

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara dengan luas wilayah yang cukup besar dan memiliki jumlah penduduk yang sangat besar di dunia. Kebutuhan infrastruktur untuk transportasi adalah salah satu kebutuhan utama yang harus disediakan oleh pemerintah. Infrastruktur menjadi fokus utama pembangunan saat ini untuk menyediakan akses seluas-luasnya untuk kebutuhan ekonomi. Infrastruktur jalan dan jembatan sebagai salah satu prasarana transportasi darat yang paling umum digunakan, perlu perhatian utama pembangunannya (Nugraha et al., 2018).

Jembatan merupakan konstruksi yang berfungsi untuk meneruskan jalan dari satu tempat ke tempat lainnya yang terhalang oleh jurang atau rintangan, seperti rel kereta api, sungai ataupun jalan raya. Perkembangan transportasi sangat erat kaitannya dengan pembangunan, baik berupa pembangunan jalan maupun jembatan yang berfungsi untuk memperlancar arus kendaraan sehingga tercipta waktu yang efisien dalam beraktifitas (Bastian Febrian, 2014).

Struktur jembatan merupakan bagian penting dari suatu sistem transportasi, sehingga dalam mendesain suatu perencanaan struktur jembatan diperlukan data yang lengkap, lokasi yang tepat untuk dibangun, dan memilih struktur yang tepat untuk digunakan dalam membangun jembatan tersebut.

Perkembangan ilmu teknik sipil pada saat ini sangat pesat dengan berbagai penemuan yang dilakukan oleh para ahli. Perkembangan ini juga berpengaruh terhadap berbagai material yang dipakai oleh para desainer untuk mendesain struktur pembangunan, dimana material tersebut dapat menerima beban yang direncanakan dengan efisien.

Lokasi pembangunan jembatan ini berada di Desa Talang Ratau, Kecamatan Rimbo Pegadang, Kabupaten Lebong, Provinsi Bengkulu. Jembatan ini dibangun untuk sarana lalu lintas material, dikarenakan adanya proyek PLTM dan menjadi

tempat sarana untuk warga menyebrang. Maka dalam penelitian ini akan mengkaji judul **“Perencanaan Jembatan Komposit Panjang 30M di Proyek Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hydro Ketaun - 3. Desa Talang Ratau, Kecamatan Rimbo Pegadang, Kabupaten Lebong, Provinsi Bengkulu”**. Penulis mengambil penelitian ini dikarenakan penulis belum pernah belajar tentang jembatan secara detail dan penulis berharap skripsi ini bisa menjadi bekal ilmu untuk kedepannya jika dibutuhkan.

Pada penelitian ini, akan diperlihatkan analisis perhitungan dan perancangan pemodelan struktur atas pada jembatan menggunakan SAP2000 dengan panjang bentang 30 m. Beban-beban yang diperhitungkan sesuai dengan fungsi jembatan yang ada di lokasi. Metode perhitungan pembebanan mengacu pada peraturan SNI 03-1729-2002 dan SNI 1725:2016.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh beban mati pada jembatan setelah dikomposit?
2. Mengetahui hasil gaya-gaya dalam perhitungan struktur atas pada jembatan
3. Bagaimana merancang struktur atas jembatan dengan menggunakan *software* SAP2000?
4. Menganalisis hasil pemodelan jembatan

1.3 Batasan Masalah

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis memberikan Batasan permasalahan yang akan dibahas antara lain :

1. Perhitungan hanya bagian struktur atas jembatan saja.
2. Perhitungan pembebanan berdasarkan metode SNI 03-1729-2002 dan SNI 1725:2016.
3. Pemodelan jembatan hanya bagian atas saja.
4. Tidak menganalisa harga satuan dan merencanakan anggaran biaya (RAB) Pembangunan.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini yaitu :

1. Untuk mengetahui hasil perhitungan perencanaan struktur atas jembatan.
2. Untuk mengetahui hasil desain jembatan.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diambil dari skripsi ini antara lain :

1. Sebagai bekal ilmu yang dapat digunakan dalam dunia kerja bagi penulis.
2. Sebagai bahan referensi atau acuan dalam merencanakan suatu struktur atas jembatan.
3. Mengetahui bagaimana menghitung struktur atas pada jembatan.
4. Mengetahui bagaimana mendesain jembatan.

1.6 Sistematika Penelitian

Sistematika penelitian yang digunakan penulis untuk menyusun skripsi adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang, rumusan masalah, Batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penelitian

BAB II TINJUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan teori-teori terdahulu untuk dijadikan acuan melaksanakan penelitian secara literatur yang berhubungan dengan topik yang di ambil.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisikan tentang lokasi penelitian, metode penelitian, tahapan-tahapan penelitian dan teknik pengumpulan data.

BAB IV PERHITUNGAN STRUKTUR

Bab ini membahas tentang perhitungan struktur atas jembatan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan tentang kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Jembatan

(Witriyatna et al., 2018) Jembatan merupakan bagian dari prasarana transportasi yang menghubungkan dua jalan yang terputus seperti sungai, danau, lembah, laut, jalan, dan rel kereta api. Jembatan adalah pelengkap struktur jalan yang berfungsi sebagai jalur lalu lintas, dan harus dilengkapi dengan fasilitas drainase serta ruang untuk sistem utilitas (PermenPU, n.d.).

