BAB II
STUDI LITERATUR

2.1 Jembatan

Jembatan merupakan suatu bangunan yang dipergunakan untuk melintasi lalulintas dari rintangan yang berupa: sungai ataupun saluran air, lembah, jurang danau dan jalan raya ataupun jalan KA, harus direncanakan dengan menggunakan jenis struktur dan bahan konstruksi yang tepat sehingga dicapai optimalisasi perencanaan sesuai dengan fungsinya.

Adapun definisi jembatan secara umum adalah suatu konstruksi yang dibangun untuk melewatkan suatu massa atau *traffic* lewat atas suatu penghalang atau rintangan seperti sungai, rel kereta api ataupun jalan raya. Penjelasan pada Pasal 86 ayat (3) PP No. 34 Tahun 2006 tentang jalan menyebutkan bahwa yang dimaksud dengan "jembatan" adalah jalan yang terletak di atas permukaan air dan atau di atas permukaan tanah.

2.2 Klasifikasi jembatan

Jembatan diklasifikasikan berdasarkan beberapa jenis, yaitu jembatan berdasarkan Material, fungsi, lokasi, dan bentuk konstruksi.

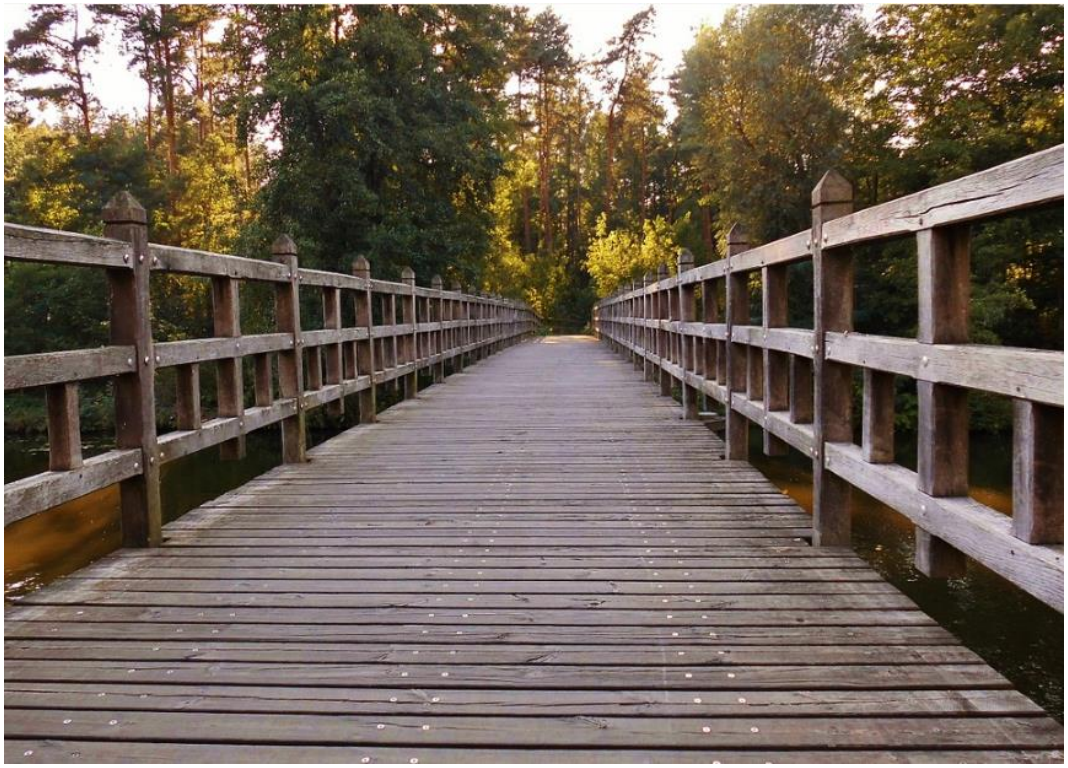
2.2.1 Jembatan menurut material

Klasifikasi jembatan menurut material yang digunakan dibedakan atas bahan yang dominan dipergunakan, terutama bahan sebagai struktur utama Banguan Atas (Gelarinduk) yaitu :

A. Jembatan kayu

Jenis jembatan ini bangunan atasnya terbuat dari bahan balok kayu sebagai gelagar jembatan dan papan sebagai struktur lantai kendaraan. Bahan kayu yang digunakan diambil dari kayu jenis kelas awet (A) dan kelas kelas kekuatan (I) yang biasanya dari jenis kayu Jati, kayu Bengkirai, kayu Ulin, dan kayu-kayu jenis lain yang tahan terhadap air dan cuaca.

Bentuk struktur dari jembatan kayu biasanya berupa ; Jembatan Rangka Batang Kayu dan Jembatan Gelagar biasa yang basanya digunakan pada jembatan bentang pendek. Alat sambung yang digunakan untuk sambungan antara elemen jembatan digunakan Baut Biasa dengan pelat simpul dari pelat baja.



Gambar 2-1 Jembatan Kayu

(sumber : https://pixabay.com/en/wooden-bridge-away-wooden-boards-451620/)

B. Jembatan pasangan batu

Jembatan jenis ini seluruh struktur baik struktur bawah (*Sub structrure*) dan struktur atas (*Super structure*) dibuat dari pasangan batu kali atau bata merah yang merupakan jenis jembatan dengan struktur sistim grafitasi yang kekuatannya

mengandalkan dari berat struktur. Bentuk dari jembatan ini sebagian besar berbentuk struktur lengkung dibagian bentang yang harus menahan beban utama seperti pada gambar berikut :



Gambar 2-2 Jembatan Pasangan Batu

(sumber : https://pixabay.com/en/photos/jembatan%20batu%20lengkung/)

C. Jembatan Baja

Jembatan baja pada umumnya digunakan untuk jembatan dengan bentang yang panjang dengan beban yang diterima cukup besar. Seperti halnya beton prategang, penggunaan jembatan baja banyak digunakan dan bentuknya lebih bervariasi, karena dengan jembatan baja bentang yang panjang biayanya lebih ekonomis. Jembatan jenis ini bermacam-macam tipe dan bentuknya, Seperti Jembatan Gelagar Biasa, Jembatan Gelagar Box, Jembatan Gelagar Plat Girder, Jembatan Rangka Batang, Jembatan Gantung yang sangat tergantung dari bentang jembatan.



Gambar 2-3 Jembatan Baja

(sumber : https://pixabay.com/en/budapest-liberty-bridge-2231597/)

D. Jembatan Beton

Jembatan dengan material beton banyak digunakan dan perkembangan teknologi jembatan beton sangat pesat baik teknologi strukturnya maupun cara pelaksanaannya. Jembatan dengan material beton sering dilaksanakan dengan cara cor ditempat atau dengan beton pracetak. Tipe jembatan beton ini antara lain : Jembatan Monolit, jembatan Prategang, Jembatan Komposit.



