

BAB 2

STUDI PUSTAKA

2.1 Jembatan

Jembatan merupakan salah satu konstruksi yang berfungsi untuk menghubungkan jalan melalui suatu daerah yang berada lebih rendah, daerah ini biasanya berupa jalan lain atau berupa jalan air atau sungai.

Jembatan rangka baja adalah satu sktruktur jembatan yang terdiri dari rangkaian batang – batang baja yang dihubungkan dengan yang lainnya dengan cara di las ataupun dengan cara menggunakan baut. Beban beban yang terjadi pada jembatan ini akan disalurkan atau diuraikan pada batang – batang baja tersebut. Sebagai gaya – gaya tekan dan tarik melalui titik buhul. Garis netral batang ini bertemu pada titik buhul yang harus saling berpotongan pada satu titik saja untuk menghindari timbulnya momen skunder.

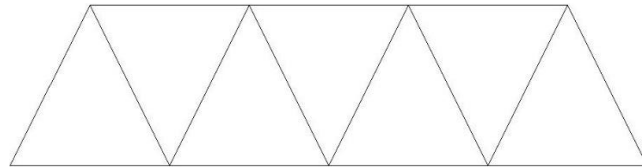
2.2 Tipe – Tipe Jembatan Rangka Baja

Tipe-tipe jembatan rangka baja ini memiliki jumlah yang banyak dan bervariasi karena banyak para ahli mengembangkan setiap tipe-tipe jembatan rangka baja, maka diantaranya sebagai berikut:

- **Tipe Warren (*Warren Truss*)**

Tipe jembatan ini ditemukan oleh James Warren dan Willoughby Theobald Monzani pada tahun 1848 di Britania Raya. Jembatan rangka baja ini memiliki batang vertikal pada bentuk rangkanya yang membentuk segitiga sama kaki

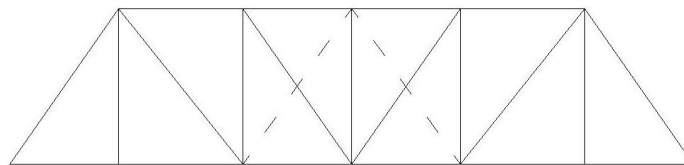
ataupun bisa segitiga sama sisi. Dan memiliki batang diagonal yang mengalami gaya tekan (*compression*) dan sebagian lainnya mengalami gaya tegangan (*tension*).



Gambar 2.1 Rangka Baja Tipe Warren Truss

- **Tipe Pratt (*Pratt Truss*)**

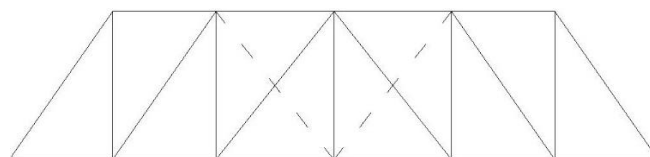
Tipe jembatan rangka baja ini ditemukan oleh Thomas dan Caleb Pratt pada tahun 1844. Jembatan ini memiliki batang diagonal yang mengarah ke bawah dan batang tersebut berada di tengah batang jembatan bagian bawah.



Gambar 2.2 Rangka Baja Tipe Pratt Truss

- **Tipe Howe (*Howe Truss*)**

Tipe jembatan rangka baja ini ditemukan oleh William Howe di Massachusetts pada tahun 1840 di Amerika Serikat. Jembatan ini merupakan kebalikan dari tipe Pratt dimana batang diagonalnya mengarah ke atas menerima tekanan sedangkan vertikalnya menerima tegangan.



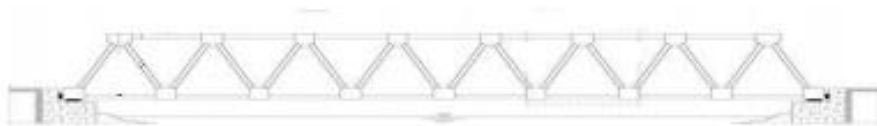
Gambar 2.3 Rangka Baja Tipe Howe Truss

2. 3 Komponen Jembatan Rangka Baja

1. Rangka Utama Jembatan

Rangka baja ini dapat berbentuk berbagai variasi dan model yang sangat banyak. Tetapi di Indonesia menggunakan jembatan rangka type Warren dan type Howe. Rangka utama merupakan pemikul utama untuk keseluruhan beban jembatan, untuk beban akan dibahas di sub bab selanjutnya dipenulisan ini. Secara umum, rangka utama dari jembatan rangkai baja ini terdiri atas gelagar atas, portal ujung jembatan, gelagar bawah dan system lantai, untuk kelengkapan yang lainnya seperti penahan lantai kendaraan, batang diagonal, ikatan angin, ikatan rem, kelengkapan trotoar.

Bawah jembatan rangka baja ini bukan bentuk jembatan yang khusus untuk dirinya sendiri melainkan, rangka baja ini digunakan untuk menjadi fungsi komponen tertentu dalam salah satu jenis komponen. Hal ini akan menjadi batang-batang yang rangka baja akan saling terhubung satu sama lain yang dimana hasil tersebut menjadi solid antar batang. (Abu-Hamd 2007)

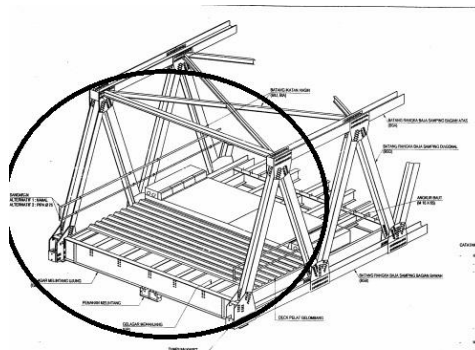


Gambar 2.4 Rangka Utama Jembatan

Pada type ini memiliki setiap batang untuk gelagar bagian bawah disebut trave. 1 trave ini untuk mengartikan posisi jarak antar gelagar melintang misal berjarak kurang lebih dari 5 meter. Contoh untuk jembatan rangka baja type Warren A40 ini memiliki arti bawah satu trave diperoleh dari panjang jembatan 40 meter dibagi 5 meter untuk persatu 1 trave, maka diperoleh jumlah 8 buah trave.

2. Portal Ujung

Portal Ujung merupakan rangkaian profil baja yang terletak pada posisi miring pada ujung jembatan rangka baja. Portal ujung ini harus memiliki kekakuan yang cukup tinggi sehingga dapat memikul beban horizontal dengan kuat. Terutama akibat reaksi tumpuan dan gaya dalam rangka, beban primer ataupun beban sekunder. Sehingga portal ujung harus memiliki dimensi penampang yang lebih besar dibandingkan komponen rangka utama lainnya.



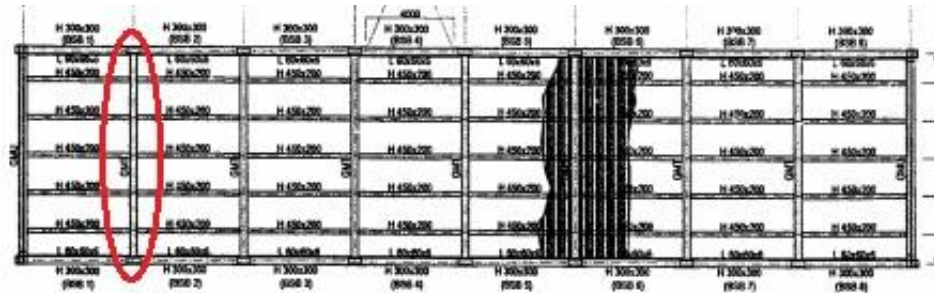
Gambar 2.5 Portal Ujung

Portal ujung dibentuk dari batang tepi ujung rangka induk. Dengan batang mendatar arah melintang jembatan dengan ada beberapa penguat dalam rangka baja tersebut diantaranya rangka rem dan ikatan angin pada sisi bawah dan sisi atas jembatan, sambungan buhul pada tepi dan jenis komponen bagian tumpuan sendi.