Secara umum jembatan terbagi menjadi dua bagian utama, yaitu struktur atas dan struktur bawah. Struktur atas jembatan berfungsi menerima beban secara langsung, meliputi berat sendiri, beban mati tambahan, beban lalu lintas kendaraan, beban pejalan kaki dan sebagainya. Sedangkan struktur bawah jembatan berfungsi memikul beban struktur atas dan beban lainnya yang ditimbulkan oleh tekanan tanah, aliran air, gesekan pada tumpuan dan sebagainya. Struktur atas terdiri dari balok utama (*girder*), diafragma, pelat lantai kendaraan dan trotoar. Bagian dari bawah jembatan pada umumnya meliputi kepala jembatan (*abutment*), pilar jembatan (*pier*), dan pondasi (Suryanita et al., 2016).

2.2 Jembatan Komposit

Jembatan Komposit merupakan jembatan yang berkombinasi antara dua jenis material yang berbeda dan membentuk satu kesatuan sehingga menghasilkan sifat yang lebih baik yaitu sama-sama memikul beban. Pada jembatan komposit umumnya berkombinasi antara bahan konstruksi baja sebagai deck (*girder*) dan beton bertulang sebagai plat lantai jembatan (Hasudungan, 2021).

Sistem komposit yang dipelajari adalah sistem komposit bahan profil baja dengan pelat beton bertulang, seperti pada bangunan gedung dan jembatan. Untuk sistem lantai beton dengan pemikul yang berupa balok profil baja, sangat banyak dijumpai sehingga memerlukan desain yang efisien untuk mendapatkan struktur yang ekonomis.



Gambar 2. 1 Jembatan Komposit
(Sumber : Dokumentasi Lapangan)

2.2.1 Keuntungan konstruksi jembatan komposit

- 1) Profil baja dapat dihemat menjadi 20-30% dibandingkan dengan system balok non-komposit.
- 2) Kekakuan lantai beton bertulang semakin tinggi karena komposit menyatu dengan gelagar memanjang sehingga lendutan plat lantai/komposit semakin mengecil.
- 3) Tinggi konstruksi dapat berkurang sehingga dapat menghemat biaya konstruksi yang diperlukan. Contoh, pada struktur jembatan adanya penghematan biaya *embankment*. Yaitu gundukan tanah atau batu yang dibangun untuk menahan air atau untuk mendukung jalan raya.
- 4) Kemampuan menerima beban lebih besar.

2.2.2 Kekurangan konstruksi jembatan komposit

- 1) Terjadi defleksi yang cukup besar dalam jangka panjang yang disebabkan karenan rangkai susut pada beton.
- 2) Konstruksi ringan, akan tetapi dapat membuat aerodinamis yang tidak stabil.
- 3) Terjadi korosi, sehingga tidak cocok untuk kondisi lingkungan yang korosif.

4) Desain dan konstruksi memerlukan keahlian khusus.

(Agus, 2002) Aksi komposit terjadi apabila dua bagian/batang struktur pemikul beban, misalnya konstruksi beton dan balok profil baja dihubungkan secara komposit menjadi satu, sehingga dapat memikul beban secara menyatu. Aksi komposit dapat terjadi apabila anggapan-anggapan berikut ini dapat dipenuhi atau mendekati keadaan sebenarnya yaitu :

- a. Lantai beton dengan profil baja, dihubungkan dengan penghubung geser secara tepat pada seluruh tulangan.
- b. Gaya geser pada penghubung geser adalah sebanding secara proporsional dengan beban pada penghubung geser.
- c. Distribusi tegangan adalah linear di setiap penampang.
- d. Lantai beton dan balok baja tidak akan terpisah secara vertical dibagian manapun sepanjang batang.

Penghubung balok dan baja (shear connector) akan memikul gaya yang sejajar dengan sumbu balok, yang merupakan gaya geser.

2.3 Pengertian Shear Connector

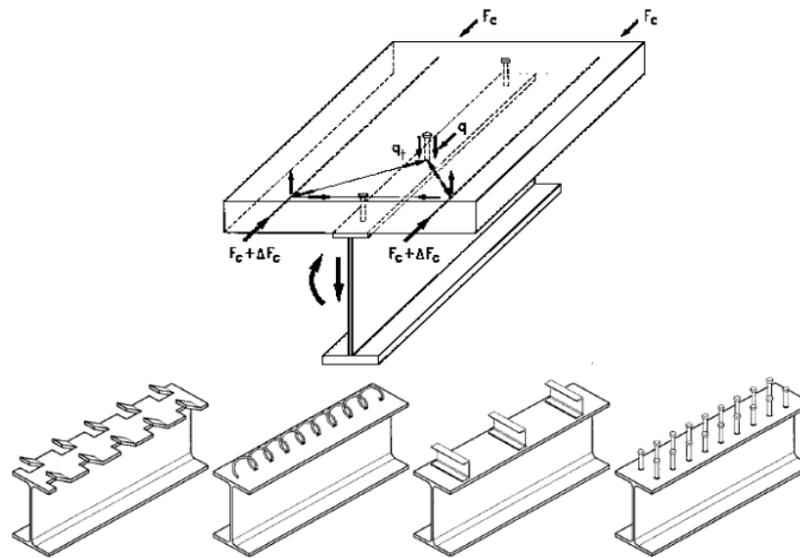
Penghubung geser (*Shear Connector*) adalah perangkat yang menjamin terjadinya transfer gaya antara material komposit (antara beton dan baja) hingga tidak terjadi slip antara baja dan beton. Penghubung geser dibedakan menjadi dua macam :