Gambar 2-4 Jembatan Beton

(sumber : https://pixabay.com/en/bridge-concrete-arch-gorge-1031500/)

E. Jembatan Komposit

Jembatan komposit merupakan perpaduan antara dua bahan yang sama atau berbeda dengan memanfaatkan sifat menguntungkan dari masing–masing bahan tersebut, sehingga kombinasinya akan menghasilkan elemen struktur yang lebih efisien.



Gambar 2-5 Jembatan Komposit

(sumber : https://pixabay.com)

F. Jembatan Beton Prategang

Jembatan beton prategang merupakan jembatan beton bertulang yang diberikan tekanan pada gelagarnya untuk menambah kekuatan tarik pada beton. Beton prategang ditarik dengan baja mutu tinggi yang dimasukkan kedalam selongsong didalam beton sebesar gaya penegangan tertentu.



Gambar 2-6 Jembatan Beton Prategang

(sumber : https://ronymedia.wordpress.com/2010/04/30/jembatan-rantau-pernah-roboh/)

2.2.2 Klasifikasi Jembatan Menurut Fungsi

A. Jembatan Jalan Raya

Jembatan yang digunakan untuk menghubungkan jalan raya yang melintasi rintangan seperti sungai, jalan lain dan sebagainya. untuk dilewati lalu lintas kendaraan darat.



Gambar 2-7 Jembatan Jalan Raya

(sumber : http://www.eschlbeck.de/ES-BUNGEE-2012-Bild2.php)

B. Jembatan Penyebrangan Orang

Jembatan pejalan kaki adalah jembatan yang dibuat khusus untuk para pejalan kaki untuk melintasi hambatan seperti jalan raya, rel kereta api, sungai dan sebagainya.



Gambar 2-8 Jembatan Penyebrangan Orang

(sumber : https://adecahyapurnama.wordpress.com/2012/01/27/jangan-bangun-jembatan-penyeberangan-lagi/)

C. Jembatan Kereta Api

Jembatan yang dirancang khusus untuk dapat dilintasi kereta api. Perencanaan jembatan ini dari jalan rel kereta api, ruang bebas jembatan, hingga beban yang diterima oleh jembatan disesuaikan dengan kereta api yang melewati jembatan tersebut.



Gambar 2-9 Jembatan Kereta Api

(sumber : http://naikkeretaapi.blogspot.co.id/2011/08/pesona-jembatan-kereta-api-di-priangan.html)

2.2.3 Jembatan Menurut Lokasi

Adapun jembatan menurut lokasinya dibangun dapat dibedakan menjadi :

1. Jembatan di atas sungai atau danau
2. Jembatan di atas lembah
3. Jembatan di atas saluran irigasi / drainase (*culvert*)
4. Jembatan di atas jalan yang sudah ada (*fly over*)
5. Jembatan di dermaga

2.2.4 Jembatan Menurut Bentang

Menurut BMS (Bridge Manajemen System) jembatan dibagi menjadi beberapa jenis berdasarkan bentangnya, Tabel 2.1 menunjukkan jenis-jenis jembatan berdasarkan bentang yang terdapat pada BMS.

Tabel 2-1 Jenis Jembatan Berdasarkan Bentang

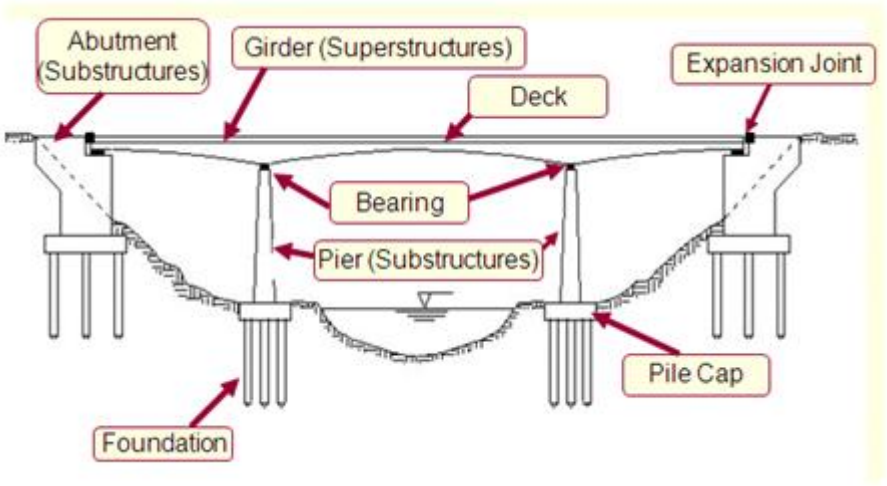
(Sumber : *Bridge Management System* 1992)

No.	Jenis Bangunan Atas	Variasi	Perbandingan H/L tipikal	Penampilan
A.	**Konstruksi Kayu :**			
1	Jembatan balok dengan lantai urug atau lantai papan	5 - 20 m	1 / 15	kurang
2	Gelagar Kayu gergaji dengan papan lantai	5 - 10 m	1 / 5	kurang
3	Rangka lantai atas dengan papan kayu	5 - 20 m	1 / 5	kurang
4	Gelagar baja dengan lantai papan kayu	5 - 35 m	1 / 7 – 1 / 30	kurang
B.	**Kontruksi Baja :**			
1	Gelagar baja dengan lantai plat baja	5 - 25 m	1 / 25 – 1 / 27	kurang
2	Gelagar baja dengan lantai beton komposit (bentang sederhana dan menerus)	15 - 50 m 35 - 90 m	1 / 20	Fungsional
3	Rangka lantai bawah dengan plat beto	30 - 100 m	1 / 8 – 1 / 11	kurang
4	Rangka baja menerus	60 - 150 m	1 / 10	Baik
C.	**Konstruksi Beton Bertulang :**			
1	Plat beton bertulang	5 - 10 m	1 / 12.5	Fungsional
2	Plat berongga	10 - 18 m	1 / 18	Fungsional
3	Gelagar beton "T"	6 - 25 m	1 / 12 – 1 / 15	Fungsional
4	Lengkung beton (parabola)	30 - 70 m	1 / 30	Estetik
D.	**Jembatan beton pratekan :**			
1	Segment plat	6 - 12 m	1 / 20	Fungsional

No.	Jenis Bangunan Atas	Variasi	Perbandingan H/L tipikal	Penampilan
2	Gelagar I dengan lantai beton komposit, bentang menerus	20 - 40 m	1 / 17.5	Fungsional
3	Gelagar "T" pasca penegangan	20 - 45 m	1 / 16.5 – 1 / 17.5	Fungsional
4	Gelagar boks menerus, pelaksanaan kantilever	6 - 150 m	1 / 18 – 1 / 20	Estetik

2.3 Bagian – Bagian Struktur Jembatan

Struktur jembatan terbagi atas Konstruksi Bangunan atas *(Superstructure)* dan Konstruksi Bangunan Bawah *(Substructure)*, yang terdiri atas bagian-bagian struktur sebagai berikut :



Gambar 2-10 Bagian Bagian Jembatan

(Sumber : sanggartekniksipil.blogspot.co.id)