3. Gelagar Melintang Jembatan

Posisi Gelagar melintang bawah ini berhubungan dengan rangkai utama pada kiri dan kanan jembatan ini berguna untuk memikul beban yang akan terjadi pada jembatan. Untuk kombinasi beban, angin dan beban hidup sesuai fungsi kelas jembatan melalui gelagar memanjang yang memikulnya dan akan didistribusikan ke gelagar melintang selanjutnya akan kembali di distribusikan ke rangka utama

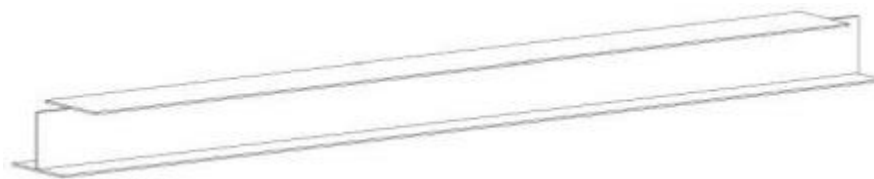
jembatan. Adapun gelagar melintang bagian atas dimana berfungsi untuk penyalur gaya angin dan memperkaku sktrutur jembatan.



Gambar 2.6 Gelagar Melintang Jembatan

4. Gelagar Memanjang Jembatan

Gelagar memanjang berfungsi untuk menyalurkan beban-beban dari lantai kendaraan berupa beban mati dan beban hidup, keposisi gelagar melintang jembatan, hubungan antara gelagar melintang dan memanjang ini dapat berupa balim 2 tumpuan dan atau balok menerus. Untuk konseo dua tumpuan ini dilakukan agar posisi bagian atas balok melintang dan memanjang rata dan fungsi sambungan geser agar berjalan dengan baik, maka gelagar memanjang menumpu pada gelagar melintang. Posisi gelagar memanjang ini adalah diposisikan sejajar dengan gelagar melintang dan tidak terdapat dibagian atas jembatan.



Gambar 2.7 Gelagar Memanjang Jembatan

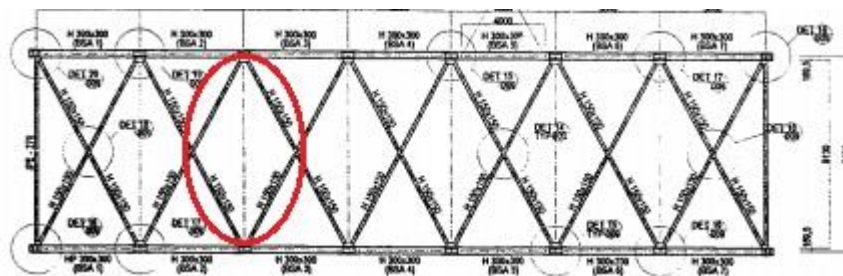
Posisi gelagar memanjang berada di atas rangka ikatan angin bawah. Pada bagian atas gelagar memanjang terdapat lantai kendaraan, utuk memudahkan pekerjaan pengecoran lantai jembatan dari bahan beton, maka digunakan pelat

baja bergelombang. Pelat baja bergelombang ini akan dibautkan pada bagian sayap atas profil balok memanjang.

Bawah untuk jembatan dengan panjang kurang dari 350 m. tidak memiliki efek yang sangat signifikan dalam segi biaya dan segi kebutuhan, dan jumlah girder yang dibutuhkan nya jembatan untuk memberikan rentang desain optimal dai dua hingga 4 girder. (Salman dkk, 2013).

5. Ikatan angin

Ikatan angin, terletak di bagian bawah lantai kendaraan atau dipasang dikedua tempat yaitu di bagian bawah lantai kendaraan dan bagian rangka jembatan untuk jembatan rangka tertutup.

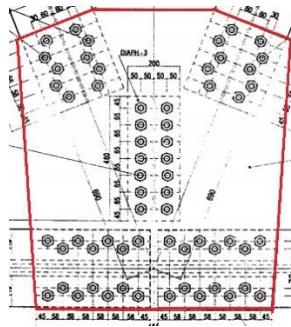


Gambar 2.8 Ikatan Angin

6. Pelat Buhul

Pelat buhul adalah salah satu komponen jembatan yang berfungsi untuk menghubungkan profil – profil baja pada rangkaian utama rangka baja dan sekunder untuk menjadikan hubungan yang dapat mereduksi beban masing – masing komponen pada plat buhul. Profil – profil baja yang digunakan pada rangka utama di sambungkan dengan pelat buhul dengan menggunakan baut. Dan plat buhul dapat dirakit dengan bentuk profil, dimana akan dapat menempatkan komponen lainnya dengan kuat dan sangat sempurna dan tidak terjadinya

tegangan sekunder pada plat buhul tersebut dan plat buhul harus memiliki ketebalan yang lebih besar dibandingkan dengan profil tebal pelat pada profil baja. Hal ini dikarenakan semua gaya yang bekerja pada rangka baja utama akan disalurkan ke plat buhul.

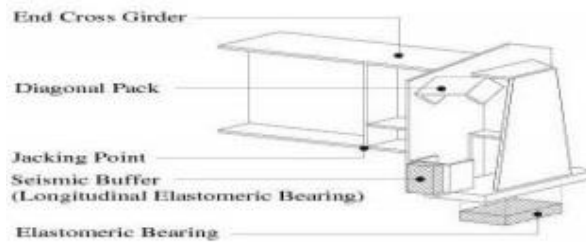


Gambar 2.9 Pelat Buhul

Pada pelat buhul ini harus memiliki lubang-lubang baut yang sangat akurat letak posisi dan kelonggaran lubang diameternya diatur dalam standar sesuai dengan diameter terpasang pada kelonggaran, karena hal itu sangat berperapeting bagi kelancaran pelaksanaan pemasangan jembatan rangka baja ini.

7. Bearing, Seismic Buffer, dan Lateral Stop

Bearing atau landasan adalah suatu komponen yang diperuntukan untuk menahan dan mentransferkan gaya vertikal yang disebabkan oleh beban-beban yang terjadi pada jembatan. Bearing ini ditempatkan diujung bawah jembatan pada kanan dan kiri dengan abutment sebagai temoat berpijak nya bearing. Bearing ini terbuat dari bahan karet alam atau neoprene yang tercampur dengan polimer kekerasan, dan itu harus memenuhi syarat standart pada jembatan.



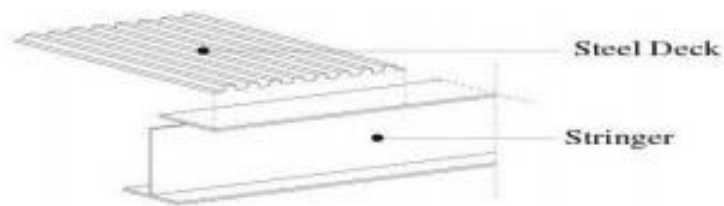
Gambar 2.10 Bearing, Seismic Buffer dan Stop Lateral

Posisi bearing berada pada bagian ujung bawah jembatan dan juga terdapat beberapa komponen yang disebut *seismic buffer*. Seismic Buffer ini diperuntukan untuk menahan gaya gempa maupun gaya longitudinal arah panjang jembatan rangka, sama hal seismic buffer ini terbuat dari karet yang sejenis seperti bearing.

