

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu merupakan salah satu bahan referensi bagi penulis dalam melakukan penelitian sehingga dapat menambah wawasan yang digunakan dalam mengkaji penelitian. Berikut merupakan penelitian yang terkait dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis

Jembatan adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk mempermudah akses menyebrangi sungai ataupun rintangan lainnya. Menurut Yourdi Wicaksono Karto (2019) Secara umum jembatan jembatan rangka baja lebih menguntungkan dari pada jembatan lainnya, karena batang-batang utama Rangka Baja memikul gaya aksial tekan atau gaya aksial tarik, konstruksi jembatan jauh lebih ringan, bentang jembatan jauh lebih panjang, pelaksanaan dilapangan jauh lebih mudah. Dengan tinggi rangka sedemikian rupa, kekakuan potongan melintang jembatan rangka lebih besar. Bagian-bagian utama rangka batang dibuat dari komponen-komponen yang tidak terlalu besar maka pengangkutannya ke lokasi jembatan menjadi lebih mudah. Struktur bangunan atas Jembatan Rangka Baja terdiri atas beberapa bagian batang utama pembentuk rangka yaitu batang gelagar induk, batang gelagar melintang, batang gelagar memanjang, batang-batang ikatan angin atas, batanganbatang ikatan angin bawah, ikatan-ikatan pengaku dan sistem lantai kendaraan yang membentuk suatu konstruksi yang kaku sehingga membentuk jalur lalu lintas yang aman dan nyaman.

Penulis menggunakan penelitian ilmiah dari Rial Hadi Rahmawan (2020) dengan judul “Studi Perencanaan Jembatan Menggunakan Stuktur Rangka Baja di Desa Ipi Kabupaten Morowali Sulawesi Tengah”. Dalam studi yang dilakukan, didapatkan tambahan tinjauan pustaka untuk dasar studi kelayakan jembatan yaitu dengan menggunakan RSNI T-03-2005 tentang Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan, SNI 1725 : 2016 tentang Pembebanan untuk Jembatan, SNI 2833 : 2016 tentang Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa, serta RSNI T 12-2004 tentang Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan.

Kemudian untuk menambah pengetahuan tentang struktur atas jembatan, penulis melakukan studi literasi menggunakan penelitian oleh Ira Rahayu Kusmawati (2019) dengan judul “Perencanaan Ulang Jembatan Sembayat

Baru II di Kabupaten Gresik Menggunakan Sistem Jembatan Busur Rangka Baja dengan Tipe *Through-Arch Bridge*”, sehingga didapatkan perencanaan konstruksi rangka busur baja dengan bentang 144 m, lebar 11 m dengan tinggi 25 m. Mutu baja profil BJ 55 ($f_y = 410$ Mpa dan $F_u = 550$ MPa). Mutu beton yang digunakan yaitu f'_c 35 MPa. Lantai kendaraan berupa pelat beton dengan tebal 200 mm, dimensi gelagar memanjang menggunakan WF 450 x 200 x 8 x 12, gelagar melintang WF 1000 x 450 x 30 x 50. Struktur sekunder berupa ikatan angin pada batang diagonal dan batang vertikal yaitu menggunakan WF 350 x 350 x 14 x 22. Penampang tersebut mampu menahan beban permanen, beban lalu lintas, dan beban aksi lingkungan.

Penulis juga melakukan studi tentang struktur atas jembatan oleh Mega Khoirul Amri dan Arjun Arief W (2017) dengan judul “Perencanaan Ulang Jembatan Sengkaring Sta 68+125 Dengan Struktur Girder Beton Bertulang Sepanjang 45 M Di Kecamatan Bantur Kabupaten Malang” untuk menambah pengetahuan bagaimana merancang pembebanan menggunakan R-SNI T-02-2004, struktur bangunan atas sekunder dan pelat lantai kendaraan menggunakan R-SNI T-12- 2004.

2.2 Dasar Teori

Jembatan adalah suatu bangunan yang memungkinkan suatu jalan menyilang sungai/saluran air, lembah atau menyilang jalan lain yang tidak sama tinggi permukaannya. Dalam perencanaan dan perancangan jembatan sebaiknya mempertimbangkan fungsi kebutuhan transportasi, persyaratan teknis dan estetika-arsitektual yang meliputi: aspek lalu lintas, aspek teknis, aspek estetika (Supriyadi dan Muntohar, 2007).

Sementara menurut (Asiyanto, 2008) jembatan rangka baja adalah struktur jembatan yang terdiri dari rangkaian batang-batang baja yang dihubungkan satu dengan yang lain. Beban atau muatan yang dipikul oleh struktur ini akan diuraikan dan disalurkan kepada batang-batang baja struktur tersebut, sebagai tekan dan tarik, melalui titik-titik pertemuan batang (titik buhul). Garis netral tiap-tiap batang yang bertemu pada titik buhul harus saling berpotongan pada satu titik saja, untuk menghindari timbulnya momen sekunder.

Jembatan terdiri dari enam bagian pokok, yaitu (Agus Iqbal, 1995):

1. Bangunan atas jembatan adalah bagian struktur jembatan yang berada pada bagian atas jembatan dengan fungsinya untuk menampung beban-beban yang ditimbulkan oleh lalu lintas orang dan kendaraan dan yang lain dan kemudian menyalurkannya ke bangunan bawah.

2. Landasan adalah suatu bagian ujung dari suatu bangunan atas jembatan yang berfungsi menyalurkan gaya-gaya reaksi dari bangunan atas ke bangunan bawah.
3. Bangunan bawah jembatan adalah bangunan struktur jembatan yang berada di bawah struktur atas jembatan yang berfungsi untuk menerima/memikul beban-beban yang diberikan bangunan atas kemudian menyalurkannya ke pondasi.
4. Pondasi adalah bagian struktur jembatan yang berfungsi untuk menerima beban-beban dari bangunan bawah kemudian menyalurkannya ke tanah.
5. Oprit adalah timbunan tanah dibelakang abutment, timbunan tanah ini harus dibuat sepadat mungkin untuk menghindari terjadinya *settlement*.
6. Bangunan pengaman jembatan adalah bagian struktur jembatan yang berfungsi untuk pengamanan terhadap pengaruh sungai yang bersangkutan baik secara langsung maupun tidak langsung.

