BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Jembatan

2.1.1 Pengertian Jembatan

Jembatan merupakan suatu konstruksi yang dibangun untuk menghubungkan dua lokasi yang dipisahkan oleh hambatan, seperti sungai, lembah, atau saluran irigasi. Keberadaannya memungkinkan lalu lintas kendaraan dan pejalan kaki untuk melintas. Dalam sistem transportasi darat, jembatan memegang peran yang sangat krusial sebagai penghubung antarwilayah. Infrastruktur ini tidak hanya mendukung aktivitas ekonomi, tetapi juga memfasilititasi kemajuan sosial masyarakat. Oleh karena itu, perencanaan pembangunan jembatan harus direncanakan dengan baik guna memberikan pelayanan yang optimal bagi para pengguna jalan.

Secara umum, jembatan terdiri atas dua bagian utama, yaitu struktur atas (*superstructure*) dan struktur bawah (*substructure*). Struktur atas merupakan elemen jembatan yang secara langsung menanggung beban lalu lintas. Kompenen bangunan atas mencakup lantai kendaraan, gelagar memanjang, gelagar melintang, rangka utama, dan sistem pengaku. Sementara itu, struktur bawah berfungsi untuk menyalurkan beban dari struktur atas ke lapisan tanah dasar. Kompenen struktur bawah meliputi abutment, pilar (*pier*), dan pondasi.

2.1.2 Pengertian Jembatan *Truss*

Salah satu jenis jembatan yang banyak digunakan adalah jembatan rangka baja. Jembatan rangka baja atau *truss bridge* adalah jenis jembatan yang struktur utamanya terdiri dari rangka batang yang disusun membentuk segitiga. Struktur ini bekerja dengan mendistribusikan beban ke seluruh rangkaian batang. Secara mekanika, batang-batang tersebut hanya menerima dua jenis gaya utama, yaitu gaya tarik dan tekan. Dengan membagi beban menjadi gaya tarik dan tekan yang sederhana, jembatan ini mampu menopang beban yang berat dengan penggunaan material yang jauh lebih efisien dibandingkan jembatan beton.

Secara umum, konstruksi rangka jembatan tersusun atas elemen-elemen utama, yaitu batang atas (*top chord*), batang bawah (*bottom chord*), batang diagonal, dan *cross girder*. Setiap elemen dirancang untuk memikul gaya aksial, baik berupa gaya tarik maupun gaya tekan. Keunggulan penggunaan jembatan rangka baja meliputi kekuatan yang tinggi, bobot struktur yang relatif ringan, serta kemampuan untuk menjangkau bentang yang panjang.

2.1.3 Kelebihan dan Kekurangan Jembatan Rangka Baja

Dalam konteks rekayasa sipil, penggunaan jembatan rangka baja menawarkan berbagai aspek yang perlu di evaluasi secara komprehensif, baik dari sisi keunggulan maupun kekurangan.

Penggunaan jembatan rangka baja memiliki beberapa kelebihan, antara lain:

1. Memiliki kekuatan tarik yang tinggi, sehingga mampu menahan beban struktural yang besar dengan efektif
2. Berat struktur relatif lebih ringan jika dibandingkan dengan struktur beton
3. Cocok digunakan untuk bentang menengah hingga panjang.
4. Proses pemasangan relatif cepat karena elemen struktur dapat diprefabrikasi.
5. Mudah diperbaiki atau diganti apabila terjadi kerusakan pada elemen tertentu.

Namun demikian, jembatan rangka baja juga memiliki beberapa kekurangan, antara lain:

1. Rentan terhadap korosi akibat paparan lingkungan, sehingga diperlukan perlindungan khusus seperti pengecatan anti korosi atau pelapisan galvanis.
2. Memerlukan perawatan secara berkala dan rutin untuk menjaga kondisi struktural tetap optimal.
3. Biaya pemeliharaan cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan jembatan beton.

2.1.4 Jenis-jenis Jembatan Rangka Baja

Ada beberapa tipe jembatan truss yang dibedakan berdasarkan pengaturan batang diagonal dan vertikalnya. Masing-masing desain memiliki cara unik dalam

mendistribusikan gaya tekan dan gaya tarik. Pemilihan tipe rangka biasanya disesuaikan dengan kondisi di lokasi, panjang bentang, serta efisiensi strukturnya.