Lateral Stop terbuat dari tengah karet yang sama jenisnya dengan bearing, dan terletak di tengah gelagar melintang ujung bawah. Lateral Stop memiliki dua buah karet di kedua sisinya, untuk penyalurkan gaya yang terjadi pada arah melintang tersebut ke abutment dapat meliwati lateral stop block yang telah dihubungkan secara kesatuan.

8. Lantai Kendaraan

Lantai beton kendaraan merupakan komponen utama jembatan yang berkontak langsung dari beban kendaraan pada jembatan jalan raya. Lantai kendaraan pada jembatan dibuat menjadi 2 lapisan. Yaitu lapisan pertama adalah perkerasan kaku (beton bertulang) minimum setebal 20 cm dan lapisan kedua bagian atas beton perkerasan lentur pada umumnya aspal beton setebal 5 cm. Sedangkan untuk formwork untuk pengecoran beton, dapat menggunakan pelat baja bergelombang akan dihubungkan dengan baut ke striger.



Gambar 2.11 Lantai Kendaraan

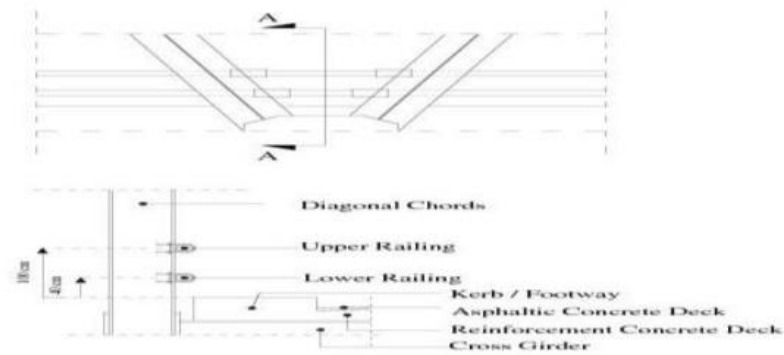
Pelat baja bergelombang harus memiliki ketebalan 1 mm sebagai batas minimum ketebalan yang harus sudah dilapisi galvanisasi, syarat lainnya berupa lebar dan panjang minimal 1000 mm, tinggi gelombang 30 mm, dan jarak as antara gelombang 200 mm, komponen pembuatan antara trotoar dan jalur lalu lintas kendaraan pada jembatan dibatasi dengan kerb yang berfungsi untuk pembatas antara lajur kendaraan dengan tempat pejalan kaki atau batas kendaraan. Kerb ini terbuat dari beton dan dicor bersamaan dengan lapisan perkerasan kaku.

9. Sandaran Tepi Jembatan

Sandaran pada jembatan rangka dibuat sederhana dari pipa baja yang dilapisi galvanis, pipa baja ini biasanya dipakai pada ukurannya diameter 2 inchi. Sandaran pada jembatan rangka baja diikatkan pada end plate yang tersambung pada batang diagonal rangka jembatan dan vertikal jika diperlukan.

Sandaran pada jembatann rangka terdapat 2 buah yaitu sandaran atas dan sandaran bawah. Tinggi sandara / railing sesuai standar yaitu 100 cm dari permukaan kerb untuk sandaran atas , sedangkan posisi sandaran horizontal bawah pada ketinggian 40 cm dari muka kerb tiang sandara horizontal harus mampu menahan beban hrizontal 100kg/m panjang akibat beban kegiatan diatas trotoar atau benturan dari kendaraan yang mengalami halangan dilanjur di atas

jembatan. Tiang tiang pengikat pada relling harus didesain sedemikian rupa tanpa mengurangi kekuatan rangka utama jembatan.



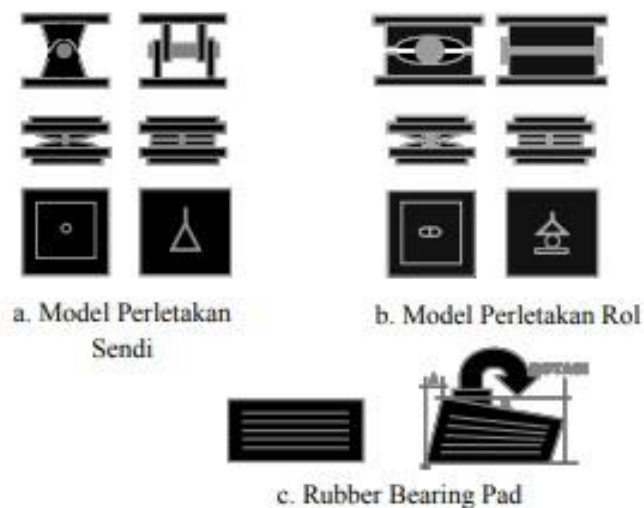
Gambar 2.12 Sandaran Tepi Jembatan

10. Perletakan

Perletakan jembatan Perletakan jembatan terdiri dari:

- a. Sendi
- b. Rol
- c. Landasan karet

Landasan karet dapat berfungsi sebagai setengah Sendi dan setengah Rol, sehingga dapat menampung pergerakan struktur baik translasi maupun rotasi.



Gambar 2.13 Tipe – Tipe Perletakan

2.4 Material Baja

Baja yang digunakan dalam struktur dapat diklasifikasi menjadi 3 yaitu, baja karbon, baja panduan rendah mutu tinggi dan baja panduan.

1. Baja Karbon

Baja karbon ini dibagi menjadi 3 kategori tergantung dari presentase kandungan karbonnya. Baja karbon rendah ($C = 0,03-0,35\%$), baja karbon medium ($C = 0,35-0,50\%$), dan baja karbon tinggi ($C = 0,55-1,70\%$), untuk baja yang sering digunakan dalam struktur ini adalah baja karbon medium. Baja karbon memiliki tegangan leleh antara 210-250 MPa

2. Baja panduan rendah mutu tinggi

Yang termasuk dalam kategori baja paduan rendah mutu tinggi mempunyai tegangan leleh berkisaran antara 290-550 Mpa dengan tegangan putus antara 415-700 Mpa.

3. Baja panduan

Baja panduan rendah dapat di tempa dan dipanaskan untuk memperoleh tegangan leleh antara 550-760 Mpa.

2.4.1 Sifat Mekanis Baja

Sifat mekanis baja struktural yang harus digunakan dalam perencanaan harus memenuhi syarat minimum berikut tabel sifat mekanis baja.

Tabel 2.1 Sifat Mekanis Pada Baja

Jenis Baja	Tegangan putus minimum, f_u [MPa]	Tegangan leleh minimum, f_y [MPa]	Peregangan minimum [%]
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

Sifat-sifat mekanis baja yang lainnya harus sesuai perencanaan yang di tetapkan sebagai berikut :

Modulus elastisitas	: $E = 200.000 \text{ MPa}$
Modulus geser	: $G = 80.000 \text{ MPa}$
Angka poisson	: $\mu = 0,3$
Koefisien pemuaian	: $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}$

Gelagar jembatan baja rentan terhadap retak karena banyaknya beban bawah roda karena hal dengan sejumlah besar landasan. Dengan hal ini metode penilaian ini di terapkan untuk melihat kelelahan dari deck jembatan baja yang biasanya didasarkan pada prinsip kelelahan uniaksial. (Fu dkk 2019).