1. Penghubung geser fleksibel

Penghubung geser fleksibel memungkinkan terjadinya mekanisme slip pada keadaan ultimit sehingga keruntuhan bersifat duktil.

2. Penghubung geser rigid

Penghubung geser rigid pada umumnya berupa Batangan fabrikasi. Keruntuhan bersifat getas baik disebabkan oleh keruntuhan las maupun akibat keruntuhan (*crushing*) beton.



Gambar 2. 2 Shear Connector
(Sumber : Buku Struktur Jembatan)

Menurut SNI 03-1729-2002 Pasal 12.6.2, Gaya geser yang terjadi antara pelat beton dan profil baja harus dipikul oleh sejumlah penghubung geser, sehingga tidak terjadi slip pada saat masa layanan. Besarnya gaya geser horizontal yang harus dipikul oleh penghubung geser. Pada pasal ini menyatakan bahwa untuk aksi komposit di mana beton mengalami gaya tekan akibat lentur, gaya geser horizontal total yang bekerja pada daerah yang dibatasi oleh titik-titik momen positif maksimum dan momen nol yang berdekatan, harus diambil sebagai nilai terkecil dari: $A_s \cdot f_y$ atau $0,85 \cdot f'c \cdot A_c$. Gaya geser horizontal dinotasikan dengan V_h (Nasional Indonesia, n.d.).

Jika besarnya V_h ditentukan oleh $A_s \cdot f_y$ atau $0,85 \cdot f'c \cdot A_c$ maka yang terjadi adalah perilaku aksi komposit penuh dan jumlah penghubung geser yang diperlukan antara titik momen nol dan momen maksimum adalah:

$$n = \frac{V_h}{Q_n} \quad (2.1)$$

Keterangan :

V_h : gaya geser horizontal

Q_n : kuat geser nominal penghubung geser

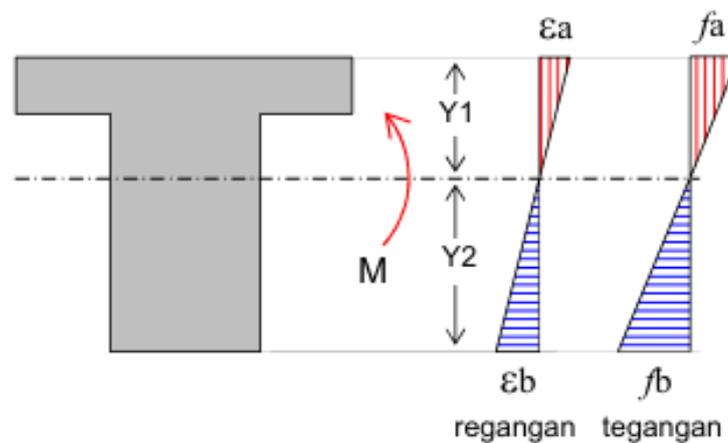
Dengan Q_n adalah kuat geser nominal satu buah penghubung geser. Jenis penghubung geser yang disyaratkan dalam SNI 02-1729-2002 pasal 12.6.1 adalah berupa jenis paku berkepala (stud) dengan panjang dalam kondisi terpasang tidak kurang dari 4 kali diameternya, atau berupa profil baja kanal hasil gilas panas.

2.4 Konsep Dasar Jembatan Komposit

Struktur jembatan komposit merupakan gabungan antara dua bahan, yaitu beton (beton tulangan) dan baja. Kedua bahan ini digabungkan menjadi satu kesatuan yang utuh.

