

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Uraian Umum

Jembatan adalah suatu konstruksi yang dibangun dengan melewati penghalang atau rintangan berupa sungai, danau, selat, rawa, rel, jalan, dan lain-lain dengan tujuan untuk menghubungkan dua daerah guna memperlancar transportasi darat.

Kesejahteraan dalam bidang perekonomian, pendidikan, sosial dan budaya semakin berkembang, sehingga menyebabkan tingkat arus lalu lintas semakin meningkat dari desa ke kota maupun sebaliknya. Adanya hubungan tersebut secara tidak langsung menyebabkan pemerintah diwajibkan untuk menyediakan sarana dan prasarana dalam perkembangan-perkembangan yang terjadi. Diharapkan dengan disediakannya fasilitas yang menunjang dan memperlancar perkembangan suatu desa atau kota, maka masyarakat akan merasa lebih nyaman dan lebih diutamakan kesejahteraannya.

Dari penjelasan singkat di atas dapat diketahui bahwa pembangunan Jembatan merupakan salah satu usaha untuk meningkatkan transportasi di suatu daerah, sehingga mobilisasi kegiatan penduduk yang terputus oleh adanya sungai, lembah dan sebagainya menjadi lebih mudah. Konstruksi jembatan terdiri dari *sub structure* (bangunan bawah) dan *upper structure* (bangunan atas).

2.1.1 Bangunan Bawah (*Sub Structure*)

Bangunan bawah jembatan adalah salah satu bagian dari konstruksi jembatan yang berdiri diatas pondasi penyangga dari bangunan atas dan juga seluruh beban yang bekerja pada bangunan atas. Bangunan bawah jembatan berfungsi sebagai konstruksi jembatan yang menahan beban dari bangunan atas jembatan dan menyalurkannya ke pondasi yang kemudian disalurkan menuju dasar tanah.

Pada dasarnya konstruksi bangunan bawah Jembatan dalam masalah perencanaan merupakan hal utama yang harus diperhatikan, karena merupakan salah satu penyaluran semua beban yang bekerja pada Jembatan termasuk juga gaya akibat gempa. Selain gaya-gaya tersebut, pada bangunan bawah juga bekerja gaya gaya akibat tekanan tanah dari oprit serta barang-barang hanyutan dan gaya-gaya sewaktu pelaksanaan. Ditinjau dari konstruksinya, struktur bawah Jembatan terdiri dari pondasi *bore pile*.

Pada dasarnya konstruksi bangunan bawah jembatan dalam masalah perencanaan merupakan hal utama yang harus diperhatikan, karena merupakan salah satu penyaluran semua beban yang bekerja pada jembatan termasuk juga gaya akibat gempa. Selain gaya-gaya tersebut, pada bangunan bawah juga bekerja gaya-gaya akibat tekanan tanah dari oprit serta barang-barang hanyutan dan gaya-gaya sewaktu pelaksanaan. Ditinjau dari konstruksinya, struktur bawah jembatan terdiri dari :

1. Pondasi

Pondasi jembatan adalah salah satu bagian dari konstruksi jembatan yang

terletak pada bagian bawah yang secara langsung berhubungan dengan tanah, dimana pada suatu jembatan secara keseluruhan beban yang akan disalurkan ke tanah harus melewati pondasi, oleh karena untuk setiap bangunan yang dibebani pasti akan mengalami penurunan, tetapi dalam penurunan tidak boleh melebihi batas yang telah ditentukan. Untuk batas maksimalnya, penurunan harus diusahakan terjadi secara merata atau tidak ada penurunan sama sekali, sehingga tidak merubah struktur bangunan yang ada.

Secara umum pondasi jembatan merupakan konstruksi jembatan yang terletak paling bawah dan berfungsi menerima beban dan meneruskannya kelapisan tanah keras yang diperhitungkan cukup kuat menahannya.

Dalam merencanakan pondasi ada 2 (dua) hal utama yang harus diperhatikan, yaitu:

- Daya dukung tanah, adalah kemampuan tanah dasar untuk menahan beban pondasi tanpa terjadi keruntuhan, geser atau deformasi geser.
- Penurunan, yaitu penurunan yang disebabkan oleh beban bangunan, besar dan lamanya penurunan tergantung dari macam kepadatan kompresibilitas tanah dan beban.