1. *Warren Truss*

   Tipe ini menggunakan susunan rangka segitiga yang tidak dilengkapi dengan batang vertikal. Beban didistribusikan secara merata ke seluruh elemen diagonal. *Warren truss* sering diaplikasikan pada jembatan dengan rentang panjang berkat efisiensi material yang tinggi.

2. *Pratt Truss*

   Pratt truss merupakan salah satu jenis rangka yang paling sering digunakan pada jembatan rangka baja. Pada tipe ini, batang diagonal berfungsi sebagai elemen tarik, sedangkan batang vertikal berfungsi sebagai elemen tekan. Konfigurasi tersebut menghasilkan distribusi gaya yang lebih efisien, khususnya pada jembatan dengan bentang menengah.

3. *Howe Truss*

   Howe truss merupakan kebalikan dari *Pratt truss*. Pada tipe ini, batang diagonal berfungsi sebagai elemen tekan, sedangkan batang vertikal berfungsi sebagai elemen tarik. Tipe ini banyak diaplikasikan pada jembatan berbahan kayu pada masa awal perkembangan konstruksi jembatan.

4. *Parker Truss*

   Parker truss merupakan modifikasi dari *Pratt truss* yang ditandai dengan adanya lengkungan pada bagian atas rangkanya. Lengkungan tersebut dirancang untuk meningkatkan efisiensi struktural pada jembatan berbentang panjang.

2.2 Peraturan yang digunakan

Dalam perancangan struktur jembatan ini, diperlukan standar dan pedoman agar struktur yang dirancang memenuhi aspek keselamatan, kekuatan, dan kelayakan penggunaan. Adapun peraturan yang digunakan sebagai acuan dalam perancangan jembatan ini antara lain:

1. SNI 1725:2016 tentang Pembebanan Untuk Jembatan
2. SNI 1729:2020 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural
3. SNI 2833:2016 tentang Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa
4. RSNI T-03-2005 (Pedoman Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan)

5. Pedoman Perencanaan Teknik Jembatan (Bina Marga)
6. SNI 8460 :2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik

Dengan mengikuti peraturan/standar tersebut, diharapkan jembatan dapat memenuhi aspek keselamatan, kekuatan, dan keandalan struktur.

2.3 Data Perencanaan

Data perencanaan merupakan informasi dasar yang esensial pada tahap awal perancangan jembatan. Informasi ini berfungsi sebagai landasan dalam menetapkan dimensi serta kapasitas struktur jembatan. Adapun data perencanaan meliputi data geometrik, data material, data lalu lintas, serta data tanah.

1. Data Geometrik

   Data geometrik adalah data yang berkaitan dengan dimensi jembatan yang direncanakan. Data tersebut mencakup panjang jembatan, lebar jembatan, tinggi rangka, serta kemiringan jembatan. Penentuan dimensi geometrik ini umumnya disesuaikan dengan lokasi maupun kebutuhan lalu lintas yang akan melintasi jembatan.
2. Data Lalu Lintas

   Data lalu lintas dimanfaatkan untuk menentukan beban kendaraan yang akan membebani jembatan. Data tersebut mencakup volume kendaraan, jenis kendaraa, serta berat kendaraan yang melintas di jembatan. Data lalu lintas umumnya diperoleh melalui survei lalu lintas yang dilakukan di lokasi perencanaan jembatan.
3. Data Material

   Data material mencakup spesifikasi bahan yang akan digunakan dalam perencanaan struktur jembatan. Beberapa parameter material utama yang perlu diperhatikan meliputi kekuatan tarik baja, kekuatan luluh baja, modulus elastisitas, serta berat jenis material.
4. Data Tanah

   Data tanah dapat diperoleh dari hasil penyelidikan tanah seperti uji sondir atau uji bor tanah. Data ini digunakan untuk menentukan daya dukung tanah serta jenis pondasi yang sesuai untuk menopang struktur jembatan.

2.4 Pembebanan Jembatan

Saat merancang sebuah jembatan, struktur harus cukup kuat untuk menahan berbagai beban selama penggunaan. Di Indonesia, standar beban jembatan mengikuti SNI 1725:2016, yang menetapkan beban minimum dan faktor-faktor penting yang perlu diperhitungkan.

2.4.1 Berat Sendiri (MS)

Beban sendiri adalah berat bagian tersebut dan elemen-elemen struktural lain yang dipikulnya, termasuk dalam hal ini adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen nonstruktural yang dianggap tetap.