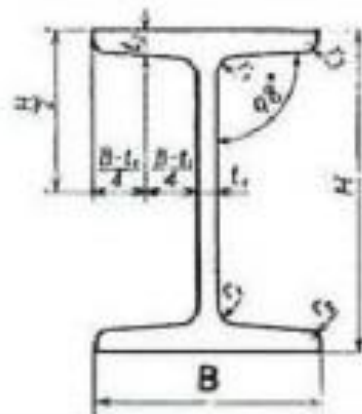
Bawah penilaian jembatan yang harus dipertimbangkan adalah titik leleh pada baja, karena hal itu berpengaruh terhadap keselamatan, dan model beban berkarakteristik yang disederhanakan untuk digunakan dan terverifikasi dengan menggunakan format keselamatan deterministik. (Leander dkk, 2018).

2.4.2 Bentuk Profil Baja

Beberapa Standar konstruksi di Indonesia menggunakan baja profil, kebutuhan yang harus diliat dari konstruksi secara permanen, kokoh, dan stabil menjadi prioritas utama perencanaan bangunan yang kuat, dan menjadi dasar misi utama pada proyek – proyek pembangunan konstruksi milik pemerintah. Berikut adalah bahan dan jenis baja yang utama yang biasa dipakai di Indonesia sesuai kebutuhan.

1. Wide Flange (WF)

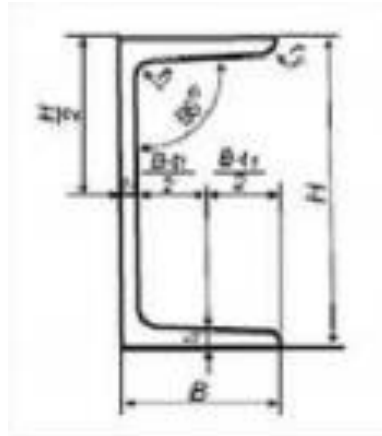
Profil WF adalah salah satu profil baja struktural yang paling populer digunakan untuk konstruksi baja. WF ini biasanya digunakan untuk : balok, kolom, tiang pancang, top and bottom chord member pada jembatan jenis truss, composite beam atau column, kantilever kanopi, dll. Namun profil ini mempunyai banyak nama dikalangan masyarakat ada yang menyebutnya dengan profil H, HWF, H-BEAM, IWF dan I. bahkan ada juga yang beberapa tempat menggunakan istilah WH,SH dan MH.



Gambar 2.14 Profil Baja Wide Flange (WF)

2. UNP (Baja C)

Profil baja kanal dinyatakan dengan tanda [ditambahkan dengan NP dan diikuti dengan sebuah bilangan yang menunjukkan tinggi profil dalam cm. Contoh : [NP 20 artinya tinggi profil 20 cm. baja kanal ini dijual dalam panjang dari 4 – 12 meter. Baja kanal ini sering dipakai dalam struktur rangka.



Gambar 2.15 Profil Baja UNP (Baja C)

3. Equal Angle and Unequal Angel

Profil ini dinyatakan dengan tanda L dengan tiga buah bilangan yang menunjukkan tinggi, lebar dan tebal profil dalam mm. Baja siku sama kaki menunjukkan tinggi profil sama dengan lebar profil. Contoh baja siku sama kaki : (L50.50.5). dimana artinya tinggi profil 50 mm, lebar profil 50 mm dan tebal 5 mm.

2.5 Kombinasi Pembebanan

Aksi direncanakan dalam dua golongan yaitu beban permanen dan sementara, hal ini membuat kombinasi beban didasarkan pada tipe beban yang bekerja secara bersamaan. Menentukan aksi rencana dengan mengalikan beban nominal dengan faktor beban. Seluruh pengaruh aksi rencana akan mengambil faktor beban yang sama, apakah itu biasa atau terkurangi. Sehingga diambil kondisi yang paling kritis.

- Menurut RSNI T-02-2005

Tabel 2.2 Tipe Aksi Rencana

Aksi Tetap		Aksi Transien	
Nama	Simbol	Nama	Simbol
Berat sendiri	P_{MS}	Beban lajur "D"	T_{TD}
Beban mati tambahan	P_{MA}	Beban truk "T"	T_{TT}
Penyusutan/rangkak	P_{SR}	Gaya rem	T_{TB}
Prategang	P_{PR}	Gaya sentrifugal	T_{TR}
Pengaruh pelaksanaan tetap	P_{PL}	Beban pejalan kaki	T_{TP}
Tekanan tanah	P_{TA}	Beban tumbukan	T_{TC}
Penurunan	P_{ES}	Beban angin	T_{EW}
		Gempa	T_{EQ}
		Getaran	T_{VI}
		Gesekan pada perletakan	T_{BF}
		Pengaruh temperatur	T_{ET}
		Arus/hanyutan/tumbukan	T_{EF}
		Hidro/daya apung	T_{EU}
		Beban pelaksanaan	T_{CL}

Tabel 2.3 Kombinasi Beban Umum Untuk Keadaan Batas Kelayanan Dan Ultimit

Aksi	Kelayanan						Ultimit						
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
Aksi Permanen :													
Berat sendiri													
Beban mati tambahan													
Susut rangkak													
Pratekan	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pengaruh beban tetap pelaksanaan													
Tekanan tanah													
Penurunan													
Aksi Transien :													
Beban lajur "D" atau beban truk "T"	X	o	o	o	o		X	o	o	o	o		
Gaya rem atau gaya sentrifugal	X	o	o	o	o		X	o	o	o			
Beban pejalan kaki			X						X				
Gesekan perletakan	o	o	X	o	o	o	o	o	o	o			o
Pengaruh suhu	o	o	X	o	o	o	o	o	o	o			o
Aliran / hanyutan / batang kayu dan hidrostatik / apung	o		o	X	o	o			X	o			o
Beban angin			o	o	X	o	o		o	X			o
Aksi Khusus :													
Gempa													X
Beban tumbukan													
Pengaruh getaran	X	X											
Beban pelaksanaan						X							X
* X * berarti beban yang selalu aktif * O * berarti beban yang boleh di kombinasi dengan beban aktif, tunggal atau seperti ditunjukkan.	(1) = aksi permanen "x" KBL + beban aktif "x" KBL + 1 beban "o" KBL (2) = aksi permanen "x" KBL + beban aktif "x" KBL + 1 beban "o" KBL + 0,7 beban "o" KBL (3) = aksi permanen "x" KBL + beban aktif "x" KBL + 1 beban "o" KBL + 0,5 beban "o" KBL + 0,5 beban "o" KBL						Aksi permanen "x" KBU + beban aktif "x" KBU + 1 beban "o" KBL						

- Menurut SNI 1725:2016

Beban permanen dan sementara dikelompokkan dan diberi simbol untuk pembebanan itu sendiri, adapun simbol pembebanan sebagai berikut:

a) **Beban permanen**

MS = beban mati komponen *structural dan non structural*

MA = beban mati perkerasan dan utilitas

TA = gaya *horizontal* akibat tekanan tanah

PL	=	gaya yang terjadi saat pelaksanaan, termasuk perubahan peletakan akibat perubahan statika
PR	=	prategan
b)		Beban Sementara
SH	=	gaya akibat susut/rangkak
TB	=	gaya akibat rem
TR	=	gaya <i>sentrifugal</i>
TC	=	gaya akibat tumbukan kendaraan
TV	=	gaya akibat tumbukan kapal
EQ	=	gaya gempa
BF	=	gaya <i>friksi</i>
TD	=	beban lajur “D”
TT	=	beban lajur “T”
TP	=	beban pejalan kaki
SE	=	beban akibat penurunan
ET	=	gaya akibat temperatur gradien
EUn	=	gaya akibat temperature seragam
EF	=	gaya apung
Ews	=	beban angin pada struktur
EW _L	=	beban angin pada kendaraan
EU	=	beban arus pada hanyutan