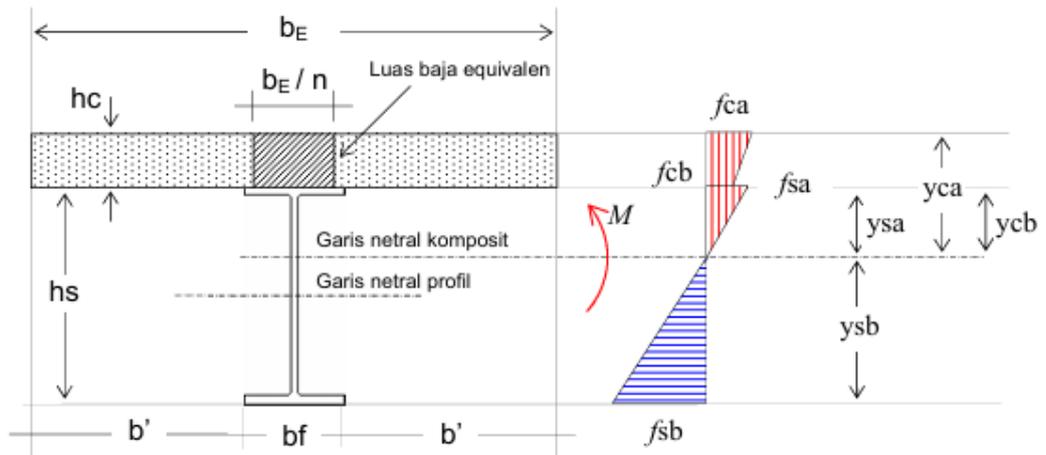
2.4.1 Tegangan Pada Jembatan Komposit

(Nugraha et al., 2018) Pada balok T yang, bentuk diagram tegangan-tegangan dalam kondisi layan terlihat seperti gambar 2.3 berikut.



Gambar 2. 3 Diagram tegangan-tegangan balok
(Sumber : Google)

Bentuk tegangan lentur pada penampang komposit seperti gambar 2.4, dimana slab beton penampang komposit di transformasikan menjadi baja equivalen, kalua pada beton bertulang kebalikannya, yaitu luas tulangan di transformasikan menjadi luas equivalen (G. Salmon & E. Johnson, 1996).



Gambar 2. 4 Tegangan pada penampang komposit
(Sumber : Google)

Berikut adalah rumus-rumus untuk mencari tegangan :

1. Tegangan pada girder komposit

a. Tegangan pada sisi atas beton

$$F_{tc} = \frac{M \times 10^6}{(n \times W_{tc})} \quad (2.2)$$

b. Tegangan pada atas baja

$$F_{tc} = \frac{M \times 10^6}{W_{ts}} \quad (2.3)$$

c. Tegangan pada bawah baja

$$F_{tc} = \frac{M \times 10^6}{W_{ts}} \quad (2.4)$$

Keterangan :

F_{tc} : Tegangan pada sisi atas beton

M : Momen maksimum akibat beban mati

W : Tahanan momen

2. Lendutan maksimum pada girder komposit

a. Beban Merata Q

$$\delta_{max} = \frac{5}{348} \frac{Q \times L^4}{(E_s \times I_{com})} \quad (2.5)$$

b. Beban terpusat P

$$\delta_{max} = \frac{\frac{1}{48} P \times L^3}{(E_s \times I_{com})} \quad (2.6)$$

c. Beban momen M

$$\delta_{max} = \frac{\frac{1}{72\sqrt{3}} M \times L^2}{(E_s \times I_{com})} \quad (2.7)$$

Keterangan :

δ_{max} : Lendutan maksimum

E_s : Modulus elastisitas baja (MPa)

I_{com} : Momen inersia

Q : Beban merata

P : Beban terpusat

M : beban momen

L : panjang bentang girder

3. Rasio perbandingan modulus elastisitas

$$n = \frac{E_s}{E_c} \quad (2.8)$$

Keterangan :

E_s : Modulus elastisitas baja (MPa)

E_c : Modulus elastisitas beton

4. Luas penampang beton transformasi

$$A_{ct} = B_e \times \frac{h}{n} \quad (2.9)$$

Keterangan :

h : Tebal slab beton

E_c : Modulus elastisitas beton

n : Ratio modulus

5. Luas Penampang komposit

$$A_{com} = A + A_{ct} \quad (2.10)$$

Keterangan :

A : Luas penampang

A_{ct} : Luas penampang beton transformasi

6. Momen statis penampang terhadap sisi bawah balok

$$A_{com} \times y_{bs} = A \times \frac{d}{2} + A_{ct} \times \left(\frac{d+h}{2} \right) \quad (2.11)$$

Keterangan :

A : Luas penampang

A_{com} : Luas penampang komposit

A_{ct} : Luas penampang beton transformasi

d : Tinggi profil

h : tebal slab beton

7. Jarak sisi atas profil baja terhadap garis netral

$$y_{ts} = d - y_{bs} \quad (2.12)$$

Keterangan :

d : Tinggi profil

y_{bs} : jarak garis netral pada sisi bawah

8. Jarak sisi atas slab beton terhadap garis netral

$$y_{tc} = h + y_{ts} \quad (2.13)$$

Keterangan :

h : Tebal slab beton

y_{tc} : jarak garis netral pada sisi atas

9. Tahan momen penampang komposit

- a. Sisi atas beton

$$W_{tc} = \frac{I_{com}}{y_{tc}} \quad (2.14)$$

- b. Sisi atas baja

$$W_{ts} = \frac{I_{com}}{y_{ts}} \quad (2.15)$$

c. Sisi bawah baja

$$W_{bs} = \frac{I_{com}}{y_{bs}} \quad (2.16)$$

Keterangan :