Pada umumnya jembatan dapat diklasifikasikan, yaitu (Agus Iqbal M, 1995):

1. Klasifikasi menurut kegunaannya:
 - a. Jembatan Jalan Raya
 - b. Jembatan Kereta Api
 - c. Jembatan Jalan Air
 - d. Jembatan Jalan Pipa
 - e. Jembatan Militer
 - f. Jembatan Penyeberangan
2. Klasifikasi menurut jenis material:
 - a. Jembatan Kayu
 - b. Jembatan Rangka Baja
 - c. Jembatan Beton Bertulang
 - d. Jembatan Beton Pratekan
3. Klasifikasi menurut letak lantai jembatan:
 - a. Jembatan Lantai Kendaraan Di Bawah (LLB)
 - b. Jembatan Lantai Kendaraan Di Atas (LLA)
 - c. Jembatan Lantai Kendaraan Di Tengah
 - d. Jembatan Lantai Kendaraan Di Atas Dan Di Bawah (*Double Deck Bridge*)
4. Klasifikasi menurut bentuk struktur secara umum:
 - a. Jembatan Gelagar (*Girder Bridge*)
 - b. Jembatan Pelengkung/Busur (*Arch Bridge*)
 - c. Jembatan Rangka (*Truss Bridge*)

- d. Jembatan Portal (*Rigid Frame Bridge*)
 - e. Jembatan Gantung (*Suspension Bridge*)
 - f. Jembatan *Cable-Stayed* (*Cable-Stayed Bridge*)
 - 5. Klasifikasi menurut bidang yang dipotong:
 - a. Jembatan Tegak Lurus
 - b. Jembatan Lurus (*Straight Bridge*)
 - c. Jembatan Lengkung (*Curved Bridge*)
 - 6. Klasifikasi menurut lokasi:
 - a. Jembatan Biasa
 - b. Jembatan *Viaduct*
 - c. Jembatan *Layang* (*Overbridge/Roadway Crossing*)
 - d. Jembatan Kereta Api
 - 7. Klasifikasi menurut keawetan umur:
 - a. Jembatan Sementara
 - b. Jembatan Permanen
 - 8. Klasifikasi menurut tingkat kemampuan/derajat gerak:
 - a. Jembatan Atap
 - b. Jembatan Dapat Digerakan
- Pada pembangunan jembatan Sungai Ihi menggunakan konstruksi jembatan rangka baja disesuaikan dengan kontur dan kebutuhan.

2.2.1 Bagian-Bagian Konstruksi Jembatan Rangka Baja

Secara umum konstruksi jembatan rangka baja memiliki dua bagian, yaitu: bangunan atas (*upper structure*) dan bangunan bawah (*sub structure*). Bangunan atas adalah konstruksi yang berhubungan langsung dengan beban-beban lalu lintas yang bekerja. Sedangkan bangunan bawah adalah konstruksi yang menerima beban-beban dari bangunan atas dan meneruskannya kelapisan pendukung (tanah keras) dibawahnya.

1. Bangunan atas (*upper structure*)

Struktur atas jembatan adalah bagian dari struktur jembatan yang secara langsung menahan beban lalu lintas untuk selanjutnya disalurkan ke bangunan bawah jembatan. Menurut Siswanto (1993) struktur atas jembatan adalah bagian-bagian jembatan yang memindahkan beban-beban lantai jembatan kearah perletakan. Bagian-bagian struktur bangunan atas tersebut terdiri dari:

 - a. Rangka jembatan

Rangka jembatan terbuat dari baja profil I, sehingga lebih baik dalam menerima beban-beban yang bekerja secara lateral (beban yang bekerja tegak lurus terhadap sumbu batang).

b. Sandaran

Sandaran merupakan pembatas lebar dari suatu jembatan agar membuat rasa aman bagi orang yang melewatinya, pada jembatan rangka bajau umumnya sandaran dibuat dari pipa galvanis atau semacamnya.

c. Trotoar

Merupakan tempat pejalan kaki yang terbuat dari beton, bentuknya lebih tinggi dari lantai kendaraan atau permukaan aspal. Lebar trotoar minimal cukup untuk dua orang berpapasan dan biasanya berkisar antara 0,5 – 1,5 meter dan dipasang pada bagian kanan serta kiri jembatan.

d. Lantai kendaraan

Lantai kendaraan adalah lintasan utama yang dilalui kendaraan. Lebar jalur kendaraan yang diperkirakan cukup untuk berpapasan dua buah kendaraan.

e. Gelagar melintang

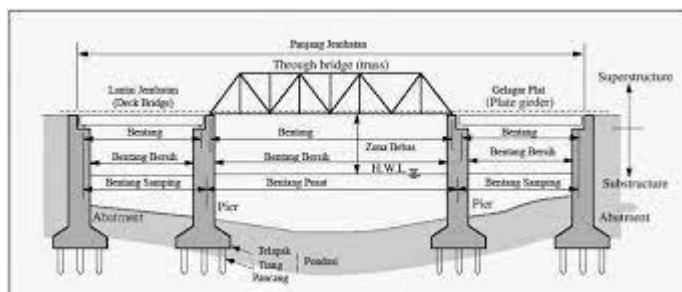
Gelagar berfungsi menerima beban lantai kendaraan, trotoar dan beban lainnya dan menyalurkannya ke rangka utama

f. Ikatan angin

Ikatan angin berfungsi untuk menahan atau melawan gaya yang diakibatkan oleh angin, baik pada bagian atas maupun bawah jembatan.

g. Landasan/perletakan

Landasan/perletakan dibuat untuk menerima gaya-gaya dari konstruksi bangunan atas baik secara horizontal, vertikal maupun lateral dan menyalurkan ke bangunan di bawahnya. Selain itu, berfungsi juga untuk mengatasi perubahan panjang yang diakibatkan perubahan suhu. Terdapat 3 macam perletakan, yaitu: sendi, rol dan elastomer.



Gambar 2.1 Struktur Jembatan
(Sumber: *Chen dan Duan, 2000*)

2. Bangunan bawah (*sub structure*)

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (Modul Pengantar dan Prinsip-Prinsip Perencanaan Bangunan Bawah/Pondasi Jembatan, 1988), fungsi utama bangunan bawah adalah memikul beban-beban pada bangunan atas dan pada bangunan bawahnya sendiri untuk disalurkan ke pondasi, selanjutnya beban-beban tersebut oleh pondasi disalurkan ke tanah.