Pada kombinasi pembebanan SNI 1725:2016 terdapat banyak perubahan mencakup kondisi-kondisi pembebanan yang nantinya akan diambil nilai yang paling kritis, pada kombinasi pembebanan SNI 1725:2016 terdapat keadaan batas sebagai berikut:

Kuat I	:	Kombinasi pembebanan yang memperhitungkan gaya-gaya yang timbul pada jabatan dalam keadaan normal tanpa memperhitugkan 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 jemabatan untuk memikul beban kendaraan khusus yang ditentukan pemilik tanpa memperhitungkan beban angin.
Kuat III	:	Kombinas dengan penambahan beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam.
Kuat IV	:	Kombinasi untuk memperhitungkan kemungkinan adanya rasio beban mati dengan beban hidup yang besar.
Kuat V	:	Kombinasi pembebanan berkaitan dengan operasional normal jembatan dengan penambahan beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam.
Ekstrem I	:	Kombinasi yang mempertimbangkan beban hidup pada saat gempa berlangsung
Ekstrem II	:	Kombinasi pembebanan yang meninjau kombinasi antara beban hidup berkurang dengan beban yang timbul akibat tumbukan kapa, tumbukan kendaraan, banjir atau beban hidrolika lainnya.
Layan I	:	Semua pembenan yang berkaitan dengan operasional jembatan serta penambahan beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam. Kombinasi ini juga digunakan untuk mengontrol lendutan pada gorong-gorong, 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. Dapat pula digunakan investigasi stabilitas lereng
Layan II	:	Kombinasi 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 pratekan dengan tujuan untuk mengontrol besarnya retak dan tegangan utama Tarik pada bagian badan dari jembatan segmental
Layan IV	:	Kombinasi pembebanan untuk menghitung tegangan Tarik pada kolom beton pratekan dengan tujuan untuk mengontrol besarnya retak.

Tabel 2.4 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 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 $\gamma_{GP}, \gamma_{SM}, \gamma_{IM}, \gamma_{L}, \gamma_{SM}$ tergantung beban yang ditinjau
- γ_{EQ} adalah faktor beban hidup kondisi gempa

2.6 Pembebanan Pada Jembatan

Perhitungan pembebanan rencana mengacu pada RSNI T-02-2005 dan SNI 1725:2016 sebagai perbandingan, adapun beban yang terjadi pada struktur atas meliputi beban rencana permanen (tetap), lalu lintas, beban akibat lingkungan, dan beban pengaruh aksi-aksi lainnya. (Setiyarto dkk, 2017).

Sejak dikeluarkannya standar pembebanan untuk jembatan yang terbaru yaitu SNI 1725 2016 maka para perencana jembatan harus mulai menyesuaikan perubahan yang terjadi pada standar tersebut. Tulisan ini memaparkan tentang pembaharuan yang terjadi pada SNI 1725 2016, seperti jenis-jenis beban dan kombinasi pembebanan. (Setiyarto 2017).

2.6.1 Berat Sendiri (M_s)

Berat sendiri adalah berat yang dihasilkan dari bagian-bagian dari jembatan itu sendiri, hal ini termasuk dalam berat material yang digunakan dalam jembatan tersebut.

➤ Faktor beban adalah salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam menganalisis berat sendiri berikut tabel di bawah ini.

- Menurut RSNI T-02-2005

Faktor beban untuk berat sendiri untuk RSNI T-02-2005

Tabel 2.5 Faktor Beban Untuk RSNI T-02-2005

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN			
	S_{MS}		U_{MS}	
			Biasa	Terkurangi
Tetap	Baja, aluminium	1,0	1,1	0,9
	Beton pracetak	1,0	1,2	0,85
	Beton dicor ditempat	1,0	1,3	0,75
	Kayu	1,0	1,4	0,7

- Menurut SNI 1725:2016

Faktor beban untuk berat sendiri untuk SNI 1725:2016

Tabel 2.6 Faktor Beban Untuk SNI 1725:2016

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

➤ Kerapatan massa dan berat isi harus dihitung berapa masa setiap bagian berdasarkan bentuk atau dimensi yang telah di rencanakan, untuk mendapatkan kerapatan masa harus dikalikan dengan percepatan gravitasi (g). percepatan gravitasi yang digunakan adalah $9,8 \text{ m/detik}^2$

- Menurut RSNI T-02-2005

Tabel 2.7 Kerapatan Massa Untuk RSNI T-02-2005

No.	Bahan	Berat isi (kN/m ³)	Kerapatan Massa (kg/m ³)
1	Campuran aluminium	26.7	2720
2	Lapisan Permukaan Beraspal	22	2240
3	Besi tuang	71	7200
4	Timbunan tanah dipadatkan	17.2	1760
5	Kerikil dipadatkan	18.8-22.7	1920-2320
6	Aspal beton	22	2240
7	Beton ringan	12.25-19.6	1250-2000
8	Beton	22.0-25.0	2240-2560
9	Betong Prategang	25.0-26.0	2560-2640
10	Beton Bertulang	23.5-25.5	2400-2600
11	Timbal	111	11 400
12	Lempung Lepas	12.5	1280
13	Batu pasangan	23.5	2400
14	Neoprin	11.3	1150
15	Pasir Kering	15.7-17.2	1600-1760
16	Pasir Basah	18.0-18.8	1840-1920
17	Lumpur Lunak	17.2	1760
18	Baja	77	7850
19	Kayu (ringan)	7.8	800
20	Kayu (keras)	11	1120
21	Air Murni	9.8	1000
22	Air Garam	10	1025
23	Besi Tempa	75.5	7680

- Menurut SNI 1725:2016

Tabel 2.8 Kerapatan Massa Untuk SNI 1725:2016

No.	Bahan	Berat isi (kN/m ³)	Kerapatan Massa (kg/m ³)
1	Lapisan Permukaan Beraspal	22.0	2245
2	Besi Tuang	71.0	7240
3	Timbunan Tanah dipadatkan	17.2	1755
4	Kerikil dipadatkan	18.8-22.7	1920-2315
5	Beton Aspal	22.0	2245
6	Beton Ringan	12.25 – 19.6	1250-2000
7	Beton	f _c < 35 Mpa	22.0 – 25.0
		35 < f _c < 105 MPa	22 + 0.22 f _c
8	Baja	78.5	7850
9	Kayu (ringan)	7.8	800
10	Kayu Keras	11.0	1125

2.6.2 Beban Mati Tambahan

Beban mati tambahan adalah beban pada jembatan yang merupakan elemen yang tidak termasuk dalam struktural jembatan tersebut dan bisa saja besarnya selalu berubah tiap tahunnya.

- Menurut RSNI T-02-2005

Tabel 2.9 Beban Mati Tambahan Untuk RSNI T-02-2005

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN			
	S _i /MA _i		U _i /MA _i	
Tetap	Keadaan umum	1,0 (1)	Biasa	2,0
	Keadaan khusus	1,0	Terkurangi	0,7
				0,8

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

- Menurut SNI 1725:2016

Tabel 2.10 Beban Mati Tambahan Untuk SNI 1725:2016

Tipe beban	Faktor beban (γ_{MI})			
	Keadaan Batas Layan (γ_{MI}^S)		Keadaan Batas Ultimit (γ_{MI}^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

2.6.3 Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas pada jembatan terdiri atas beban lajur "D" dan beban truk "T".

Beban lajur "D" ini bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan. Jumlah total beban lajur "D" ini bekerja tergantung pada lebar jalur kendaraan itu sendiri.

➤ Lajur Lalu Lintas Rencana

Jumlah lajur lalu lintas ini ditentukan dengan mengambil bagian integer dari hasil pembagian lebar bersih jembatan (w) dalam mm dengan lebar lajur rencana sebesar 2750 mm.