2.3.1 Struktur Bagian Atas (*Super Structures*)

Merupakan struktur yang langsung menerima semua beban termasuk Beban hidup lalu-lintas dan berat sendiri struktur, bentuk struktur bangunan atas ini menggambarkan tipe atau jenis strukutur jembatan. Bangunan atas terdiri dari bagian-bagian :

A. Pelat Lantai Kendaraan

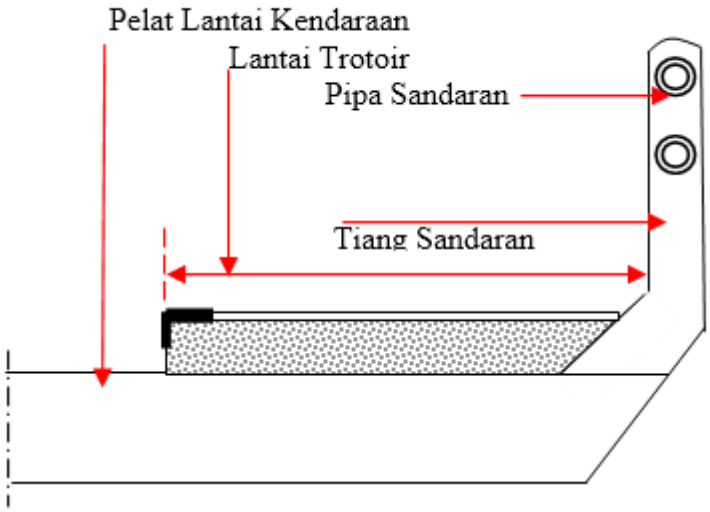
Merupakan bagian konstruksi jembatan yang langsung menerima beban lalu-lintas yang berjalan di atasnya, yang di dalam perencanaan diperhitungkan terhadap beban hidup/muatan “T” dari tekanan gandar roda kendaraan dan berat konstruksi yang dipikulnya (termasuk berat sendiri lantai). Lantai kendaraan biasanya digunakan Balok papan kayu atau yang sering digunakan adalah lantai beton bertulang. Lantai kendaraan diletakkan langsung di atas Gelagar Induk atau Gelagar memanjang pada jembatan Rangka Batang .

B. Trotoar

Merupakan bagian layanan jembatan yang digunakan untuk sarana pejalan kaki, yang berada dibagian pinggir kiri-kanan lantai kendaraan. Ketinggian permukaan lantai Trotoir dibuat lebih tinggi dari pada ketinggian permukaan lapisan aus lantai kendaraan.

C. Tiang Sandaran

Tiang sandaran yang dilengkapi dengan pipa sandaran merupakan bagian struktur jembatan yang dipasang dibagian tepi luar lantai Trotoar sepanjang bentang jembatan berfungsi sebagai pengaman untuk pejalan kaki yang lewat diatas trotoar, juga merupakan konstruksi pelindung bila terjadi kecelakaan lalu-lintas.



Gambar 2-11 Konstruksi Trotoar dan Tiang Sandaran

(Sumber:Dokumen Pribadi)

D. Gelagar Memanjang (Balok Lantai)

Merupakan bagian konstruksi jembatan yang berfungsi memikul lantai kendaraan yang kemudian meneruskan beban-beban tersebut kebagian konstruksi di bawahnya.

E. Gelagar Melintang

Adalah bagian konstruksi yang berada di bawah gelagar memanjang untuk memikul gelagar memanjang yang akan diteruskan ke gelagar induk. Gelagar ini akan menahan momen lentur dan momen puntir bila terjadi gaya-gaya arah melintang jembatan seperti angin dan gempa.

F. Gelagar Induk

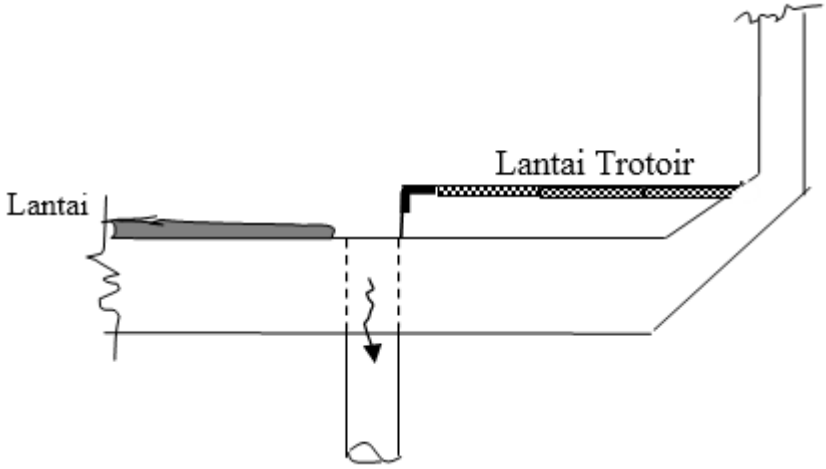
Merupakan bagian utama konstruksi bangunan atas, yang berfungsi meneruskan seluruh beban yang diterima bangunan atas dan diteruskan ke bangunan bawah. Gelagar induk biasanya biasanya berupa Rangka batang atau balok Girder dan Balok Komposit

G. Tumpuan Jembatann

Sebagai bagian struktur yang diletakkan diatas *Abutment* dan Pilar sebagai landasan Gelagar Induk menumpu di bagian struktur bawah. Bahan yang sering digunakan Sebagai Tumpaun ini adalah Basi Cor (Berupa *Roll* dan Engsel), dan Lempengan Super *Rubber Elasitic* yang dilapisi pelat baja.

H. Drainase

Drainase pada Jembatan berfungsi untuk mengalirkan air yang ada di lantai kendaraan ke saluran pembuang sehingga tidak menggenangi lantai kendaraan jembatan, yang sangat mengganggu jalannya lalu-lintas yang melewatinya. Letak dan susunan dari *drainase* ini ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2-12 *Drainase* Lantai Kendaraan

(Sumber:Dokumen Pribadi)

2.3.2 Struktur Bagian Bawah (*Sub Structures*)

Merupakan struktur yang berhubungan langsung dengan tanah pendukung atau pondasi jembatan, yang berfungsi meneruskan beban dari seluruh bangunan atas lewat tumpuan jembatan yang diteruskan ke tanah pendukung /pondasi. Bangunan bawah ini terdis atas :

A. Abutment

Bagian yang memikul kedua pangkal jembatan yang terletak di ujung bentang jembatan (di tepi-tepi lebar lintasan) yang berfungsi untuk neneruskan seluruh beban bangunan atas ke pondasi/tanah pendukung, bagian ini dibangun dari bahan beton bertulang atau pasangan batu kali yang dilengkapi dengan sayap *Abutment*.



Gambar 2-13 *Abutment* Jembatan

(sumber : www.google.com)

B. Pilar

Merupakan bagian lain dari bangunan bawah yang terletak di bentang jembatan diantara pangkal jembatan, berfungsi seperti *Abutment* yang membagi beban dan memperpendek bentang jembatan. Biasanya dibangun dari Beton bertulang atau tiang panjang (beton atau Pipa baja) dan di atasnya terdapat kepala pilar.