Bangunan ini terletak pada bagian bawah konstruksi yang fungsinya untuk memikul beban-beban yang diberikan bangunan atas. Kemudian disalurkan ke pondasi untuk diteruskan ke tanah keras di bawahnya. Bangunan bawah secara umum terdiri atas:

a. Abutment

Abutment adalah salah satu bagian konstruksi jembatan yang terdapat pada ujung-ujung jembatan yang berfungsi sebagai pendukung bagi bangunan di atasnya dan sebagai penahan tanah timbunan oprit. Jenis abutment ini dapat dibuat dari bahan seperti batu atau beton bertulang.

b. Pelat injak

Pelat injak berfungsi untuk menahan hentakan pertama roda kendaraan ketika akan memasuki pangkal jembatan.

c. Oprit

Oprit berfungsi sebagai penghubung dari jalan menuju ke jembatan, terletak di belakang abutment, sehingga penimbunan harus dilakukan sepadat mungkin.

d. Pondasi

Pondasi berfungsi sebagai pemikul beban di atas dan meneruskannya ke lapisan tanah pendukung tanpa mengalami konsolidasi atau penurunan yang berlebihan. Adapun hal yang diperlukan dalam perencanaan pondasi adalah sebagai berikut:

- 1) Daya dukung tanah terhadap konstruksi.
- 2) Beban-beban yang bekerja pada tanah baik secara langsung maupun yang tidak langsung.
- 3) Keadaan lingkungan seperti banjir, longsor dan lainnya.

Secara umum pondasi yang sering digunakan pada jembatan ada 3 yaitu:

- 1) Pondasi sumuran
- 2) Pondasi tiang pancang
- 3) Pondasi borpile

2.2.2 Standar Peraturan Perencanaan Jembatan yang Digunakan

Perencanaan jembatan ini mengacu kepada standar peraturan yang telah ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, antara lain:

1. SNI 1729 : 2020 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural yang mengacu pada menggunakan RSNI T-03-2005 tentang Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan,
2. SNI 1725 : 2016 tentang Pembebanan untuk Jembatan,
3. SNI 2847 : 2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan yang mengacu pada RSNI T 12-2004 tentang Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan.

2.2.3 Dasar-Dasar Perencanaan Pembebanan Jembatan Rangka Baja

Pembebanan berdasarkan peraturan yang dikeluarkan Dirjen Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, yaitu SNI 1725 : 2016 tentang Pembebanan untuk Jembatan. Standar ini merupakan ketentuan pembebanan dan aksi-aksi lainnya yang akan digunakan dalam perencanaan jembatan jalan raya termasuk jembatan pejalan kaki dan bangunan-bangunan sekunder yang terkait dengan jembatan. Beban-beban dan aksi-aksi metode penerapannya dapat di kombinasi dengan kondisi tertentu, dengan seizing pejabat yang berwenang.

Butir-butir tersebut diatas harus digunakan untuk perencanaan seluruh jembatan termasuk jembatan dengan bentang yang panjang, dengan bentang utama lebih dari 200 meter.

1. Umum
 - a. Masa dari setiap bagian bangunan harus dihitung berdasarkan dimensi yang tertera dalam gambar dan kerapatan masa rata-rata dari bahan yang digunakan.
 - b. Berat dari bagian-bagian bangunan tersebut adalah masa dikalikan dengan percepatan gravitas (g). percepatan gravitasi yang digunakan dalam standar ini adalah 9,8 m/dt².
 - c. Pengambilan kerapatan masa yang besar mungkin aman untuk suatu keadaan batas, akan tetapi tidak untuk keadaan yang lainnya. Untuk mengatasi masalah tersebut dapat digunakan factor beban berkurang. Akan tetapi apabila kerapatan massa diambil dari suatu jajaran harga, dan harga yang sebenarnya tidak dapat ditentukan dengan tepat, maka perencanaan harus memilih harga tersebut untuk memperoleh keadaan

yang paling kritis. Faktor beban yang digunakan sesuai dengan yang tercantum dalam standar ini tidak dapat diubah.

- d. Beban mati jembatan terdiri dari berat masing-masing bagian struktur dan elemen-elemen non struktural. Masing-masing berat elemen ini harus dianggap sebagai aksi yang terintegrasi pada waktu menerapkan faktor beban biasa yang berkurang. Perencanaan jembatan harus menggunakan kebijaksanaannya didalam menentukan elemen-elemen tersebut.
- e. Tipe aksi, dalam hal tertentu aksi bisa meningkatkan respon total jembatan (mengurangi keamanan) pada salah satu bagian jembatan, tetapi mengurangi respon total (menambah keamanan) pada bagian lainnya.
 - 1) Tidak dapat dipisah-pisah, artinya aksi tidak dapat dipisah kedalam salah satu bagian yang mengurangi keamanan dan bagian lain yang menambah keamanan.
 - 2) Tersebar dimana bagian aksi yang mengurangi keamanan dapat diambil berbeda dengan bagian aksi yang menambah keamanan.

2. Beban sendiri

Beban mati jembatan terdiri dari masing-masing bagian struktural dan elemen-elemen non struktural. Masing-masing berat elemen ini harus dianggap sebagai aksi yang terintegrasi pada waktu menerapkan faktor beban biasa dan yang berkurang. Perencana jembatan harus menggunakan kebijaksanaannya di dalam menentukan elemen-elemen tersebut.

Tabel 2.1 Faktor Beban Untuk Berat Sendiri

Jangka Waktu	Faktor Beban		
	KS;MS	KU;MS	
		Biasa	Terkurangi
Tetap	Baja, Aluminium 1	1,1	0,9
	Beton Pracetak 1	1,2	0,85
	Beton dicor ditempat 1	1,3	0,75
	Kayu 1	1,4	0,7

(Sumber: Standar Pembebanan untuk Jembatan SNI 1725 : 2016 Pasal 7.2)

Berat sendiri dari bangunan adalah berat dari 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 non struktural yang dianggap tetap. Beban mati jembatan terdiri dari berat masing-masing bagian berat elemen-elemen non struktural.

Masing-masing berat elemen ini harus dianggap sebagai aksi yang terintegrasi pada waktu menerapkan faktor beban biasa yang berkurang. Perencanaan jembatan harus menggunakan kebijaksanaannya didalam menentukan elemen-elemen tersebut (Standar Pembebanan untuk Jembatan SNI 1725 : 2016).