I_{com} : Tebal slab beton

W_{tc} : Sisi atas beton

W_{ts} : Sisi atas baja

W_{bs} : Sisi bawah baja

10. Tegangan ijin

a. Tegangan ijin lentur beton

$$f_c = 0,4 \times f'_c \quad (2.17)$$

b. Tegangan ijin lentur baja

$$f_s = 0,4 \times f'_s \quad (2.18)$$

Keterangan :

F_c : Tegangan ijin lentur beton

F_s : Tegangan ijin lentur baja

F'_c : Kuat tekan beton

F'_s : Tegangan dasar

2.4.2 Sifat Mekanis Baja

Struktur baja harus dapat memikul beban rancangan secara aman tanpa kelebihan tegangan pada material dan memiliki deformasi yang masih dalam daerah yang diizinkan. Dalam perencanaan struktur baja, SNI 03-1729-2002 mengambil beberapa sifat-sifat mekanik dari material baja yaitu:

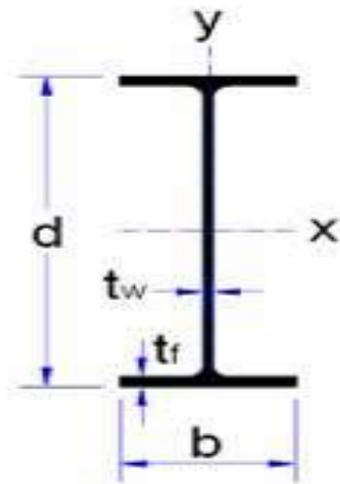
Modulus elastisitas, $E = 200.000 \text{ MPa}$

Modulus geser, $G = 80.000 \text{ MPa}$

Angka poisson, $\mu = 0.3$

Koefisien pemuaian, $\alpha = 12 \times \text{per } ^\circ\text{C}$

Untuk baja tipe I wf



Gambar 2. 5 Section Baja IWF
(Sumber : Google)

1. Kontrol penampang baja syarat yang digunakan yaitu :

$$\frac{L}{d} = \frac{1,25 \times b}{tf} \quad (2.19)$$

Keterangan :

L : Panjang bentang jembatan

d : Tinggi profil baja

b : Lebar profil baja

tf : Tebal sayap

2. Untuk tegangan kip dihitung dengan rumus :

$$F_{skip} = f_s - \frac{(C_1 - 250)}{(C_2 - 250)} \times 0,3 \times f_s \quad (2.20)$$

Keterangan :

$$C_1 : L_1 \times \frac{D}{B \times tf}$$

$$C_2 : 0,63 \times \frac{E_s}{f_s}$$

Fs : Tegangan dasar

Es : Modulus Elastisitas beton

Tf : Lebar sayap

3. Tegangan lentur baja

$$F = M \times \frac{x \times 10^6}{W_x} \quad (2.21)$$

Keterangan :

F : Tegangan yang terjadi

M : Momen yang terjadi

W_x : Tahan momen penampang baja

2.5 Pembebanan Pada Jembatan

Pembebanan pada jembatan dikelompokkan dalam beberapa kelompok, sebagai berikut:

- 1) Aksi tetap
- 2) Aksi sementara
- 3) Aksi lingkungan

2.5.1 Aksi Tetap (*Permanent Action*)

1. Berat Sendiri (MS)

Berat sendiri adalah berat bahan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen non-struktural yang dipikul dan dianggap tetap (Nasional et al., 2016).

Tabel 2. 1 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
	Aluminium	1,00	1,10	0,90
	Beton pracetak	1,00	1,20	0,85
	Beton dicor di tempat	1,00	1,30	0,75
	Kayu	1,00	1,40	0,70

(Sumber : SNI 1725:2016)

2. Beban Mati Tambahan/ultilitas (MA)

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan dari elemen non-struktural, dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan. Jika nilai faktor beban mati tambahan pada jembatan berbeda dengan ketentuan, boleh digunakan atas persetujuan instansi yang berwenang dan dilakukan pengawasan agar tidak dilampaui selama umur jembatan (Nasional et al., 2016).

Tabel 2. 2 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	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)

2.5.2 Aksi Sementara (*Transient Action*)

1. Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas untuk perencanaan pembuatan jembatan terdiri dari beban lajur “D” dan beban truk “T”. Beban lajur “D” adalah beban yang bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan. Jumlah total pada beban lajur “D” yang bekerja tergantung pada lebar jalur kendaraan tersebut (Nasional et al., 2016).

Beban lajur “T” adalah satu kendaraan berat dengan 3 (tiga) gandar yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu lintas rencana. Tiap gandar terdiri dari dua bidang kontak pembebanan yang dimaksud sebagai simulasi pengaruh roda kendaraan berat. Hanya satu truk “T” diterapkan per lajur lalu lintas rencana (Nasional et al., 2016).