Gambar 2-14 Pilar Jembatan

(sumber : *https://fadlyfauzie.wordpress.com***)**

C. Pondasi

Pondasi berfungsi menyalurkan dan meratakan beban dari *abutment* ke tanah pendukung. Penggunaan jenis pondasi tergantung dari kondisi tanah pendukung.



Gambar 2-15 Pondasi *Bored Pile*

Sumber : Dokumen pribadi

2.4 Pembebanan 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.

2.4.1 Berat Sendiri (MS)

Berat sendiri dari bagian 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.

Tabel 2-2 Faktor Beban untuk Berat Sendiri

(sumber : Pedoman Pembenbanan 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

Massa setiap bagian harus dihitung berdasarkan dimensi yang tertera dalam gambar dan berat jenis yang di gunakan, serta bagian-bagian bangunan tersebut adalah masa dikalikan dengan percepatan gravitasi (*g*). percepatan gravitasi yang di gunakan adalah 9,8 m/detik^2. Besarnnya kerapatan massa dan berat isi untuk berbagai acam bahan di sajikan dalam bentuk tabel.

Tabel 2-3 Kerapatan Massa dan Berat isi

(sumber : Pedoman Pembenbanan 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

No.	Bahan	Berat isi (kN/m^3)	Kerapatan Massa (kg/m^3)
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

Tabel 2-4 Kerapatan Massa dan berat isi SNI 2016

(sumber : Pedoman Pembenbanan 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	2320
		35 < f'c <105 MPa	22 + 0.22 f'c	2240 + 2.29 f'c
8	Baja		78.5	7850
9	Kayu (ringan)		7.8	800
10	Kayu Keras		11.0	1125

2.4.2 Beban Mati Tambahan (M_A)

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 KMA yang telah berkurang boleh digunakan dengan persetujuan Instansi yang berwenang. Hal ini bisa dilakukan apabila Instansi tersebut mengawasi beban mati tambahan sehingga tidak dilampaui selama umur jembatan.

Tabel 2-5 Faktor Beban Mati Tambahan

(sumber : Pedoman Pembenbanan RSNI T-02-2005)

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN			
	$K_{S;;MA;}$		$K_{U;;MA;}$	
			Biasa	Terkurangi
Tetap	Keadaan umum	1,0 (1)	2,0	0,7
	Keadaan khusus	1,0	1,4	0,8
CATATAN (1) Faktor beban daya layan 1,3 digunakan untuk berat utilitas				

2.4.3 Beban Lalu Lintas (T_D)

A. Beban Lajur "D"

Secara umum, beban "D" merupakan beban penentu dalam perhitungan jembatan yang mempunyai bentang sedang sampai panjang, sedangkan beban "T" digunakan untuk bentang pendek dan lantai kendaraan. Berikut adalah nilai faktor beban akibat beban lajur "D" seperti pada Tabel 2.6 di bawah ini.

Tabel 2-6 Beban akibat Beban Lajur "D"

(sumber : Pedoman Pembenbanan RSNI T-02-2005)

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

Beban lajur "D" terdiri dari beban terbagi rata (BRT) yang digabung dengan beban garis (BGT). Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas q kPa , dimana besarnya q tergantung pada panjang total yang dibebani L seperti berikut:

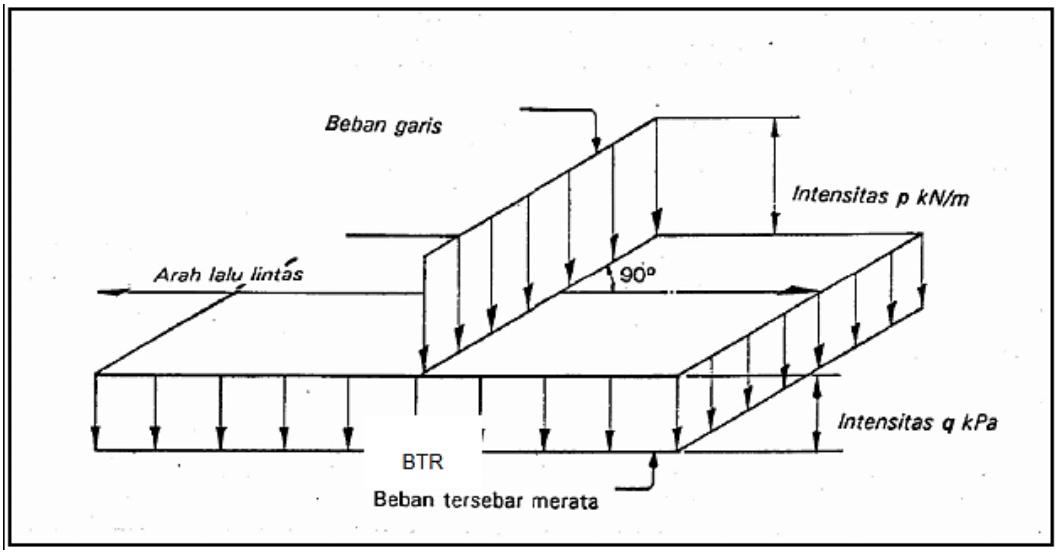
$L \leq 30$ m : q = 9,0 kPa

$L > 30$ m : $q = 9{,}0\ (0{,}5+\frac{15}{L})$ kPa

dengan pengertian:

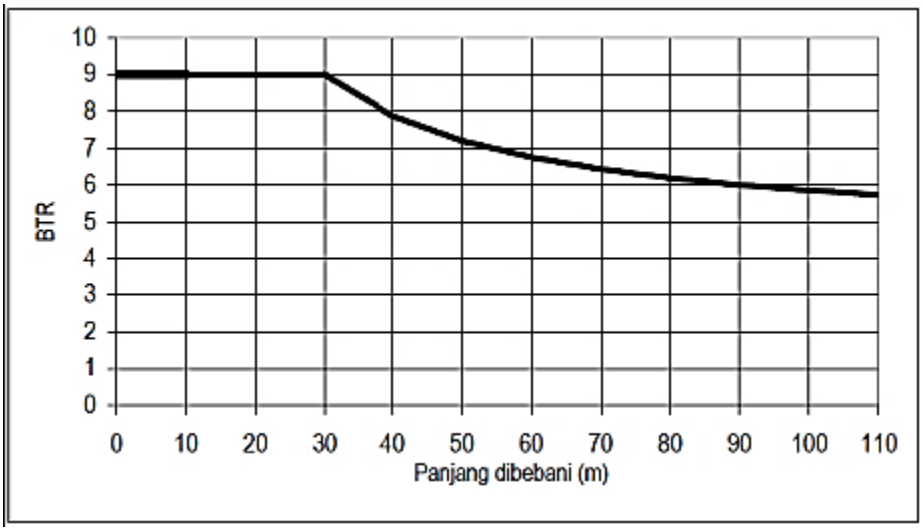
1. q adalah intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan.
2. L adalah panjang total jembatan yang dibebani (meter).