Tabel 2.2 Berat Isi untuk Beban Mati (KN/m^3)

No.	Bahan	Berat/Satuan Isi	Kerapatan Masa
		(KN/m^3)	(KN/m^3)
1	Campuran aluminium	26,7	2.720
2	Lapisan permukaan beraspal	22	2.240
3	Besi tuang	71	7.200
4	Timbunan tanah dipadatkan	17,2	1.760
5	Kerikil dipadatkan	18,8 – 22,7	1.920 – 2.320
6	Aspal beton	22	2.240
7	Beton ringan	12,25 – 19,6	1.250 – 2.000
8	Beton	22 – 25	2.240 – 2.560
9	Beton prategang	25 – 26	2.560 – 2.640
10	Beton bertulang	23 – 25,5	2.400 – 2.600
11	Timbal	111	11.400
12	Lempung lepas	12,5	1.280
13	Batu pasangan	23,5	2.400
14	Neoprin	11,3	1.150
15	Pasir kering	15,7 – 17,2	1.600 – 1.760
16	Pasir basah	18 – 18,8	1.840 – 1.920
17	Lumpur lunak	17,2	1.760
18	Baja	77	7.850
19	Kayu (ringan)	7,8	800
20	Kayu (keras)	11	1.120
21	Air murni	9,8	1.000
22	Air garam	10	1.025
23	Besi tempa	75,5	7.680

(Sumber: Standar Pembebanan untuk Jembatan RSNI T – 02 – 2005)

3. Beban mati tambahan/utilitas

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

Tabel 2.3 Faktor Beban Untuk Beban Mati Tambahan

Jangka Waktu	Faktor Beban		
	KS;MS	KU;MS	
		Biasa	Terkurangi
Tetap	Keadaan Umum 1,0 (1)	2	0,7

Tabel 2.3 Faktor Beban Untuk Beban Mati Tambahan (Lanjutan)

Jangka Waktu	Faktor Beban		
	KS;MS	KU;MS	
		Biasa	Terkurangi
	Keadaan Khusus 1,0	1,4	0,8

Catatan:

(1) Faktor beban daya layan 1,3 digunakan untuk berat utilitas

(Sumber: *Standar Pembebanan untuk Jembatan SNI 1725 : 2016 Pasal 7.3*)

a. Pengertian dan persyaratan

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non-struktural, dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan. Dalam hal tertentu harga K_{MA} yang telah berkurang boleh digunakan dengan persetujuan instansi yang berwenang.

b. Ketebalan yang diizinkan untuk pelapisan kembali permukaan

Kecuali ditentukan lain oleh instansi yang berwenang, semua jembatan harus direncanakan untuk bisa memikul beban tambahan yang berupa aspal beton setebal 50 mm untuk pelapisan kembali dikemudian hari. Lapisan ini harus ditambahkan pada lapisan permukaan yang tercantum dalam gambar. Pelapisan kembali yang diizinkan adalah merupakan beban nominal yang dikaitkan dengan faktor beban untuk mendapatkan beban rencana.

c. Sarana lain di jembatan

Pengaruh dari alat pelengkap dan sarana umum yang ditempatkan pada jembatan harus dihitung setepat mungkin. Berat dari pipa untuk saluran air bersih, saluran air kotor, dan lain-lainnya harus ditinjau pada keadaan kosong dan penuh sehingga kondisi yang paling membahayakan dapat diperhitungkan.

4. Beban lajur “D” (TD)

Beban lajur “D” terdiri atas beban terbagi rata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT). Faktor beban yang digunakan untuk beban lajur “D” adalah sebagai berikut:

Tabel 2.4 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: Standar Pembebanan untuk Jembatan SNI 1725 : 2016 Pasal 8.3)

a. Beban terbagi rata (BTR)

Mempunyai intensitas q kPa, dimana besarnya q tergantung pada panjang total yang dibebani L seperti berikut:

$$L \leq 30m : q = 9,0 \text{ kPa}$$

$$L > 30m : q = 9,0 \left[0,5 + \frac{15}{L} \right] \text{ kPa}$$

Dengan pengertian:

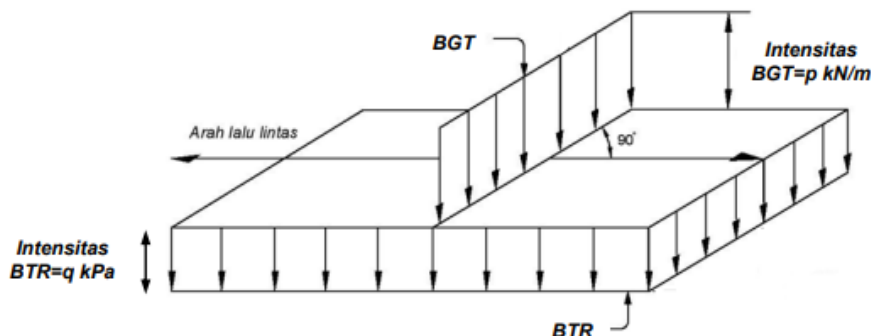
q = intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan

L = panjang total jembatan yang dibebani (meter)

BTR memungkinkan harus dipecah menjadi panjang-panjang tertentu untuk mendapatkan pengaruh maksimum pada jembatan menerus atau bangunan khusus.

b. Beban Garis Terpusat (BGT)

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 identic harus ditempatkan pada posisi dalam arah melintang, jembatan pada bentang lainnya.



Gambar 2.2 Beban Lajur “D”

5. Beban truk “T”

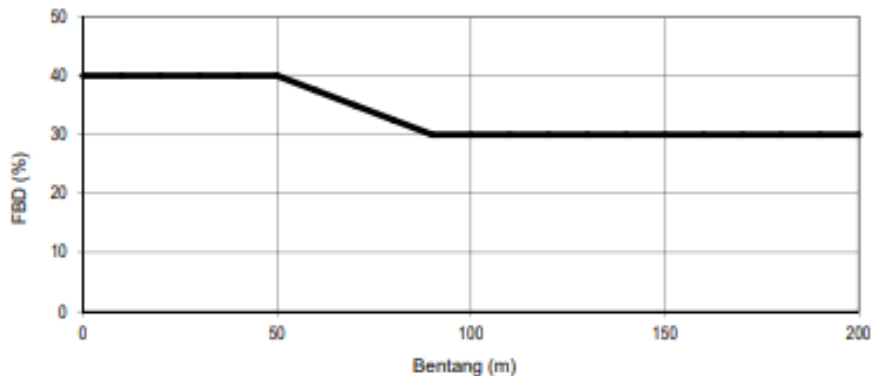
Pembebanan truk “T” terdiri dari kendaraan truk semi-trailer yang mempunyai susunan dan berat as seperti terlihat dalam. Dimana berat dari masing-masing as disebarkan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 as tersebut bisa diubah-ubah antara 4,0 m sampai 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan.