A. Beban Lajur “D” (TD)

Beban lajur “D” terdiri atas beban terbagi rata (BTR) atau UDL (*Uniformly Distributed Load*) dan beban garis terpusat (BGT) atau KEL

(*Knife Edge Load*), seperti yang tertera pada gambar 2.2. Adapun faktor beban yang digunakan untuk beban lajur “D” seperti pada tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Faktor beban untuk beban lajur “D”

Tipe beban	Faktor beban (γ_{TD})		
	Jembatan	Keadaan Batas Layan (γ_{TD}^S)	Keadaan Batas Ultimit (γ_{TD}^U)
Transien	Beton	1,00	1,80
	Boks Girder Baja	1,00	2,00

(Sumber : SNI 1725:2016)

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

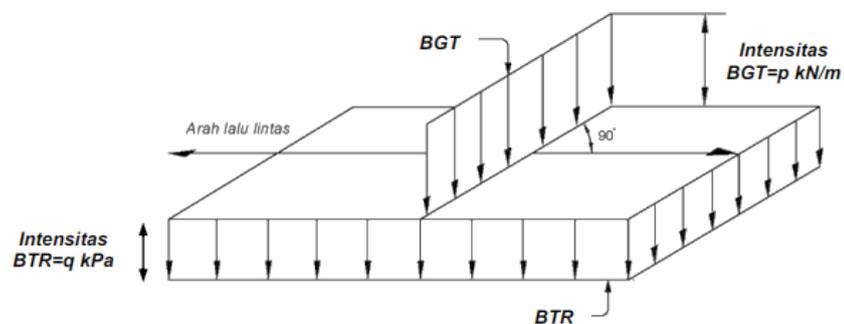
$$\text{Jika } L \leq 30 \text{ m} \quad : q = 9,0 \text{ kPa} \quad (2.22)$$

$$\text{Jika } L > 30 \text{ m} \quad : q = 9,0 \left(0,5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa} \quad (2.23)$$

Keterangan:

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

L : panjang total jembatan yang dibebanin (meter)



Gambar 2. 6 Beban Lajur “D”

(Sumber : SNI 1725:2016)

Beban garis terpusat (*Knife Edge Load*) mempunyai intensitas p kN/m harus ditempatkan tegak lurus pada arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas, $p = 44,0$ kN/m.

B. Beban Truk “T” (TT)

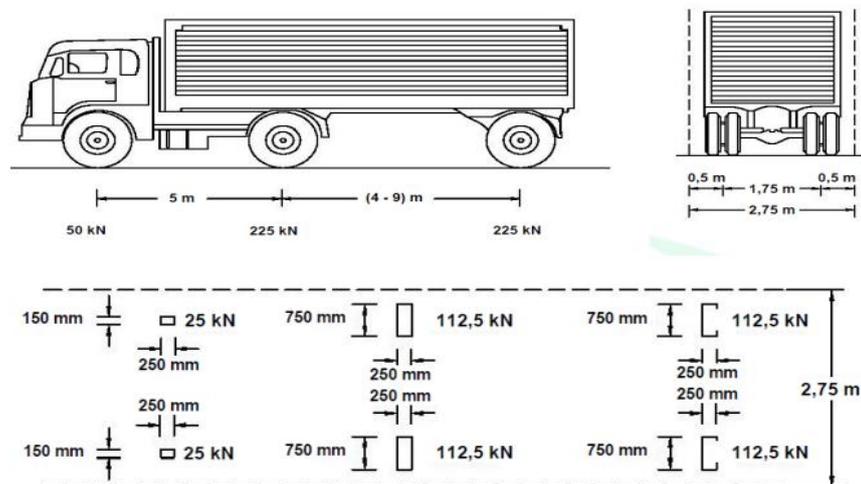
Beban truk “T” tidak dapat digunakan bersamaan dengan beban “D”. beban truk dapat digunakan untuk perhitungan lantai. Adapun faktor beban untuk beban truk “T” seperti pada tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Faktor beban untuk beban “T”

Tipe beban	Faktor beban (γ_{TT})		
	Jembatan	Keadaan Batas Layan (γ_{TT}^S)	Keadaan Batas Ultimit (γ_{TT}^U)
Transien	Beton	1,00	1,80
	Boks Girder Baja	1,00	2,00

(Sumber : SNI 1725:2016)

Besar pembebanan truk “T”



Gambar 2. 7 Pembebanan Truk “T” (500 Kn)

(Sumber : SNI 1725:2016)

Pembebanan truk “T” terdiri atas kendaraan truk sei-trailer, yang mempunyai susunan dan berat gandar seperti pada gambar 2.2. berat dari tiap gandar dibagi menjadi 2 beban merata sama besar, yang merupakan bidang antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 gandar bisa diubah-ubah dari 4,0 – 9,0 meter untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan (Nasional et al., 2016).

C. Faktor Beban Dinamis

Faktor beban dinamis (*Dinamic Load Allowance*) merupakan hasil interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan, seperti pada gambar 2.4 di bawah. Pada perencanaan DLA dinyatakan sebagai beban statis ekuivalen.