2.4.2 Beban Mati Tambahan/Utilitas (MA)

Beban mati tambahan dalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen nonstruktural, dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan. Beban mati tambahan pada perancangan ini adalah beban aspal, beban trotoar, beban handrail dan beban genangan air hujan.

2.4.3 Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas untuk perencanaan jembatan terdiri atas beban lajur "D" dan beban truk "T"

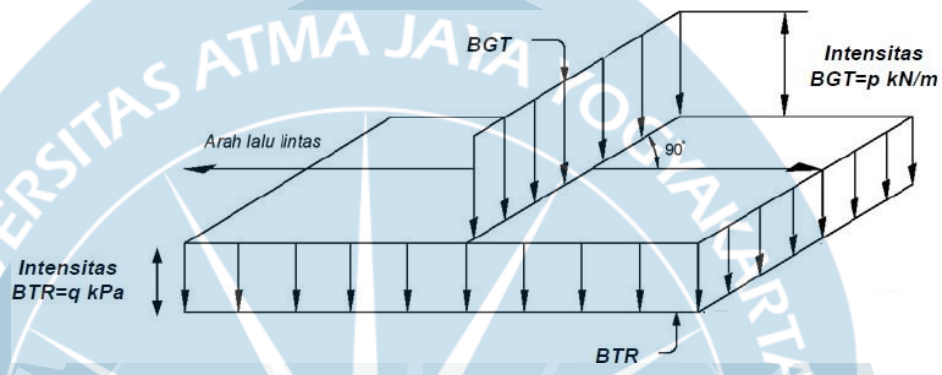
a. Beban lajur "D"

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 jalur kendaraan itu sendiri.

Tabel 2. 1 Faktor beban untuk beban lajur "D"

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

Beban lajur “D” terbagi menjadi 2 bagian yaitu BGT dan BTR. 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 identik harus ditempatkan pada posisi dalam arah melintang jembatan pada bentang lainnya.



Gambar 2. 1 Beban lajur “D”

b. Beban truk “T”

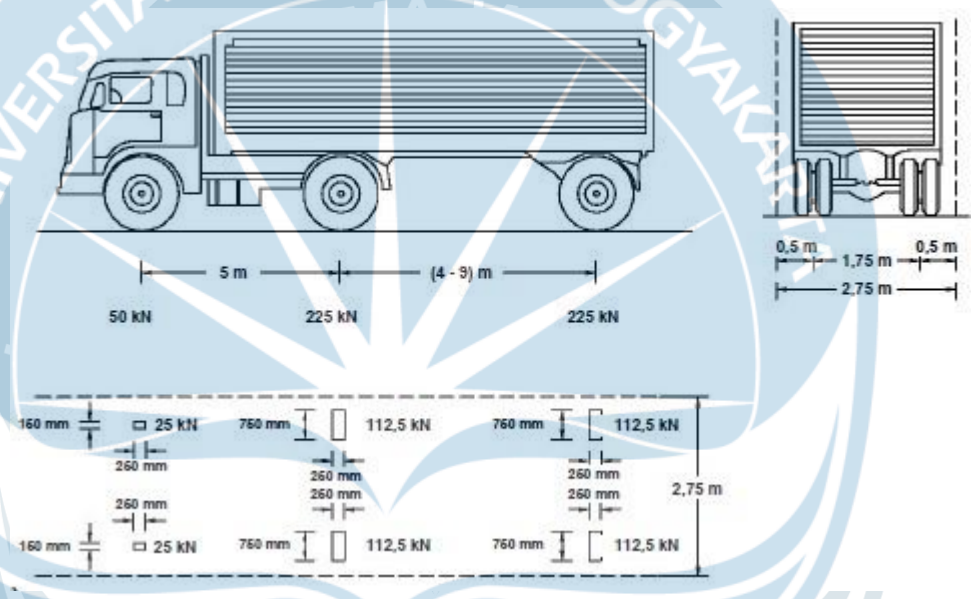
Beban truk “T” adalah satu kendaraan berat dengan 3 gandar yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam jalur lalu lintas rencana. Tiap gandar terdiri atas dua bidang kontak pembebanan yang dimaksud sebagai simulasi pengaruh roda kendaraan berat. Hanya satu truk “T” diterapkan per lajur lalu lintas rencana. Beban truk “T” tidak dapat digunakan bersamaan dengan beban “D”. Beban truk dapat digunakan untuk perhitungan struktur lantai.