Tabel 2.5 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: *Standar Pembebanan untuk Jembatan SNI 1725 : 2016 Pasal 8.4*)

Terlepas dari panjang jembatan atau susunan batang, hanya ada satu kendaraan truk “T” yang bisa ditempatkan ditengah-tengah lajur lalu lintas rencana sementara jumlah maksimum lajur lalu lintas dapat dilihat dalam pasal 8.4 SNI 1725 ; 2016. Akan tetapi jumlah lebih kecil bisa digunakan dalam perencanaan apabila menghasilkan pengaruh lebih besar. Hanya jumlah lajur lalu lintas rencana bisa ditempatkan dimana saja pada lajur jembatan. Untuk pembebanan truk “T”, FBD diambil 30%. Harga FBD yang dihitung digunakan pada seluruh bagian bangunan yang berada diatas permukaan tanah. Untuk bagian bangunan bawah dan pondasi yang berada dibawah garis permukaan, harga FBD harus diambil sebagai peralihan linier dari harga pada garis permukaan tanah sampai nol pada kedalaman 2 m. Untuk bangunan yang terkubur, seperti halnya gorong-gorong dan struktur baja tanah. Harga FBD jangan diambil kurang dari 10% untuk kedalaman 2m. Untuk kedalaman antara bisa diinterpolasi linier. Harga FBD yang digunakan untuk kedalaman yang dipilih harus ditetapkan untuk bangunan seutuhnya.



Gambar 2.3 Faktor Beban Dinamis untuk Beban T

(Sumber: *Standar Pembebanan untuk Jembatan SNI 1725 : 2016 Pasal 8.6*)

6. Beban pejalan kaki

Berdasarkan SNI 1725 : 2016 Pasal 8.9 semua elemen dari trotoar atau jembatan penyeberangan langsung memikul pejalan kaki harus direncanakan untuk beban nominal 5 kPa. Jembatan pejalan kaki dan trotoar pada jembatan jalan raya harus direncanakan untuk memikul beban per m³ dari luas yang harus dibebani.

Luas yang dibebani adalah luas yang terkait dengan elemen bangunan yang ditinjau. Untuk jembatan, pembebanan lalu lintas dan pejalan kaki bersamaan pada keadaan batas ultimit. Apabila trotoar memungkinkan digunakan untuk kendaraan ringan atau ternak, maka trotoar harus direncanakan untuk bisa memikul beban hidup terpusat sebesar 20 KN.

7. Gaya akibat deformasi

Berdasarkan SNI 1725:2016 Pasal 9.3 gaya dalam yang terjadi karena deformasi akibat rangkai dan susut harus diperhitungkan dalam perencanaan. Besaran rentang simpang akibat beban temperatur (Δ_T) harus diperhitungkan dengan persamaan:

$$\Delta_T = \alpha L (T_{\max \text{ design}} - T_{\min \text{ design}})$$

Dimana:

- L : panjang komponen jembatan (mm)
 α : koefisien muai temperatur (mm/°C)

Nilai T ditentukan berdasarkan tabel berikut:

Tabel 2.6 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	40 °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.		

(Sumber: *Standar Pembebanan untuk Jembatan SNI 1725 : 2016 Pasal 9.3.1.1*)

Tabel 2.7 Sifat Bahan Rata-Rata Akibat Pengaruh Temperatur

Bahan	Koefisien perpanjangan akibat suhu (α)	Modulus elastisitas (MPa)
Baja	12×10^{-6} per °C	200.000
Beton:		
Kuat tekan < 30 MPa	10×10^{-6} per °C	$4700\sqrt{f'c'}$
Kuat tekan > 30 MPa	11×10^{-6} per °C	$4700\sqrt{f'c'}$

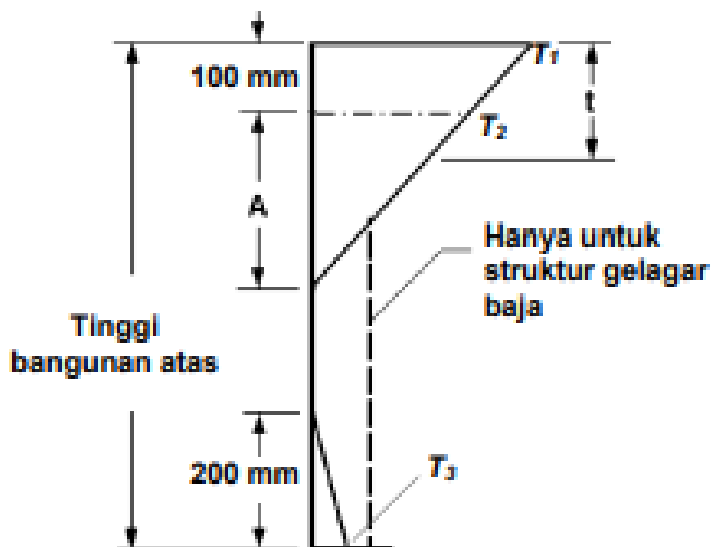
(Sumber: *Standar Pembebanan untuk Jembatan SNI 1725 : 2016 Pasal 9.3.1.1*)

Variasi temperatur (EG) di dalam bangunan atas jembatan memiliki gradient temperatur nominal arah vertikal untuk bangunan atas beton dan baja. Parameter yang digunakan mencakup T_1 , T_2 , dan T_3 pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.8 Parameter T_1 dan T_2

Lokasi jembatan	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_3 (°C)
< 500 m di atas permukaan laut	12	8	$0 \leq T_3 < 5$
> 500 m diatas permukaan laut	17	11	

(Sumber: *Standar Pembebanan untuk Jembatan SNI 1725 : 2016 Pasal 9.3.1.1*)



Gambar 2.4 Gradien Temperatur Vertikal Pada Bangunan Atas Beton dan Baja
(Sumber: *Standar Pembebanan untuk Jembatan SNI 1725 : 2016 Pasal 9.3.1.1*)

8. Kombinasi pembebanan

Berdasarkan SNI 1725:2016 pasal 6.1, keadaan batas yang harus dipenuhi komponen dan sambungan pada jembatan adalah sebagai berikut:

- Kuat I : Kombinasi pembebanan yang memperhitungkan gaya-haya 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 gorong-gorong 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 pelelehan 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 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 2.9 Kombinasi Beban dan Faktor Beban

Keadaan Batas	MS MA TA PR PL SH	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 Iayan I	1,00	1,00	1,00	0,30	1,00	1,00	1,00/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Daya Iayan II	1,00	1,30	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	-	-	-	-	-
Daya Iayan III	1,00	0,80	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Daya Iayan 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 $\gamma_{MS}, \gamma_{MA}, \gamma_{TA}, \gamma_{PR}, \gamma_{PL}, \gamma_{SH}$ tergantung beban yang ditinjau
- γ_{EQ} adalah faktor beban hidup kondisi gempa