Panjang yang dibebani L adalah panjang total BTR yang bekerja pada jembatan. BTR mungkin harus dipecah menjadi panjang-panjang tertentu untuk mendapatkan pengaruh maksimum pada jembatan menerus atau bangunan khusus, dalam hal ini, L adalah jumlah dari masing-masing panjang beban-beban yang dipecah, seperti pada Gambar 2.16 serta perbandingan antara BTR dan panjang bentang yang dibebani pada Gambar 2.17 di bawah ini.



Gambar 2-16 Beban Lajur "D"

(sumber : Pedoman Pembenbanan RSNI T-02-2005)



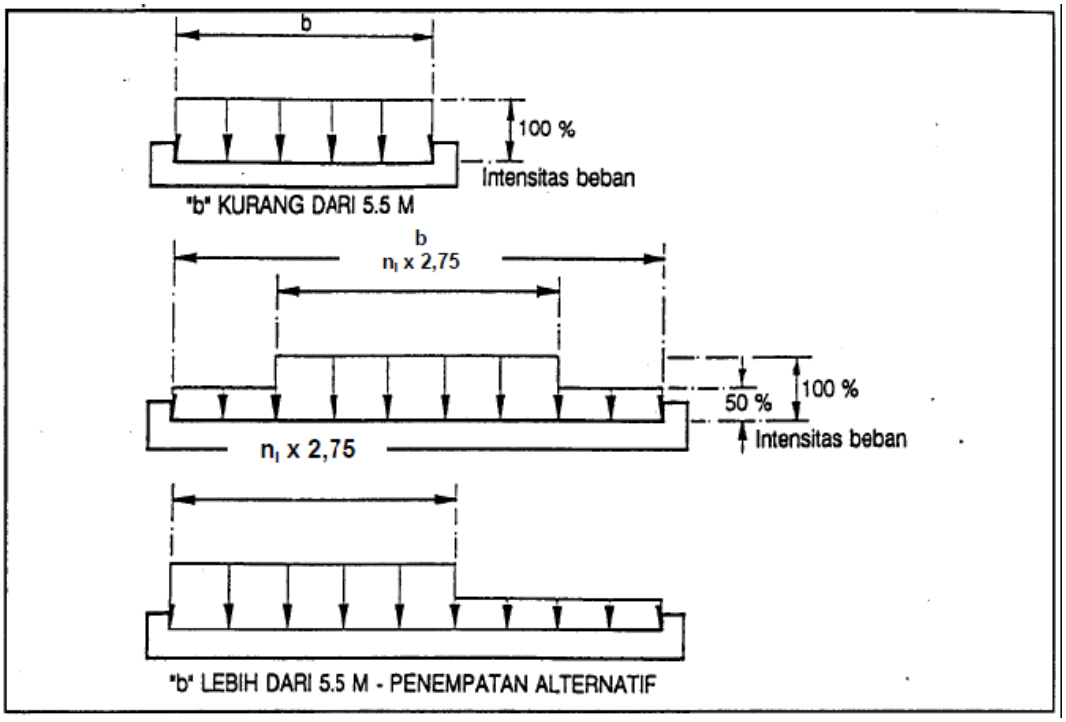
Gambar 2-17 Beban "D" : BTR vs Panjang yang Dibebani

(sumber : Pedoman Pembenbanan RSNI T-02-2005)

Beban garis (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.

Beban “D” harus disusun pada arah melintang sedemikian rupa sehingga menimbulkan momen maksimum. Penyusunan komponen-komponen BTR dan BGT dari beban “D” pada arah melintang harus sama. Jika lebar jalur kendaraan jembatan kurang atau sama dengan 5,5 m, maka beban “D” harus ditempatkan pada seluruh jalur dengan intensitas 100% dan jika lebar jalur lebih besar dari 5,5 m, beban “D” harus ditempatkan pada jumlah lajur lalu lintas rencana (nl) yang berdekatan dengan intensitas 100%.

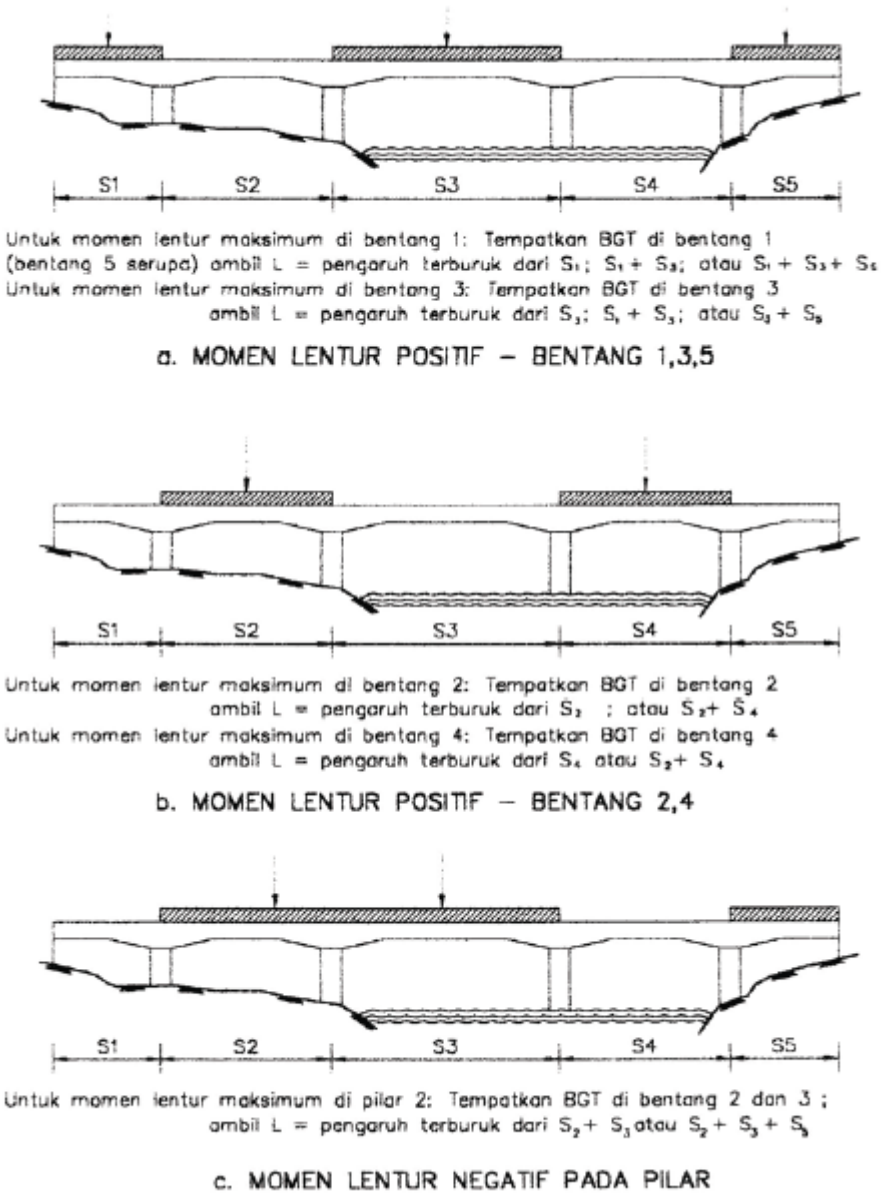
Hasil dari beban garis ekivalen adalah sebesar nl x 2,75 q kN/m dan beban terpusat ekivalen sebesar nl x 2,75 p kN, kedua-duanya bekerja berupa strip pada jalur selebar nl x 2,75 m. Beban “D” tambahan harus ditempatkan pada seluruh lebar sisa dari jalur dengan intensitas sebesar 50%. Susunan pembebanan untuk beban “D” dapat dilihat pada Gambar 2.18 bawah ini.