- Menurut RSNI T-02-2005

Tabel 2.11 Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana RSNI T-02-2005

Tipe Jembatan (1)	Lebar Jalur Kendaraan (m) (2)	Jumlah Lajur Lalu lintas Rencana (n_i)
Satu lajur	4,0 - 5,0	1
Dua arah, tanpa median	5,5 - 8,25	2 (3)
	11,3 - 15,0	4
Banyak arah	8,25 - 11,25	3
	11,3 - 15,0	4
	15,1 - 18,75	5
	18,8 - 22,5	6
CATATAN (1) Untuk jembatan tipe lain, jumlah lajur lalu lintas rencana harus ditentukan oleh instansi yang berwenang.		
CATATAN (2) Lebar jalur kendaraan adalah jarak minimum antara kerb atau rintangan untuk satu arah atau jarak antara kerb/rintangan/median dengan median untuk banyak arah.		
CATATAN (3) Lebar minimum yang aman untuk dua-lajur kendaraan adalah 6,0 m. Lebar jembatan antara 5,0 m sampai 6,0 m harus dihindari oleh karena hal ini akan memberikan kesan kepada pengemudi seolah-olah memungkinkan untuk menyiap.		

- Menurut SNI 1725:2016

Tabel 2.12 Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana SNI 1725:2016

Tipe Jembatan (1)	Lebar Bersih Jembatan (2) (mm)	Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana (n)
Satu Lajur	$3000 \leq w < 5250$	1
Dua Arah, tanpa Median	$5250 \leq w < 7500$	2
	$7500 \leq w < 10.000$	3
	$10.000 \leq w < 12.500$	4
	$12.500 \leq w < 15.250$	5
	$w \geq 15.250$	6
Dua Arah, dengan Median	$5500 \leq w \leq 8000$	2
	$8250 \leq w \leq 10.750$	3
	$11.000 \leq w \leq 13.500$	4
	$13.750 \leq w \leq 16.250$	5
	$w \geq 16.500$	6
Catatan (1) : Untuk jembatan tipe lain, jumlah lajur lalu lintas rencana harus ditentukan oleh instansi yang berwenang.		
Catatan (2) : Lebar jalur kendaraan adalah jarak minimum antara kerb atau rintangan untuk satu arah atau jarak antara kerb/rintangan/median dan median untuk banyak arah.		

➤ Beban Lajur “D”

Beban lajur "D" terdiri dari beban terbagi rata (BTR) yang digabung dengan beban garis terpusat (BGT). Berikut faktor yang digunakan dalam beban lajur “D”.

- Menurut RSNI T-02-2005

Tabel 2.13 Faktor Beban Untuk Beban Lajur “D” RSNI T-02-2005

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	$S_{;TD}$	$U_{;TD}$
Transien	1,0	1,8

- Menurut SNI 1725:2016

Tabel 2.14 Faktor Beban Untuk Beban Lajur “D” SNI 1725:2016

Tipe beban	Jembatan	Faktor beban (γ_{TD})	
		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

❖ Intensitas Beban “D”

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

$$\text{Jika } L \leq 30 \text{ m : } q = 9,0 \text{ kPa} \quad (2.2)$$

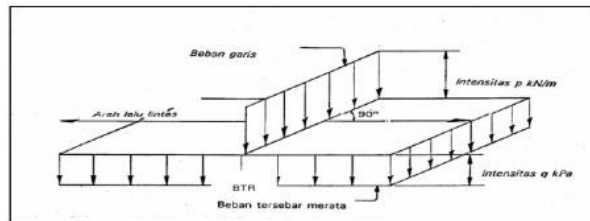
$$\text{Jika } L > 30 \text{ m : } q = 9,0 \left(0,5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa} \quad (2.3)$$

Keterangan:

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

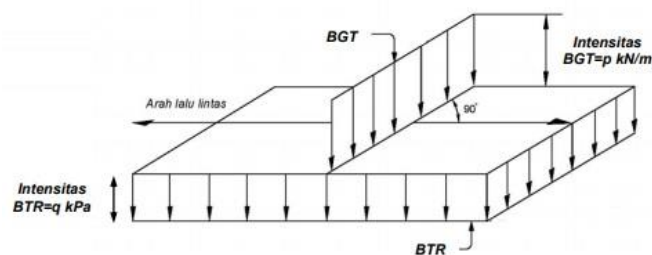
L adalah panjang total jembatan yang dibebani (meter)

- Menurut RSNI T-02-2005



Gambar 2.16 Beban Lajur “D” Pada RSNI T-02-2005

- Menurut SNI 1725:2016



Gambar 2.17 Beban Lajur “D” Pada SNI 1725:2016

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.

➤ Pemebebanan Truk “T”

Selain beban “D”, adapun beban lalu lintas lainnya yaitu beban truk "T". Beban truk "T" ini tidak dapat langsung digunakan dengan beban “D”. Beban truk ini berkerja pada perhitungan struktur lantai. Berikut faktor beban untuk beban “T”.

- Menurut RSNI T-02-2005

Tabel 2.15 Faktor Beban Untuk Beban “T” RSNI T-02-2005

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	$K_{S;TT}$	$K_{U;TT}$
Transien	1,0	1,8

- Menurut SNI 1725:2016

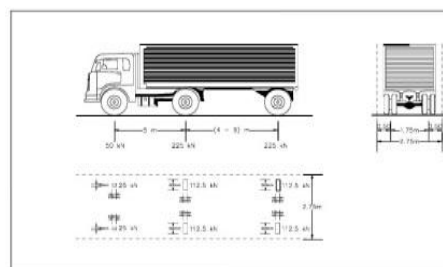
Tabel 2.16 Faktor Beban Untuk Beban “T” SNI 1725:2016

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

❖ Besarnya Pembebanan Truk “T”

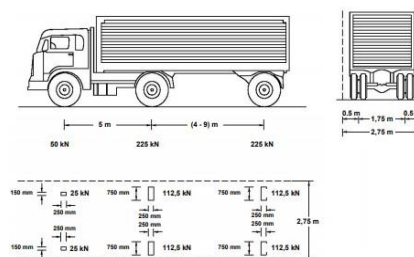
Pembebanan truk "T" ini terdiri atas kendaraan truk semi-trailer yang mempunyai susunan dan berat gandar seperti terlihat dalam gambar dibawah ini. Jarak antara 2 gandar tersebut bisa diubah-ubah dari 4,0 m sampai dengan 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan.

- Menurut RSNI T-02-2005



Gambar 2.18 Pembebanan Truk “T” (500 kN) Pada RSNI T-02-2005

- Menurut SNI 1725:2016



Gambar 2.19 Pembebanan Truk (500 kN) SNI 1726:2016

2.6.4 Beban Rem

- Menurut RSNI T-02-2005

Tabel 2.17 Faktor Beban Akibat Gaya Rem

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	$K_{S, TB}$	$K_{U, TB}$
Transien	1,0	1,8

Gaya rem diperhitungkan sebesar 5% dari beban lajur. Gaya rem ini bekerja secara horisontal, beban lajur D diambil $q = 9$ kPa bila panjang bentang tidak melebihi 30m.

- Menurut SNI 1725:2016

Gaya rem harus diambil dari yang terbesar dari:

1. 25% dari berat gandar truk desain atau,
2. 5% dari berat truk rencana ditambah lajur tebagi rata BTR

Gaya rem ini bekerja secara horisontal pada jarak 1800 mm diatas permukaan jalan pada masing-masing arah longitudinal dan dipilih yang paling menentukan .