Gambar 2.5 Kombinasi Pembebanan Jembatan

(Sumber : Standar Pembebanan untuk Jembatan SNI 1725 : 2016 Pasal 6.1)

Dimana kelompok pembebanan dan symbol untuk beban adalah sebagai berikut:

Beban permanen

MS = Beban mati komponen strukturan dan non structural 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

PG = Prategang

Beban transien

SH = Gaya akibat susut/rangrak

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”
TP	=	Beban pejalan kaki
SE	=	Beban akibat penurunan
ET	=	Gaya akibat temperatur gradient
EU _n	=	Gaya akibat temperatur seragam
EF	=	Gaya apung
EW _s	=	Beban angin pada struktur
EW _L	=	Beban angin pada kendaraan
EU	=	Beban arus dan hanyutan

2.2.4 Metode Perhitungan Struktur Atas Jembatan Rangka Baja

1. Sandaran

Sandaran (*railing*) memiliki fungsi utama untuk memberikan keamanan bagi pengguna jalan jembatan. Berdasarkan SNI T-02-2005 Pasal 12.5, sandaran untuk pejalan kaki harus direncanakan untuk dua pembebanan rencana daya layan yaitu $w = 0,75 \text{ kN/m}$ dan bekerja pada ketinggian 100 cm dari lantai trotoar.

Perhitungan tinggi sandaran (h_s):

$$h_s = h_1 + h_2 + h_3 + (h_4 - h_5 - \left(\frac{1}{2}h_6\right)) \quad (2.1)$$

dimana

h_1 = tinggi sandaran dari trotoar

h_2 = tinggi trotoar

h_3 = tinggi pelat lantai kendaraan

h_4 = tinggi gelagar melintang

h_5 = tebal sayap gelagar melintang

h_6 = lebar profil rangka induk

Perhitungan panjang pipa sandaran:

$$L_s = \frac{\text{lebar} \times (\text{tinggi} - h_s)}{\text{tinggi}} \quad (2.2)$$

2. Pipa sandaran

Pipa sandaran, terbuat dari baja yang dipasang diantara tiang-tiang sandaran di pinggir sepanjang jembatan atau tepi lantai trotoar dan merupakan pembatas dari kedua sisi samping jembatan. Fungsi dari sandaran (*railing*) sendiri adalah untuk memberikan rasa aman bagi pengguna jalan serta menahan tumbukan horizontal. Berdasarkan SNI T-02-2005 Pasal 12.5, sandaran untuk pejalan kaki harus direncanakan untuk dua pembebanan

rencana daya layan yaitu $w = 0,75 \text{ kN/m}$ dan bekerja pada ketinggian 100 cm dari lantai trotoar.

a. Pembebanan

Beban pipa sandaran arah vertikal:

$$q_{\text{vertikal}} = W_{\text{sandaran}} + \text{Berat pipa} \quad (2.1)$$

Momen pipa sandaran arah vertikal:

$$M_{\text{vertikal}} = \frac{1}{12} \times q_{\text{vertikal}} \times (\text{jarak tiang sandaran})^2 \quad (2.2)$$

Beban pipa sandaran arah horizontal:

$$q_{\text{horizontal}} = W_{\text{sandaran}} = 0,75 \text{ kN/m} \quad (2.3)$$

Momen pipa sandaran arah horizontal:

$$M_{\text{horizontal}} = \frac{1}{12} \times q_{\text{horizontal}} \times (\text{jarak tiang sandaran})^2 \quad (2.4)$$

Momen resultan:

$$Mu = \sqrt{M_v^2 + M_h^2} \quad (2.5)$$

Beban geser:

$$D = \frac{1}{2} qL \quad (2.6)$$

b. Kuat lentur profil pipa sandaran

Kontrol terhadap kelangsingan:

$$\lambda < \lambda_p \quad (2.7)$$

Dimana:

$$\lambda = \frac{d_0}{t} \quad (2.8)$$

$$\lambda_p = \frac{14800}{f_y} \quad (2.9)$$

Kontrol kuat lentur:

$$\phi Mn < Mu \quad (2.10)$$

Dimana:

$$Mn = Zx \times Fy \quad (2.11)$$

c. Kontrol terhadap tegangan

$$\sigma < \sigma_{\text{ijin}} \quad (2.12)$$

Dimana:

$$\sigma_{\text{total}} = \frac{Mx}{W} + \frac{My}{W} \quad (2.13)$$

d. Kontrol terhadap geser:

$$\tau < \tau_{\text{ijin}} \quad (2.14)$$

Dimana:

$$\tau = \frac{\left(\left(\frac{1}{2} \times q_h \times 2 \right) \times W \right)}{I} \quad (2.15)$$

3. Tiang sandaran

Berdasarkan SNI T-02-2005 Pasal 12.5 disebutkan bahwa sandaran yang digunakan untuk pejalan kaki harus direncanakan untuk pembebanan rencana layan yaitu $W = 0,75 \text{ kN/m}$. Beban ini bekerja bersamaan dalam arah menyilang dan vertikal dalam masing-masing sandaran.

a. Momen lentur

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} \quad (2.16)$$

Dimana:

$$Mu = 1.6 \times M \quad (2.17)$$

$$M = P \times h \times L \quad (2.18)$$

b. Kontrol terhadap momen balok

$$\phi Mn > Mu \quad (2.19)$$

Dimana:

$$Mn = As \times Fy \times d - \frac{a}{2} \quad (2.20)$$

c. Kontrol tulangan geser:

$$\frac{1}{2} \phi Vn > Vu \quad (2.21)$$

Dimana:

$$Vn = \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c} \times b \times d \quad (2.22)$$

4. Trotoar

a. Pembebanan

Beban mati:

Beban mati pada trotoar terdiri dari beban pelat trotoar, berat pelat jembatan, dan berat air hujan.

Momen pada beban mati:

$$MqD = \frac{1}{8} \times qD \times L^2 \quad (2.23)$$

Beban hidup:

Beban hidup terdiri dari beban pejalan kaki dan beban horizontal.