Untuk pembebanan pada DLA diambil sebagai berikut :

$$\text{Untuk } L \leq 50 \text{ m} \quad : \text{DLA} = 0,4 \quad (2.24)$$

$$\text{Untuk } 50 < L < 90 \text{ m} \quad : \text{DLA} = 0,4 - 0,0025 \times (L - 50) \quad (2.25)$$

$$\text{Untuk } L \geq 90 \text{ m} \quad : \text{DLA} = 0,3 \quad (2.26)$$

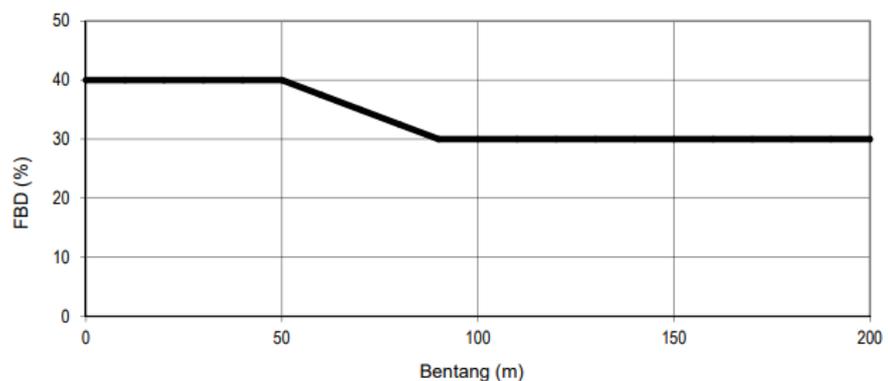
Keterangan :

L : Panjang total jembatan yang di bebani

DLA : Faktor beban dinamis

Besarnya BGT dari pembebanan lajur “D” dan beban roda dari pembebanan truk “T” harus cukup untuk memberikan interaksi dengan jembatan, dengan dikalikan FBD. Untuk BTR dari pembebanan lajur “D” tidak dikalikan dengan FBD.

Untuk pembebanan “D”, FBD berfungsi sebagai panjang bentang ekuivalen seperti pada gambar 2.4 di bawah.



Gambar 2. 8 Faktor beban dinamis untuk beban T dan pembebanan lajur “D”
(Sumber : SNI 1725:2016)

Untuk bentang menerus, panjang bentang ekuivalen diberikan dengan rumus:

$$L_E = \sqrt{L_{av} \times L_{max}} \quad (2.27)$$

Keterangan:

L_{av} : Panjang bentang rata-rata dari kelompok bentang yang disambungkan secara menerus

L_{max} : Panjang bentang maksimum dalam kelompok bentang yang disambungkan secara menerus

2. Gaya Rem (TB)

Gaya rem harus ditempatkan di semua lajur rencana. Gaya ini diasumsikan bekerja pada jarak 1800 mm diatas permukaan jalan jembatan. Besarnya gaya rem tergantung panjang total jembatan (L_t) sebagai berikut :

$$\text{Untuk } L_t \leq 80 \text{ m} \quad : T_{TB} = 250 \text{ kN} \quad (2.28)$$

$$\text{Untuk } 80 < L_t < 180 \text{ m} \quad : T_{TB} = 250 + 2,5 \times (L_t - 80) \text{ kN} \quad (2.29)$$

$$\text{Untuk } L_t \geq 180 \text{ m} \quad : T_{TB} = 500 \text{ kN} \quad (2.30)$$

Keterangan :

L_t : Total panjang jembatan

T_{TB} : Berat gaya rem

2.5.3 Aksi Lingkungan

1. Beban Angin (EW)

Beban garis merata tambahan arah horizontal pada permukaan lantai jembatan akibat angin yang meniup kendaraan di atas jembatan. Dengan rumus sebagai berikut :

$$T_{EW} = 0,0012 \times C_W \times (V_w)^2 \quad (2.31)$$

Keterangan :

C_W : Koefisien seret

V_w : Kecepatan angin rencana

2. Beban Gempa (EQ)

Jembatan yang akan dibangun di daerah rawan gempa bumi harus direncanakan dengan memperhitungkan pengaruh gempa bumi. Pengaruh ini diperhitungkan senilai dengan gaya horizontal yang bekerja pada titik berat konstruksi atau bagian konstruksi yang berbahaya.

Gaya vertikal pada balok dihitung dengan percepatan vertikal ke bawah sebesar $0,1 \times g$. G adalah percepatan gravitasi, dengan rumus sebagai berikut :

$$T_{EQ} = 0,10 \times W_t \quad (2.32)$$

Keterangan :

W_t : Berat total struktur yang berupa berat sendiri dan beban mati tambahan

T_{EQ} : Gaya geser dasar

2.6 Kelompok Pembebanan dan Simbol Untuk Beban

Berdasarkan SNI 1725-2016, beban permanen dan transien sebagai berikut harus dipikirkan dalam perencanaan jembatan :

a) Beban Permanen

- MS = beban mati komponen struktural dan non struktural jembatan
- MA = beban mati perkerasan dan utilitas
- TA = gaya horizontal akibat tekanan tanah
- PL = gaya-gaya yang terjadi pada struktur jembatan yang disebabkan oleh proses pelaksanaan, termasuk semua gaya yang terjadi akibat perubahan statika yang terjadi pada konstruksi segmental
- PR = prategang

b) Beban Transien

- SH = gaya akibat susut/rangkak
- TB = gaya akibat rem
- TR = gaya sentrifugal
- TC = gaya akibat tumbukan kendaraan
- TV = gaya akibat tumbukan kapal