Tabel 2. 2 Faktor beban untuk beban “T”

Tipe beban	Jembatan	Faktor beban	
		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

Pembebanan truk “T” terdiri atas kendaraan truk semi-trailer yang mempunyai susunan dan berat gandar seperti terlihat dalam gambar

2.2. 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 m sampai dengan 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan.



Gambar 2. 2 Pembebanan truk “T” (500 kN)

2.4.4 Gaya Rem (TB)

Gaya rem pada jembatan adalah gaya horizontal yang timbul akibat kendaraan melakukan pengereman di atas jembatan. Gaya rem harus diambil yang terbesar dari :

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

2.4.5 Beban pejalan kaki (TP)

Semua komponen trotoar yang lebih lebar 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.

2.4.6 Temperatur merata (EUn)

Beban temperatur adalah gaya dan deformasi yang muncul akibat perubahan suhu pada baja jembatan. Deformasi akibat perubahan temperatur yang merata dapat dihitung dengan menggunakan prosedur seperti yang dijelaskan pada pasal 9 SNI 1725:2016. Rentang temperatur harus seperti yang ditentukan dalam tabel 2.3. Perbedaan antara temperatur minimum atau temperatur maksimum dengan temperatur normal yang diasumsikan dalam perencanaan harus digunakan untuk menghitung pengaruh akibat deformasi yang terjadi akibat perubahan suhu tersebut.

Tabel 2. 3 Temperatur jembatan rata-rata nominal

Tipe bangunan atas	Temperatur jembatan rata-rata minimum (1)	Temperatur jembatan rata-rata maksimum
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	45 °C
CATATAN (1) Temperatur jembatan rata-rata minimum bias dikurangi 5°C untuk lokasi yang terletak pada ketinggian lebih besar dari 500 m diatas permukaan laut.		

2.4.7 Beban Angin

Beban angin harus diasumsikan terdistribusi secara merata pada permukaan yang terekspos oleh angin. Luas area yang diperhitungkan adalah luas area dari semua komponen, termasuk sistem lantai dan *railing* yang diambil tegak lurus terhadap arah 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:

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

2.4.8 Kombinasi Pembebanan

a. Kuat 1

Kombinasi pembebanan yang menghitung 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.

b. Kuat 2

Kombinasi pembebanan yang berkaitan dengan penggunaan jembatan untuk memikul beban kendaraan khusus yang ditentukan pemilik tanpa memperhitungkan beban angin.

c. Kuat 3

Kombinasi pembebanan dengan jembatan dikenai beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam.

d. Kuat 4

Kombinasi pembebanan untuk memperhitungkan kemungkinan adanya rasio beban mati dengan beban hidup yang besar.

e. Kuat 5

Kombinasi pembebanan berkaitan dengan operasional normal jembatan dengan memperhitungkan beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam.

f. Ekstrem 1

Kombinasi pembebanan gempa. Faktor beban hidup yang mempertimbangkan bekerjanya beban hidup pada saat gempa berlangsung harus ditentukan berdasarkan kepentingan jembatan.

g. Layan 1

Kombinasi pembebanan berkaitan dengan operasional jembatan dengan semua beban mempunyai nilai nominal serta memperhitungkan adanya beban angin berkecepatan 990 km/jam hingga 126 km/jam. Kombinasi ini juga digunakan untuk mengontrol lendutan pada gorong-

gorong aja, pelat pelapis terowongan, pipa termoplastik serta untuk mengontrol lebar letak struktur beton bertulang; dan juga untuk menganalisis tegangan tarik pada penampang melintang jembatan beton segmental. Kombinasi pembebanan ini juga harus digunakan untuk investigasi stabilitas lereng.

h. Layan 2

Kombinasi pembebanan yang ditujukkan untuk mencegah terjadinya pelelehan pada struktur aja dan selip pada sambungan akibat beban kendaraan.

i. Fatik

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

Tabel 2. 4 Kombinasi Beban dan Faktor Beban

Keadaan Batas	*MS MA TA PR PL SH*	*TT TD TB TR TP*	*EU*	*EWs*	*EWL*	*BF*	*EUn*	*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 1726:2016 Tabel 1 kombinasi beban dan faktor beban