Momen pada beban hidup:

$$ML = MqL + Mph \quad (2.24)$$

Dimana:

$$MqL = \frac{1}{8} \times qL \times L^2 \quad (2.25)$$

$$Mph = \text{tinggi pelat} \times \text{beban horizontal} \quad (2.26)$$

Momen terfaktor:

$$Mu = 1.6ML + 1.2MD \quad (2.27)$$

- b. Tulangan trotoar

$$As_{tulangan} = \frac{1}{4} \pi D^2 \quad (2.28)$$

$$N_{tulangan} = \frac{As_{perlu}}{As_{tulangan}} \quad (2.29)$$

$$jarak_{tulangan} = \frac{1000}{n} \quad (2.30)$$

- c. Kontrol kapasitas nominal

$$\phi Mn > Mu \quad (2.31)$$

Dimana:

$$Mn = As \times Fy \left(d - \frac{1}{2} a \right) \quad (2.32)$$

5. Pelat lantai kendaraan

Pelat lantai pada jembatan berfungsi sebagai jalan kendaraan yang melintas di atas jembatan dan mempunyai tebal minimum (t_s) sesuai dengan BMS BDC (1992). Fungsi utama pelat lantai adalah untuk mendistribusikan beban disepanjang jembatan untuk diteruskan ke bagian bawah jembatan.

- a. Pembebanan

Beban mati:

Berat plat jembatan = lebar plat x tebal plat x BJ beton x KuMB

Momen DL:

$$MDL = \frac{1}{10} \times qDL \times b^2 \quad (2.33)$$

Beban hidup:

$$T = qT (1 + DLA) \quad (2.34)$$

Momen LL:

$$qDL = 0,8 \times \left(\frac{b+0,6}{10} \right) \times KuTT \times T \quad (2.35)$$

Momen resultan (Mu):

$$Mu = MDL + MLL \quad (2.36)$$

- b. Tulangan yang digunakan

$$As_{tulangan} = \frac{1}{4} \pi D^2 \quad (2.37)$$

$$N_{tulangan} = \frac{As_{perlu}}{As_{tulangan}} \quad (2.38)$$

- c. Kapasitas momen tulangan

$$\phi Mn > Mu \quad (2.39)$$

Dimana:

$$Mn = As \times Fy \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (2.40)$$

- d. Kontrol geser pons

$$\phi P_n > P_u \quad (2.41)$$

Dimana:

$$P_n = A_v \times F_v \quad (2.42)$$

$$P_u = K_{TT} \times P_{TT} \quad (2.43)$$

6. Gelagar memanjang

Gelagar memanjang berfungsi untuk menahan beban di atasnya, yaitu beban kendaraan, beban mati, dan beban hidup.

- a. Pembebanan

Beban mati:

$$\text{Beban pelat beton} = b_1 \times \text{tebal plat} \times \text{BJ beton} \times KuMB \quad (2.44)$$

$$\text{Berat balok baja} = W \times KuMBJ \quad (2.45)$$

$$\text{Berat air hujan} = b_1 \times \text{tebal genangan} \times \text{BJ air} \quad (2.46)$$

Beban hidup:

$$\text{Beban terbagi rata (BTR)} = q \times KuTD \quad (2.47)$$

$$\text{Beban garis terpusat (BGT)} = p \times (1 + DLA) \times b_1 \times KuTD \quad (2.48)$$

$$\text{Beban Truk (T)} = qT \times (1 + DLA) \times KuTT \quad (2.49)$$

- b. Analisa kapasitas profil

Kontrol terhadap lendutan:

$$\delta = \frac{5}{384} \times \frac{qu \times L^4}{EIx} + \frac{1}{48} \times \frac{PL^3}{EIx} < \frac{1}{800} \times L \quad (2.50)$$

Kontrol terhadap kuat momen lentur:

$$\phi Mp > Mu \quad (2.51)$$

$$\text{Dimana } Mp = Z \times fy \quad (2.52)$$

Akibat tekuk lateral:

$$\phi Mn \geq Mu \quad (2.53)$$

$$\text{Dimana } Mp = Zx \times Fy \quad (2.54)$$

Kontrol geser:

$$\phi Vn \geq Vu \quad (2.55)$$

$$\text{Dimana } Vn = 0.6 \times fy \times aw \quad (2.56)$$

7. Gelagar melintang

Gelagar melintang atau diagframa komponen berfungsi mengikat beberapa balok gelagar induk agar menjadi suatu kesatuan supaya tidak terjadi pergeseran antar gelagar induk.

- a. Pembebanan

Beban mati terdiri dari:

$$\text{Berat pelat beton} = b1 \times \text{tebal pelat} \times \text{BJ beton} \times \text{KuMB} \quad (2.57)$$

$$\text{Berat balok melintang} = \text{berat balok melintang} \times \text{KuMBJ} \quad (2.58)$$

$$\text{Berat balok memanjang} = \text{berat balok memanjang} \times \text{KuMBJ} \quad (2.59)$$

$$\text{Berat steeldeck} = W \times \text{KuMBJ} \quad (2.60)$$

$$\text{Berat air hujan} = b1 \times \text{tinggi genangan} \times \text{BJ air} \quad (2.61)$$

$$\text{Berat pelat trotoar} = b1 \times \text{tebal pelat} \times \text{BJ beton} \times \text{KuMB} \quad (2.62)$$

Beban hidup terdiri dari:

$$\text{Beban terbagi rata} = q \text{ (BRT)} = 917.74 \times \text{KuTD} \quad (2.63)$$

$$\text{Beban garis terpusat} = p \text{ (BGT)} = p \times (1 + \text{DLA}) \times b1 \times \text{KuTD} \quad (2.64)$$

$$\text{Beban truk} = T = qT \times (1 + \text{DLA}) \times \text{KuTT} \quad (2.65)$$

b. Analisa kapasitas profil

Kontrol terhadap lendutan:

$$\delta = \frac{5}{384} \times \frac{qu \times L^4}{EIx} + \frac{1}{48} \times \frac{PL^3}{EIx} < \frac{1}{800} \times L \quad (2.66)$$

