksi lingkungan

Aksi lingkungan memasukan pengaruh temperature, angin, banjir, gempa dan penyebab-penyebab alamiah lainnya. Besarnya beban rencana yang diberikan dalam standar ini dihitung berdasarkan analisis statistic dari kejadian-kejadian umum yang tercatat tanpa memperhitungkan hal khusus yang mungkin akan memperbesar pengaruh setempat. Perencana mempunyai tanggung jawab untuk mengidentifikasi kejadian-kejadian khusus setempat dan harus memperhitungkannya dalam perencanaan.

3.3.1. Pengaruh temperatur

Dalam memperhitungkan tegangan maupun deformasi struktur yang timbul akibat pengaruh temperatur, diambil perbedaan temoeratur yang besarnya setengah dari selish antar temoreatur maksimum dan minimum rata-rata pada lantai jembatan.. Perbedaan antara temperature minimum dan maskimum dengan temperatur dengan temperature nominal yang diasumsikan dalam perencanaan harus digunakan untuk menghitung pengaruh akibat deformasi yang terjadi akibat perbedaan suhu tersebut.

Tabel 3.7 Temperatur jembatan rata-rata nominal

Tipe Bangunan Atas	Temperatur jembatan rata-rata minimum (1)	Temperatur jembatan rata-rata maksimum
Lantai beton diatas gelagar atau boks beton	15 °C	40 °C
Lantai beton diatas gelagar, boks atau rangka baja	15 °C	40 °C
Lantai pelat baja diatas gelagar, boks atau rangka baja	15 °C	40 °C
CATATAN (1) : Temperatur jembatan rangka minmum bisa dikurangi 5°C untuk lokasi yang terletak pada ketinggian lebih besar dari 500 m diatas permukaan laut		

Sumber : SNI 1725;2016

3.3.2. Beban angin

Pada pengaruh beban angin jembatan yaitu sebesar 150 kg/m^2 ditinjau berdasarkan bekerjanya beban angin horizontal terbagi rata pada bidang vertical jembatan. Bidang vertical beban hidup ditetapkan sebagai suatu permukaan bidang vertical yang mempunyai tinggi menerus sebesar 2 m diatas lantai kendaraan. Tekanan angin Horizontal merupakan tekanan angin yang ditentukan pada pasal ini diasumsikan disebabkan oleh angin rencana dengan kecepatan dasar (V_B) sebesar 90 hingga 126 km/jam. Beban angin harus diasumsikan terdistribusi secara merata pada permukaan yang terekspos oleh angin.

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

$$V_{DZ} = 2,5 V_0 \left(\frac{V_{10}}{V_B} \right) \ln \left(\frac{Z}{Z_0} \right) \quad (3-4)$$

Keterangan :

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

V_{10} = kecepatan angin pada elevasi 10000 mm diatas permukaan tanah atau diatas permukaan air rencana (km/jam)

V_B = kecepatan angin rencana yaitu 90 hingga 126 km/jam pada elevasi 1000 mm yang akan menghasilkan tekanan seperti yang disebutkan dalam 9.6.1.1 dan pasal 9.6.2

Z = elevasi struktur diukur dari permukaan tanah atau dari permukaan air dimana beban angin dihitung ($Z > 10000 \text{ mm}$)

V_0 = kecepatan gesekan angin, yang merupakan karakteristik meteorology, sebagaimana ditentukan dalam tabel 7 , untuk berbagai macam tipe permukaan dihulu jembatan (km/jam)

Z_0 = panjang gesekan dihulu jembatan, yang merupakan karakteristik metereologi, ditentukan pada tabel 7.

V_{10} dapat diperoleh dari :

Grafik kecepatan angin dasar untuk berbagi periode ulang,

Survei angin pada lokasi jembatan, dan

Jika tidak ada data yang lebih baik, perencana dapat mengasumsikan bahwa $V_{10} = V_B = 90$ s/d 126 km/jam.

Tabel 3.8 Nilai V_0 dan Z_0 Untuk Berbagai Variasi Kondisi Permukaan Hulu

Kondisi	Lahan Terbuka	Sub Urban	Kota
V_0 (km/jam)	13,2	17,6	19,3
Z_0 (mm)	70	1000	2500

Sumber : SNI 1725;2016

1. Beban angin pada struktur (EW_s)

Jika dibenarkan oleh kondisi setempat, perencana 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, kecuali ditentukan lain dalam pasal 9.6.3. Dengan tidak adanya data yang lebih tepat, tekanan angin

rencana dalam MPa dapat ditetapkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut

$$P_D = P_B \left(\frac{v_{DZ}}{v_B} \right)^2 \quad (3-5)$$

Keterangan :

P_B adalah tekanan angin dasar seperti yang ditentukan dalam tabel 29 (MPa)

Tabel 3.9 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 pada beban angin tidak boleh diambil kurang dari 4,4 kN/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. Gaya angin pada kendaraan (EW_I)

Tekanan angin rencana harus dikerjakan dengan baik pada struktur jembatan maupun pada kendaraan yang melintasi jembatan. Jembatan harus direncanakan memikul gaya akibat tekanan angin pada kendaraan, dimana tekanan tersebut harus diasumsikan sebagai tekanan menerus sebesar 1,46 N/mm, tegak lurus dan bekerja 1800 mm diatas permukaan jalan.

Tabel 3.10 Komponen Beban Angin Yang Bekerja Pada Kendaraan

Sudut	Komponen Tegak Lurus	Komponen Sejajar
Derajat	N/mm	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

3.3.3 Pengaruh gempa

Pengaruh gempa bumi pada jembatan dihitung senilai dengan pengaruh gaya horizontal pada konstruksi akibat beban mati konstruksi dan perlu ditinjau pula gaya-gaya lain yang berpengaruh seperti gaya gesekan pada perletakan. 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) dengan formulasi sebagai berikut :

$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R_d} \times W_t \quad (3-6)$$

Keterangan :

E_Q = gaya gempa horizontal statis (kN)

C_{sm} = koefisien respons gempa elastic

R_d = faktor modifikasi respons

W_t = berat total struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup yang sesuai (kN)

3.4. Aksi-aksi Lainnya

3.4.1. Gesekan pada perletakan (BF)

Gesekan pada perletakan termasuk pengaruh kelakuan geser dari perletakan elastomer. Gaya akibat gesekan pada perletakan dihitung menggunakan hanya beban tetap, dan nilai rata-rata dari koefisien gesekan (atau kelakuan geser apabila menggunakan peralatan elastomer).

Tabel 3.11 Faktor-faktor Akibat Pergesekan Pada Perletakan

Jangka Waktu	Faktor Beban		
	$\gamma \frac{S}{Bf}$	$\gamma \frac{U}{Bf}$	
		Biasa	Terkurangi
Transien	1,0	1,0	0,8

Catatan (1) Gaya akibat gesekan perletakan terjadi selama adanya pergerakan pada bangunan atas, tetapi gaya sisa mungkin terjadi setelah pergerakan berhenti. Dalam hal ini gesekan pada perletakan harus memperhitungkan adanya pengaruh tetap yang cukup besar.

Sumber : SNI 1725;2016

3.4.2. Pengaruh getaran

Getaran yang diakibatkan oleh adanya kendaraan yang lewat diatas jembatan dan akibat pejalan kaki pada jembatan penyebrangan merupakan keadaan batas layan apabila tingkat getaran menimbulkan bahaya dan ketidaknyamanan seperti halnya keamanan bangunan.