Gambar 2-18 Penyebaran Pembebanan pada Arah Melintang

(sumber : Pedoman Pembenbanan RSNI T-02-2005)

Distribusi beban hidup dalam arah melintang digunakan untuk memperoleh momen dan geser dalam arah *longitudinal* pada gelagar jembatan dengan mempertimbangkan beban lajur "D" tersebar pada seluruh lebar balok (tidak termasuk kerb dan trotoar) dengan intensitas 100% untuk panjang terbebani yang sesuai.

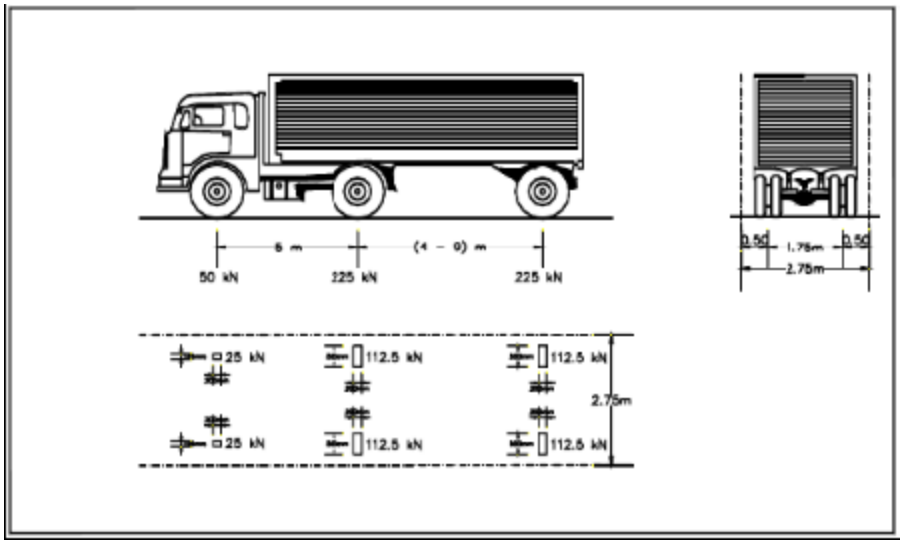


Gambar 2-19 Susunan Beban "D"

(sumber : Pedoman Pembenbanan RSNI T-02-2005)

B. Beban Lalu Lintas (Pembebanan Truk "T")

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



Gambar 2-20 Pembebanan Truk "T" (500 kN)

(sumber : Pedoman Pembenbanan RSNI T-02-2005)

Dalam analasis pembebanan Truk “T” penulis menggunakan aplikasi struktur rekayasa SAP2000 untuk mengetahui gaya dalam yang terjadi, dengan pemodelan beban berjalan, sehingga dapat menghasilkan nilai momen *ultimate.*

2.4.4 Beban Rem (T_B)

A. Beban Rem pada RSNI T-02-2005

Tabel 2-7 Faktor beban akibat gaya rem

(sumber : Pedoman Pembenbanan RSNI T-02-2005)

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

Gaya rem diperhitungakan senilai dengan gaya rem sebesar 5% dari beban lajur yang dianggap ada pada setiap jalur lalu lintas, gaya rem diambil tersbut dianggap bekerja horizontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap 1,8 m di atas permukaan lantai jembatan, beban lajur D diambil q = 9 kPa bila panjang bentang tidak melebihi 30m.

B. Beban Rem pada 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 ini harus di asumsikan untuk bekerja secara *horizontal* pada jarak 1800 mm diatas permukaan jalan pada masing-masing arah longitudinal dan dipilih yang paling menentukan .

2.4.5 Pembebanan Untuk Pejalan Kaki (T_P)

A. Beban Pejalan Kaki pada RSNI T-02-2005

- Semua elemen dari trotoar atau jembatan penyebrangan yang langsung memikul pejalan kaki harus direncanakan beban nominal 5 kPa, atau.
- Jika trotoar memungkinkan digunakan kendaraan ringan atau ternak, maka trotoar harus direncanakan dengan beban hidup terpusat 20 kN

B. Beban Pejalan Kaki pada SNI 1725:2016

- Komponen trotoar harus direncanakan untuk memikul beban pejalan kaki dengna intensitas 5 kPa dan dianggap bekerja dengan beban kendaraan pada masing-masing lajur kendaraan.
- Jika dimasa depan terjadi perubahan fungsi pada trotoar menjadi lajur kendaraan, maka beban hidup kendaraan harus diterapkan sejarak 250 mm dari tepi parapet dalam.

2.4.6 Beban Angin (E_W)

A. Beban Angin pada RSNI T-02-2005

Gaya nominal ultimit dan daya layan jembatan akibat angin tergantung kecepatan angin rencana seperti berikut :

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

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 begian 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 2-8 Koefisien Geser Cw

(sumber : Pedoman Pembenbanan RSNI T-02-2005)

Tipe Jembatan	C_W
Bangunan atas masif: (1), (2) *b/d* = 1.0 *b/d* = 2.0 *b/d* ≥ 6.0	 2.1 (3) 1.5 (3) 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 2-9 Kecepatan Angin Rencana

(sumber : Pedoman Pembenbanan RSNI T-02-2005)

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

B. Beban Angin pada SNI 1725:2016

1. Beban angin pada struktur (EWs)

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:

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

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, dapa 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 Vo = V_B
- Tabel nilai vo dan zo untuk berbagai variasi kondisi permukaan hulu

Tabel 2-10 Nilai Zo dan Vo untuk berbagai kondisi Permukaan Hulu

(sumber : Pedoman Pembenbanan SNI 1725:2016)

Kondisi	**Lahan Terbuka**	**Sub Urban**	**Kota**
Vo (km/jam)	13,2	17,6	19,3
Zo (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 *horizontal*, dengan tidak adanya data yang lebih tepat, tekanan angin rencana dalam MPa dapat ditetapkan dengan menggunankan persamaan sebagai berikut :

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

Keterangan :

P_B adalah tekanan angin dasar yang di tentukan dalam tabel 2-11

Tabel 2-11 Tekanan Angin dasar
(sumber : Pedoman Pembenbanan SNI 1725:2016)

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. Beban angin pada kendaraan (EW_I)

Tekanan angin juga harus direncakann pada kendaraan yang melintas di jembatan, dimana tekanan tersebut di asumsikan sebesar 1,46 N/mm, dan searah tegak lurus dan bekerja 1,8 m di atas permukaan jalan.