2.6.5 Pembebanan Untuk Pejalan Kaki

- Menurut RSNI T-02-2005

Semua elemen pada trotoar atau jembatan penyebrangan yang langsung memikul pejalan kaki harus direncanakan beban nominal 5 kPa. Tetapi jika trotoar digunakan untuk kendaraan ringan atau ternak, maka trotoar harus direncanakan dengan beban hidup terpusat 20 kN.

- Menurut SNI 1725:2016

Komponen trotoar harus direncanakan untuk memikul beban pejalan kaki dengan intensitas 5 kPa dan dianggap bekerja dengan beban kendaraan pada masing-masing lajur kendaraan. Jika nanti terjadi perubahan fungsi pada trotoar menjadi lajur kendaraan.

2.6.6 Beban Angin (E_w)

Beban angin harus terdistribusi secara merata pada permukaan yang tepar oleh angin. Luas yang diperhitungkan yaitu luas area dari semua elemen yang terpapar oleh angin. Arah ini harus divariasikan untuk mendapatkan pengaruh yang paling berbahaya terhadap struktur jembatan atau komponen-komponennya. Luasan yang tidak memberikan kontribusi dapat diabaikan dalam perencanaan.

- Menurut RSNI T-02-2005

Ultimit dan daya layan jembatan akibat angin tergantung kecepatan angin rencana:

$$T_{ew} = 0,0006 C_w (V_w)^2 A_b \quad (2.5)$$

Dengan pengertian :

V_w = kecepatan angin rencana (m/s) untuk keadaan batas yang ditinjau

C_w = koefisien seret (lihat pada tabel 2.8)

A_b = luas koefisien bagian samping jembatan (m²)

Luas ekuivalen bagian samping jembatan adalah luas total bagian yang masif dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan. Untuk jembatan rangka luas ekuivalen ini dianggap 30 % dari luas yang dibatasi oleh batang-batang bagian terluar.

Tabel 2.18 Koefisien Geser C_w

Tipe Jembatan	C_w
Bangunan atas masif: (1), (2)	
$b/d = 1.0$	2.1 (3)
$b/d = 2.0$	1.5 (3)
$b/d \geq 6.0$	1.25 (3)
Bangunan atas rangka	1.2
CATATAN (1) b = lebar keseluruhan jembatan dihitung dari sisi luar sandaran d = tinggi bangunan atas, termasuk tinggi bagian sandaran yang masif	
CATATAN (2) Untuk harga antara dari b/d bisa diinterpolasi linier	
CATATAN (3) Apabila bangunan atas mempunyai superelevasi, C_w harus dinaikkan sebesar 3 % untuk setiap derajat superelevasi, dengan kenaikan maksimum 2.5 %	

Tabel 2.19 Kecepatan Angin Rencana

Keadaan Batas	Lokasi	
	Sampai 5 km dari pantai	> 5 km dari pantai
Daya layan	30 m/s	25 m/s
Ultimit	35 m/s	30 m/s

- Menurut SNI 1725:2016

Kecepatan dasar (V_B) rencana dapat di asumsikan sebesar 90 s/d 126 km/jam, namun jika elevasi jembatan diatas 10 m dari permukaan tanah ataupun muka air kecepatan angin rencana (V_{DZ}) harus di hitung dengan persamaan:

$$V_{DZ} = 2,5 V_o \left(\frac{V_{10}}{V_B} \right) \ln \left(\frac{Z}{Z_o} \right) \quad (2.6)$$

Keterangan :

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

V_{10} Adalah kecepatan angin pada elevasi 10 m diatas permukaan tanah atau di atas permukaan air rencana (km/jam)

V_B Adalah kecepatan angin rencana yaitu 90 hingga 126 km/jam pada elevasi 10m

Z Adalah elevasi struktur dari permukaan tanah atau muka air dimana beban angin dihitung

V_o Adalah kecepatan gesekan untuk berbagai macam tipe permukaan hulu jembatan, dapat dilihat pada tabel 2.10 (km/jam)

Z_o Adalah panjang gesekan di hulu jembatan, dapat dilihat pada tabel 2.10 (mm)

V_o dapat diperoleh dari :

- Grafik kecepatan angin dasar untuk berbagai periode ulang
- Survei angin pada lokasi jembatan
- Jika tidak ada data yang lebih baik dapat diasumsikan $V_o = V_B$
- Tabel nilai v_o dan z_o untuk berbagai variasi kondisi permukaan hulu

Tabel 2.20 Nilai Z_o Dan V_o Untuk Berbagai Kondisi Permukaan Hulu

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

Jika dibenarkan dalam kondisi setempat, perencana dapat menggunakan kecepatan angin dasar untuk kombinasi pembebanan yang tidak melibatkan kondisi beban angin yang bekerja pada kendaraan. Arah angin harus diasumsikan secara horisontal, tekanan angin rencana dalam MPa dapat ditetapkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_d = P_B \left(\frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2 \quad (2.7)$$

Keterangan :

P_B adalah tekanan angin dasar yang di tentukan dalam tabel 2.18

Tabel 2.21 Tekanan Angin Dasar

Komponen bangunan atas	Angin tekan (MPa)	Angin hisap (MPa)
Rangka, kolom, dan pelengkung	0,0024	0,0012
Balok	0,0024	-
Permukaan datar	0,0019	-

Gaya total 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 gelagar.

2.6.7 Beban Gempa

Bahwa ketinggian adalah satu hal yang penting dalam perhitungan beban gempa, karena jika semakin tinggi maka hal itu yang membuat semakin beban gempa harus diperhitungkan dengan amat detail dan baik, karena ketinggian adalah satu faktor yang berpengaruh terhadap beban gempa ini. (Lin et all 2020)

- Menurut RSNI T-02-2005

Untuk menghitung beban gempa jembatan, maka digunakan rumus seperti di bawah ini :

$$T*EQ = Kh .I .WT \quad (2.8)$$

$$Kh = C .S \quad (2.9)$$

Dimana :

- T^*EQ : Gaya geser dasar total dalam arah yang ditinjau (KN)
- Kh : *Koefisien* beban gempa *horizontal*
- C : *Koefisien* geser dasar untuk daerah, waktu dan kondisi setempat
- I : *Koefisien* kepentingan
- S : Faktor tipe bangunan
- W_T : Berat total nominal bangunan yang mempengaruhi percepatan gempa, diambil sebagai beban mati ditambah beban mati tambahan (KN)

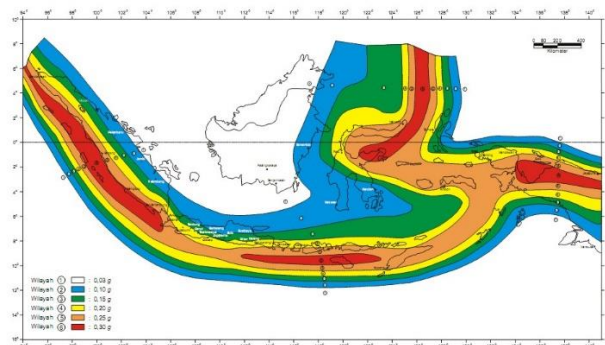
Sebelum mendapatkan nilai C , kita perlu mengetahui wilayah gempa titik jembatan. Lalu kita perlu menghitung waktu getar alami fundamental (T) dari suatu bangunan. Dengan rumus :

$$T = 0,06 \times H^{\frac{3}{4}} \quad (2.10)$$

Dimana :

T = Waktu getar alami fundamental

H = Tinggi Kolom



Gambar 2.20 Wilayah Gempa di Indonesia

Faktor kepentingan I ditentukan dari Tabel 2-22. Faktor lebih besar memberikan frekuensi lebih rendah dari kerusakan bangunan yang diharapkan selama umur jembatan.