Kontrol kuat momen lentur:

$$\phi Mp > Mu \quad (2.67)$$

$$\text{Dimana } Mp = Zx \times fy \quad (2.68)$$

Kontrol kapasitas momen:

$$\phi Mn > Mu \quad (2.69)$$

$$\text{Dimana } Mn = C \times y \quad (2.70)$$

Kontrol terhadap geser:

$$\phi Vn \geq Vu \quad (2.71)$$

$$\text{Dimana } Vn = 0.6 \times fy \times aw \quad (2.72)$$

c. Shear connector

$$Qn \geq Asc \times Fu \quad (2.73)$$

Dimana

$$Qn = 0.5 \times Asc \times (\sqrt{f'c \times Ec}) \quad (2.74)$$

$$Asc = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \quad (2.75)$$

8. Rangka utama

Rangka utama akan dianalisa untuk tumpuan sendi – rol dan sendi – sendi untuk mendapatkan hasil analisa saat elastomer dalam keadaan baik dan saat elastomer sudah rusak. Analisa dilakukan dengan bantuan software SAP2000 versi 14 dengan kombinasi pembebanan adalah sebagai berikut:

$$\text{Kuat I} : 1,3 \text{ MS} + 1,8 \text{ TT/TD} + 1,8 \text{ TB} + 1,8 \text{ TP} + 1,2 \text{ EU}_n$$

$$\text{Kuat II} : 1,3 \text{ MS} + 1,4 \text{ TT/TD} + 1,4 \text{ TB} + 1,4 \text{ TP} + 1,2 \text{ EU}_n$$

$$\text{Kuat III} : 1,3 \text{ MS} + 1,2 \text{ EU}_n$$

$$\text{Kuat IV} : 1,3 \text{ MS} + 1,2 \text{ EU}_n$$

Kuat V	: 1,3 MS + 1,2 EU _n
Ekstrim I	: 1,3 MS
Ekstrim II	: 1,3 MS + 0,5 TT/TD + 0,5 TB + 0,5 TP
Layan I	: 1 MS + 1 TT/TD + 1 TB + 1 TP + 1,2 EU _n
Layan II	: 1 MS + 1,3 TT/TD + 1,3 TB + 1,3 TP + 1,2 EU _n
Layan III	: 1 MS + 0,8 TT/TD + 0,8 TB + 0,8 TP + 1,2 EU _n
Layan IV	: 1 MS + 1,2 EU _n
Fatik	: 0,75 TT/TD + 0,75 TB + 0,75 TP

a. Pembebanan

Beban mati material:

$$\text{Pelat beton} = \lambda \times b1 \times tp \times BJ \text{ beton} \times KuMB \quad (2.76)$$

$$\text{gelagar melintang} = W \times b1 \times KuMBJ \quad (2.77)$$

$$\text{gelagar memanjang} = W \times \lambda \times n \times KuMBJ \quad (2.78)$$

$$\text{steeldeck} = W \times \lambda \times b1 \times KuMBJ \quad (2.79)$$

$$\text{hujan} = \lambda \times b1 \times \text{tebal genangan} \times BJ \text{ air} \quad (2.80)$$

$$\text{pelat trotoar} = \lambda \times tp \times BJ \text{ beton} \times KuMB \quad (2.81)$$

$$\text{ikatan angin atas} = \lambda \times n \times W \times KuMBJ \quad (2.82)$$

$$\text{ikatan angin bawah} = \lambda \times n \times W \times KuMBJ \quad (2.83)$$

Beban mati sendiri:

$$DL = D1 \times KuMBJ \times (15\% \times DL) \quad (2.84)$$

Beban hidup:

$$BTR = 917.74 \times \lambda \times b1 \times KuTD \quad (2.85)$$

$$BGT = p \times (1 + DLA) \times \lambda \times KuTD \quad (2.86)$$

$$T = qT \times (1 + DLA) \times KuTT \quad (2.87)$$

Beban rem:

Berdasarkan SNI 1726:2016 Pasal 8.7, gaya rem harus diambil yang terbesar dari:

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

Beban pejalan kaki:

Berdasarkan SNI 1726:2016 Pasal 8.9, semua komponen rotoar harus direncanakan untuk memikul beban pejalan kaki dengan intensitas 5 kPa.

Beban akibat temperatur:

Berdasarkan SNI 1726:2016 Pasal 9.3.1, deformasi akibat perubahan temperatur yang merata digunakan untuk perencanaan jembatan yang menggunakan gelagar terbuat dari beton atau baja. Perbedaan antara temperatur minimum dan temperatur maksimum dengan temperatur nominal

- yang diasumsikan dalam perencanaan harus digunakan untuk menghitung pengaruh akibat deformasi yang terjadi akibat perbedaan suhu tersebut.
- b. Kontrol profil pada gaya tekan
Kontrol kelangsingan batang:
- $$\lambda c < 1 \quad (2.88)$$
- Dimana $\lambda c = \frac{\lambda}{\lambda g}$ (2.89)
- Kontrol tegangan:
- $$\frac{P \times \omega}{AL} < \sigma \quad (2.90)$$
- Dimana
- $$\omega = 2.381 \times \lambda c^2 \quad (2.91)$$
- c. Kontrol profil pada gaya tarik
- $$\frac{P}{Fnt} < \sigma \quad (2.92)$$
- Dimana $Fnt = 0.9 \times AL$ (2.93)
9. Ikatan angin
Ketentuan jembatan berdinding penuh 100% terhadap luas sisi jembatan. Sedangkan untuk jembatan rangka 30% terhadap luas sisi yang langsung terkena angin dan ditambah 15% luas sisi jembatan lainnya. (Bambang dan Agus, 2007).
- a. Pembebanan
- $$W = \frac{Wa}{n} \quad (2.94)$$
- b. Kontrol profil dimensi
Kontrol tegangan batang tekan:
- $$\frac{P \times \omega}{AL} < \sigma \quad (2.95)$$
- Dimana
- $$\omega = 2.381 \times \lambda c^2 \quad (2.96)$$
- Kontrol tegangan batang tarik:
- $$\frac{P}{Fn} < \sigma \quad (2.97)$$
- Dimana $Fn = 0.9 \times AL$ (2.98)
10. Sambungan
Luas kotor penampang:
- $$Ag = Lbp \times tp \quad (2.99)$$
- Luas bersih penampang:
- $$An = Ag - (c \times tp) \quad (2.100)$$
- Kekuatan pelat:

$$Nu > Mu \quad (2.101)$$

Dimana Nilai Nu diambil terbesar antara leleh batang dengan fraktur.

Tahanan geser baut:

$$Rn = \phi \times m \times r1 \times Fu \times Ab \quad (2.102)$$

Tahanan tumpu baut:

$$Rn = \phi \times 2.4 \times d \times tp \times Fu \quad (2.103)$$

Jumlah baut pakai:

$$n = \frac{Mu}{Rn} \quad (2.104)$$

Tahanan tarik baut:

$$Rn \times n > Mu \quad (2.105)$$

$$\text{Dimana } Rn = 0.75 \times Fu \times Ab \quad (2.106)$$

Keruntuhan geser blok

$$Nn > Mu \quad (2.107)$$

$$\text{Dimana } Nn = \phi \times Rn + (Fy \times Agt) \quad (2.108)$$