2.4.7 Beban Gempa (E_Q)

A. Beban Gempa pada RSNI T-02-2005

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

$T*EQ = Kh \; .I \; .WT$

$Kh = C \; .S$

Dimana :

T*EQ : Gaya geser dasar total dalam arah yang ditinjau (KN)

Kh : *Koefisien* beban gempa *horizontal*

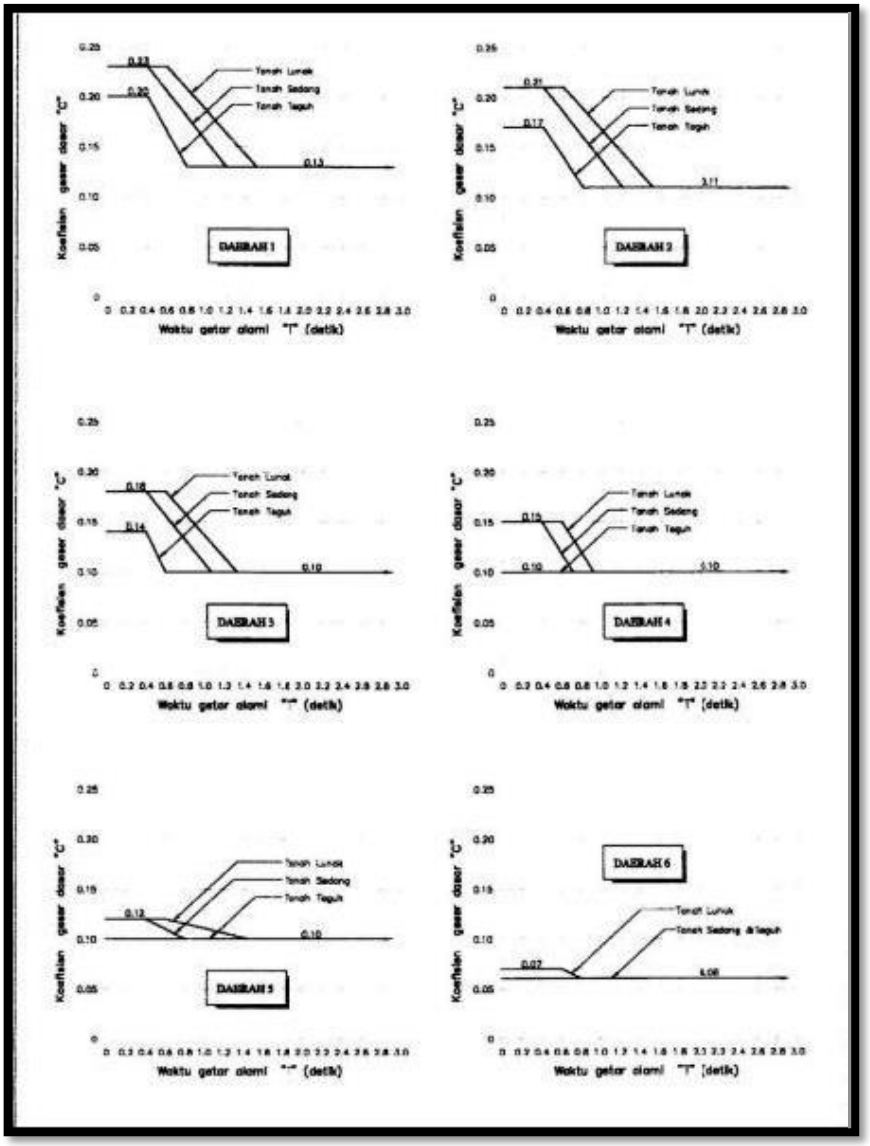
C : *Koefisien* geser dasar untuk daerah, waktu dan kondisi setempat

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)

Koefisien geser dasar C diperoleh dari Gambar 2-21 dan sesuai dengan daerah gempa, *fleksibilitas* tanah dibawah permukaan dan waktu getar bangunan. Gambar 2-21 digunakan untuk menentukan pembagian daerah.



Gambar 2-21 Koefisien geser dasar (C) plastis untuk analisis statis
(sumber : Pedoman Pembenbanan RSNI T-02-2005)

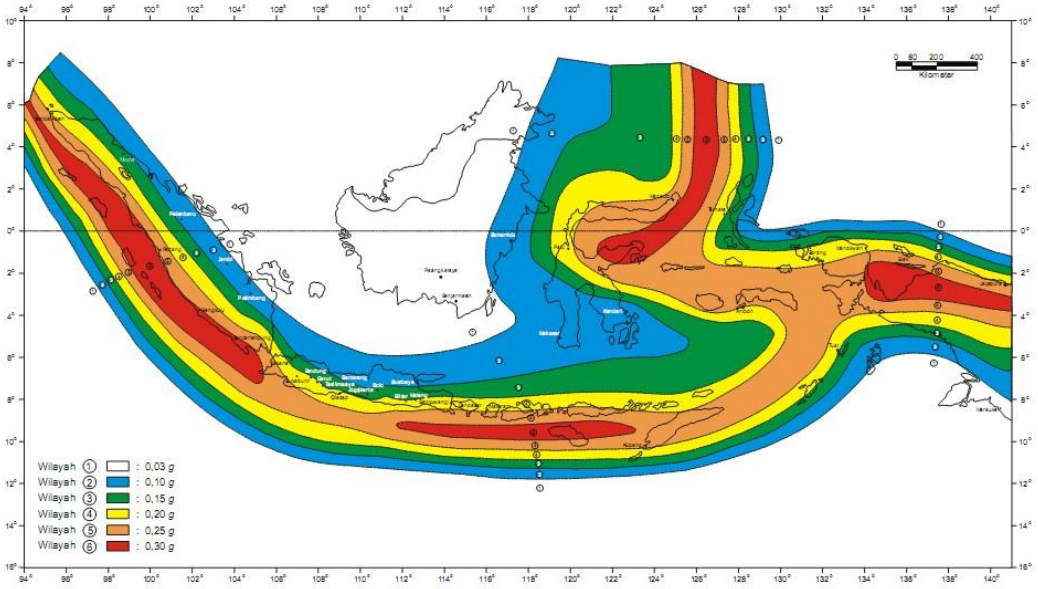
Sebelum mendapatkan nilai C, kita perlu mengetahui wilayah gempa (Gambar 2-22) pada titik proyek. Lalu kita perlu menghitung waktu getar alami fundamental (T) dari suatu bangunan. Dengan rumus :

$$T = 0{,}06 \times H^{\frac{3}{4}}$$

Dimana :

T = Waktu getar alami fundamental

H = Tinggi Kolom



Gambar 2-22 Wilayah Gempa di Indonesia

(Sumber : Pedoman Pembebanan Gempa untuk jembatan SNI-1726-2012)

Faktor kepentingan I ditentukan dari Tabel 2-12. Faktor lebih besar memberikan frekuensi lebih rendah dari kerusakan bangunan yang diharapkan selama umur jembatan.