Tabel 2.22 Faktor Kepentingan

1	Jembatan memuat lebih dari 2000 kendaraan / hari, jembatan pada jalan raya utama atau arteri dan jembatan dimana tidak ada rute alternatif	1,2
2	Seluruh jembatan permanen lainnya dimana rute alternatif tersedia, tidak termasuk jembatan yang direncanakan untuk pembebanan lalu lintas dikurangi.	1,0
3	Jembatan sementara (missal : Bailey) dan jembatan yang direncanakan untuk pembebanan lalu lintas yang dikurangi sesuai dengan pasal 6.5	0,8

Tabel 2.23 Faktor Tipe Bangunan

Tipe Jembatan (1)	Jembatan dengan Daerah Sendi Beton Bertulang atau Baja	Jembatan dengan Daerah Sendi Beton Prategang	
		Prategang Parsial (2)	Prategang Penuh (2)
Tipe A (3)	1,0 F	1,15 F	1,3 F
Tipe B (3)	1,0 F	1,15 F	1,3 F
Tipe C	3,0	3,0	3,0
CATATAN (1)	Jembatan mungkin mempunyai tipe bangunan yang berbeda pada arah melintang dan memanjang, dan tipe bangunan yang sesuai harus digunakan untuk masing-masing arah.		
CATATAN (2)	Yang dimaksud dalam tabel ini, beton prategang parsial mempunyai prapenegangan yang cukup untuk kira-kira mengimbangi pengaruh dari beban tetap rencana dan selebihnya diimbangi oleh tulangan biasa. Beton prategang penuh mempunyai prapenegangan yang cukup untuk mengimbangi pengaruh beban total rencana.		
CATATAN (3)	$F = \text{Faktor perangkaan}$ $= 1,25 - 0,025 n ; F \geq 1,00$ $n = \text{jumlah sendi plastis yang menahan deformasi arah lateral pada masing-masing bagian monolit dari jembatan yang berdiri sendiri-sendiri (misalnya : bagian-bagian yang dipisahkan oleh sambungan siar muai yang memberikan keleluasan untuk bergerak dalam arah lateral secara sendiri-sendiri)}$		
CATATAN (4)	Tipe A : jembatan daktail (bangunan atas bersatu dengan bangunan bawah) Tipe B : jembatan daktail (bangunan atas terpisah dengan bangunan bawah) Tipe C : jembatan tidak daktail (tanpa sendi plastis)		

- Menurut SNI 1725:2016

Jembatan harus direncanakan agar memiliki kuat terhadap getaran gempa, beban gempa diambil sebagai gaya horisontal yang berdasarkan perkalian antara koefisien respon elastis (C_{sm}) dengan berat struktur ekuivalen yang kemudian dimodifikasi dengan faktor modifikasi respon (R_d) dengan persamaan sebagai berikut :

$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R_d} W_t \quad (2.11)$$

Keterangan :

E_Q Adalah gaya gempa *horizontal* statis (kN)

C_{sm} Adalah *koefisien respons* gempa elastis

R_d Adalah *faktor modifikasi respons*

W_t Adalah berat total struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup (kN)

Koefisien respons elastic C_{sm} diperoleh dari peta percepatan batuan dasar dan *spektre* percepatan sesuai daerah gempa dan periode ulang gempa rencana. Koefisien percepatan yang diperoleh berdasarkan dari peta gempa kemudian dikalikan dengan suatu faktor amplifikasi sesuai dengan keadaan tanah sampai kedalam 30 m di bawah struktur jembatan. Untuk mendapat nilai C_{sm} , dihitung dengan persamaan

$$C_{sm} = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.12)$$

Dengan syarat nilai C_{sm} tidak boleh melebihi nilai dari persamaan C_{s1} dan tidak boleh kurang dari persamaan C_{s3}

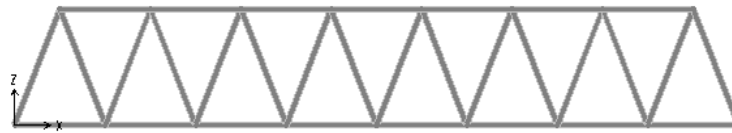
$$C_{s2} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.13)$$

$$C_{s3} = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01 \quad (2.14)$$

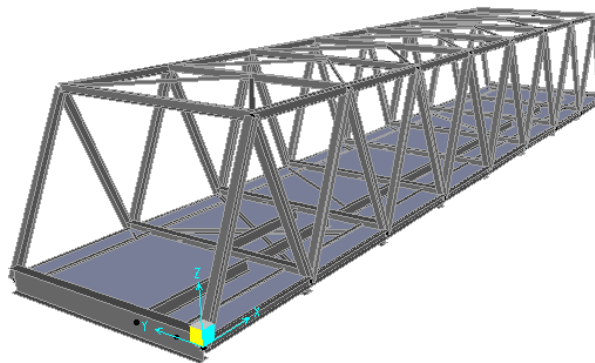
Untuk mendapat parameter-parameter diatas perlu dilakukan analisis lebih lanjut mengenai beban gempa.

2.7 Structure Analysis Program (SAP2000)

Software SAP2000 merupakan salah satu software yang telah banyak dikenal dalam dunia teknik sipil, terutama dalam bidang struktur. Hal ini yang membuat pesatnya perkembangan pada software SAP2000 dalam kalangan dunia teknik sipil. SAP adalah program yang menyediakan banyak pilihan, diantara lain membuat model baru struktur baru, modifikasi dan mendesain pada elemen – elemen struktur. Dan software ini sekaligus bisa untuk menganalisis struktur pada suatu objek tertentu misalkan seperti beton bertulang, material baja, material aluminium ataupun material lainnya yang biasa digunakan dalam pembangunan suatu objek. Software ini dirancang sangat efektif dan interaktif sehingga ada banyak yang bisa dilakukan oleh software ini misalknya mengontrol kondisi maksimum tegangan pada suatu element yang terdapat pada struktur, merubah dimensi batang dan bisa juga mengganti peraturan-peraturan tanpa harus mengulang analisis struktur tersebut, dan software ini dilengkapi dengan beberapa template seperti 2D dan 3D.



Gambar 2.21 Tampak 2D pada SAP2000



Gambar 2.22 Tampak 3D pada SAP2000

2.8 Penelitian Terdahulu

- Dalam penelitian yang berjudul Standar Pembebanan Pada Jembatan Menurut SNI 1725:2016 (Sertiyarto 2017) diketahui bahwa adanya perbedaan yang besar pada beban angin, gempa dan beberapa kombinasi pembebanan dari RSNI T-02-2005 dan SNI 1725:2016.
- Dalam penelitian berjudul Analisis Perbandingan Pedoman Pembebanan RSNI T-02-2005 dan SNI 1725:2016 Pada Struktur Jembatan (Sertiyarto dkk, 2017) diketahui bahwa nya adanya beberapa perbedaan dalam metode atau penentuan nilai beban yang terjadi pada jembatan. Berikut hasil rekapitulasi perbandingan pembebanan yang tercantum pada penelitian sebelumnya.

Tabel 2.29 Rekapitulasi Perbandingan Pembebanan (Sertiyarto et all 2017)

No.	Jenis Beban	Perbandingan RSNI T-02-2005 dan SNI 1725:2016.
1	Berat sendiri (MS)	√
2	Beban mati tambahan (MA)	√
3	Beban lajur "D" (TD)	√
4	Gaya rem (TB)	X
5	Beban pejalan kaki	X
6	Beban angin (EW)	X
7	Beban gempa (EQ)	X
Keterangan : Sama (√) Berbeda (X)		