EQ	= gaya gempa
BF	= gaya friksi
TD	= beban lajur “D”
TT	= beban truk “T”
SE	= beban akibat penurunan
ET	= gaya akibat temperature gradien
EU _n	= gaya akibat temperature seragam
EF	= gaya apung
EW _s	= beban angin pada struktur
EW _L	= beban angin pada kendaraan
EU	= beban arus dan hanyutan

2.7 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi beban-beban ekstrem seperti yang ditentukan pada setiap keadaan batas sebagai berikut :

- Kuat I : Kombinasi pembebanan yang memperhitungkan gaya-gaya yang timbul pada jembatan dalam keadaan normal tanpa memperhitungkan beban angin. Pada keadaan batas ini, semua gaya nominal yang terjadi dikalikan dengan faktor beban yang sesuai.
- Kuat II : Kombinasi pembebanan yang berkaitan dengan penggunaan jembatan untuk memikul beban kendaraan khusus yang ditentukan pemilik tanpa memperhitungkan beban angin.
- Kuat III : Kombinasi pembebanan dengan jembatan dikenai beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam.
- Kuat IV : Kombinasi pembebanan untuk memperhitungkan kemungkinan adanya rasio beban mati dengan beban hidup yang besar.
- Kuat V : Kombinasi pembebanan berkaitan dengan operasional normal jembatan dengan memperhitungkan beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam.

- Ekstrem I : Kombinasi pembebanan gempa. Faktor beban hidup γ_{EQ} yang mempertimbangkan bekerjanya beban hidup pada saat gempa berlangsung harus ditentukan berdasarkan kepentingan jembatan.
- Ekstrem II : Kombinasi pembebanan yang meninjau kombinasi antara beban hidup berkurang dengan beban yang timbul akibat tumbukan kapal, tumbukan kendaraan, banjir atau beban hidrolika lainnya, kecuali untuk kasus pembebanan akibat tumbukan kendaraan (TC). Kasus pembebanan akibat banjir tidak boleh dikombinasikan dengan beban akibat tumbukan kendaraan dan tumbukan kapal
- Layan I : Kombinasi pembebanan yang berkaitan dengan operasional jembatan dengan semua beban mempunyai nilai nominal serta memperhitungkan adanya beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam. Kombinasi ini juga digunakan untuk mengontrol lendutan pada goronggorong baja, pelat pelapis terowongan, pipa termoplastik serta untuk mengontrol lebar retak struktur beton bertulang; dan juga untuk analisis tegangan tarik pada penampang melintang jembatan beton segmental. Kombinasi pembebanan ini juga harus digunakan untuk investigasi stabilitas lereng.
- Layan II : Kombinasi pembebanan yang ditujukan untuk mencegah terjadinya pelepasan pada struktur baja dan selip pada sambungan akibat beban kendaraan.
- Layan III : Kombinasi pembebanan untuk menghitung tegangan tarik pada arah memanjang jembatan beton pratekan dengan tujuan untuk mengontrol besarnya retak dan tegangan utama tarik pada bagian badan dari jembatan beton segmental.
- Layan IV : Kombinasi pembebanan untuk menghitung tegangan tarik pada kolom beton pratekan dengan tujuan untuk mengontrol besarnya retak.

Fatik : Kombinasi beban fatik dan fraktur sehubungan dengan umur fatik akibat induksi beban yang waktunya tak terbatas

Tabel 2. 5 Kombinasi beban dan faktor beban

Keadaan Batas	MS	TT TD TB TR TP	EU	EW _s	EW _L	BF	EU _n	TG	ES	Gunakan salah satu		
										EQ	TC	TV
Kuat I	γ_p	1,8	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat II	γ_p	1,4	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat III	γ_p	-	1,00	1,40	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat IV	γ_p	-	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	-	-	-	-	-
Kuat V	γ_p	-	1,00	0,40	1,00	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Ekstrem I	γ_p	γ_{EQ}	1,00	-	-	1,00	-	-	-	1,00	-	-
Ekstrem II	γ_p	0,50	1,00	-	-	1,00	-	-	-	-	1,00	1,00
Daya layan I	1,00	1,00	1,00	0,30	1,00	1,00	1,00/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Daya layan II	1,00	1,30	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	-	-	-	-	-
Daya layan III	1,00	0,80	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Daya layan IV	1,00	-	1,00	0,70	-	1,00	1,00/1,20	-	1,00	-	-	-
Fatik (TD dan TR)	-	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Catatan :

- γ_p dapat berupa γ_{MS} , γ_{MA} , γ_{TA} , γ_{PR} , γ_{PL} , γ_{SH} tergantung beban yang ditinjau
- γ_{EQ} adalah faktor beban hidup kondisi gempa (Sumber : SNI 1725:2016)