Tabel 2-12 Faktor Kepentingan

(sumber : Pedoman Pembenbanan SNI 1725:2016)

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 lainny 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

Faktor tipe bangunan S yang berkaitan dengan kapasitas penyerapan energi (kekenyalan) dari jembatan, diberikan dalam Tabel 2-13.

Tabel 2-13 Faktor Tipe Bangunan

(sumber : Pedoman Pembenbanan SNI 1725:2016)

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 = Faktor perangkaan

= 1,25 – 0,025 n ; F ≥ 1,00

n = jumlah sendi plastis yang menahan ceformasi 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)

B. Beban Gempa pada SNI 1725:2016

Jembatan harus direncanakan agar memiliki kuat terhadap getaran gempa, beban gempa diambil sebagai gaya *horizontal* yang berdasarkan perkalian antara *koefisien* respon *elastic* (Csm) dengan berat struktut ekivalen yang kemudian dimodifikasi dengan *faktor* modifikasi respon (R_d) dengan persamaan sebagai berikut :

$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R_d} W_t$$

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 Csm 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 amplifikai sesuai dengan keadaan tanah sampai kedalam 30 m di bawah strutur jembatan.

Untuk mendapat nilai Csm, dihitung dengan persamaan

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

Dengan syarat nilai C_{sm} tidak boleh melebihi nilai dari persamaan C_{s1} dan tidak boleh kurang dari persamaan $C_{s3}3$

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

$C_{s3} = 0{,}044\ S_{DS}\ I_e \geq 0{,}01$

Untuk mendapat parameter-parameter diatas perlu dilakukan analisis lebih lanjut mengenai beban gempa, namun sekarang sudah ada program dalam penentuan parameter percepatan gempa melalui program Desain Spektra Indonesia pada situs http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/.

2.4.8 Beban Akibat Temperature (EUn)

Defortmasi akibat perubahan suhu disekitar dapat mempengaruhi kekuatan beton, perbedaan antara temperatur minimum atau maksimum dengan *temperature* nominal yang di asumsikan dalam perencanaan harus digunakn untuk menghitung pengaruh deformasi yang terjadi akibat perubahan suhu.

$\Delta T = \alpha L\ (T_{\max desain} - T_{\min desain})$

Keterangan :

L adalah panjang komponen jembatan (mm)

α adalah koefisien muai temperature (mm/mm/^{o}C)

Tabel 2-14 Faktor beban akibat pengaruh *Temperatur*/Suhu

(sumber : Pedoman Pembenbanan RSNI T-02-2005)

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN		
	$K_{S;;ET;}$	$K_{U;;ET;}$	
		Biasa	*Terkurangi*
Transien	1,0	1,2	0,8

Tabel 2-15 *Temperature* jembatan rata-rata nominal

(sumber : Pedoman Pembenbanan RSNI T-02-2005)

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 bisa dikurangi 5°C untuk lokasi yang terletak pada ketinggian lebih besar dari 500 m diatas permukaan laut.		

Tabel 2-16 Sifat bahan rata-rata akibat pengaruh *tempreratur*

(sumber : Pedoman Pembenbanan RSNI T-02-2005)

Bahan	Koefisien perpanjangan akibat suhu (α)	Modulus Elastisitas (MPa)
Baja	12 x 10^{-6} per °C	200.000
Beton: Kuat tekan <30 MPa Kuat tekan >30 MPa	 10 x 10^{-6} per °C 11 x 10^{-6} per °C	 4700√fc' 4700√fc'

2.4.9 Rekapitulasi perbedaan pedoman pembebanan

Untuk memudahkan pembaca dalam membandingkan pembebanan yang berbeda atau pun yang sama antara kedua pedoman pembebanan pada jembatan, maka penulis menyajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 2-17 Rekapitulasi perbandingan pembebanan

(sumber : Hasil Analisis, 2017)

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

2.5 Kombinasi Pembebanan

2.5.1 Kombinasi Pembebanan Pada RSNI T-02-2005

Aksi rencana digolongkan kedalam aksi tetap dan *transien*, kombinasi beban umumnya didasarkan kepada beberapa kemungkinan tipe yang berbeda dari aksi yang bekerja secara bersamaan. Aksi rencana ditentukan dari aksi nominal yaitu mengalikan aksi nominal dengan *faktor* beban yang memadai.

Seluruh pengaruh aksi rencana harus mengambil *faktor* beban yang sama, apakah itu biasa atau terkurangi. Sehingga diambil kondisi yang paling kritis.

Tabel 2-18 Tipe aksi Rencana

(sumber : Pedoman Pembenbanan RSNI T-02-2005)

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}
		Beban tumbukan	T_{TC}
Tekanan tanah	P_{TA}	Beban angin	T_{EW}
Penurunan	P_{ES}	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 2-19 Kombinasi beban umum untuk keadaan batas kelayanan dan ultimit

(sumber : Pedoman Pembenbanan RSNI T-02-2005)

Aksi	Kelayanan						Ultimit					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Aksi Permanen : Berat sendiri Beban mati tambahan Susut rangak Pratekan Pengaruh beban tetap pelaksanaan Tekanan tanah Penurunan	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
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	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					

Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum

2.5.2 Kombinasi Pembebanan Pada SNI 1725:2016

Beban permanen dan *transien* dikelompokan dan diberi *symbol* untuk pembebanan itu sendiri, adapun sebagai berikut harus diperhitungkan dalam perencanaan jembatan :

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 *transien*

SH = gaya akibat susut/rangkak

TB = gaya akibat rem

TR = gaya *sentrifugal*

TC = gaya akibat tumbukan kendaraan
TV = gaya akibat tumbukan kapal
EQ = gaya gempa
BF = gaya *friksi*
TD = beban lajur "D"
TT = beban 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 jemabatan 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 terkurangi dengan beban yang timbul akibat tumbukan kapa, tumbukan kendaraan, banjit atau beban hidrolika lainnya.
Layan I	:	Semua pembenan yang berkaitan denga operasional jembatan serta penambahan beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam. Kombinasi ini juga digunakan untuk mengntrol lendutan pada gorong-gorong, pelat pelapis terowongan, pipa termoplastik, serta untuk mengotrol 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 tenganan Tarik pada kolom beton pratekan dengan tujuan untuk mengontrol besarnya retak.

Tabel 2-20 Kombinasi Beban dan Faktor beban

(sumber : Pedoman Pembenbanan SNI 1725:2016)

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 $\gamma_{MS}, \gamma_{MA}, \gamma_{SH}, \gamma_{PR}, \gamma_{PL}, \gamma_{SH}$ tergantung beban yang ditinjau

- γ_{EQ} adalah faktor beban hidup kondisi gempa