Jenis-jenis pondasi pada jembatan ada 3 (tiga) macam yaitu :

- a) Pondasi langsung pangkal.
- b) Pondasi sumuran.
- c) Pondasi dalam.

a) Pondasi Langsung Pangkal

Pondasi langsung pangkal dipergunakan apabila lapisan tanah dasar untuk pondasi mampu mendukung beban yang dilimpahkan terletak tidak terlalu dalam (tanah keras lebih kurang dari 10 meter dari permukaan tanah).

Jenis pondasi ini adalah type pondasi telapak / pelat yang dapat dibuat dari :

- Pasangan batu
- Beton bertulang
- Kombinasi pasangan batu dan beton

Yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan pondasi dangkal adalah:

- Kemungkinan dasar sungai dan sifat terkikisnya.
- Dalamnya tanah yang dapat menimbulkan perubahan.
- Tergantung dari apa, yang terutama di dalam tanah dan bangunan sekitarnya.
- Muka air tanah.
- Derajat dan besarnya ketebalan lapisan tanah.

b) Pondasi Sumuran

Pondasi sumuran dipergunakan apabila lapisan tanah dasar untuk pondasi yang mampu mendukung beban yang dilimpahkan terletak cukup dalam atau dengan pertimbangan adanya pergeseran pada daerah pondasi dikemudian hari (tanah keras berada antara 10-15 meter dari permukaan tanah).

Type – type pondasi sumuran adalah :

- Dapat berbentuk sumuran.
- Dapat berbentuk lubang bor.

- Dapat berbentuk tiang ulir.

c) Pondasi Dalam

Pondasi dalam dipergunakan apabila lapisan tanah dasar untuk pondasi yang mampu mendukung beban yang dilimpahkan terletak terlalu dalam (tanah keras / batuan berada lebih dari 15 meter dari permukaan tanah).

Dari ketiga jenis pondasi jembatan, dalam penggunaannya berbeda-beda tetapi untuk dasar penelitian yang memadai untuk berbagai kondisi, ekonomis biaya serta pelaksanaannya tepat waktu. Dari semua type pondasi tersebut diatas, yang perlu diperhatikan dan sangat menentukan jika dikaitkan dengan kondisi dan situasi setempat adalah :

- ✓ Kondisi tanah dasar pondasi.
- ✓ Kondisi dan perilaku sungai.
- ✓ Batasan-batasan konstruksi diatasnya.
- ✓ Pelaksanaan dan kondisi lahannya.
- ✓ Konstruksi yang akan dipergunakan.
- ✓ Ekonomisnya (pembiayaan).
- ✓ Waktu pelaksanaan.

Syarat-syarat yang perlu diperhatikan dalam perencanaan pondasi jembatan adalah:

- Struktur secara keseluruhan, yaitu :

Stabil dalam arah vertical dan arah horizontal serta terhadap guling.

- Pergeseran bangunan, yaitu :

Besarnya penurunan, sudut kemiringan dan pergeseran mendatar, dimana harus

lebih kecil dari nilai yang diijinkan bagi bangunan atas.

- Bagian-bagian pondasi harus memiliki kekuatan yang diperlukan.
yang diperhitungkan cukup kuat menahannya.

2.1.2 Bangunan Atas (*Upper Structure*)

Bangunan atas jembatan (*Upper Structure*) adalah bagian konstruksi jembatan yang berfungsi menahan beban-beban hidup (bergerak) yang bekerja pada konstruksi bagian atas ditimbulkan oleh arus lalu lintas orang dan kendaraan maupun lalu lintas lainnya yang kemudian menyalurkannya kepada bangunan dibawahnya (*sub structure*). Konstruksi bagian atas jembatan terdiri dari :

1. Lantai Kendaraan

Lantai kendaraan adalah seluruh lebar jembatan yang digunakan sebagai jalur lalu lintas. Bahan untuk membuat lantai jembatan dapat dibuat dari beberapa jenis konstruksi, yaitu :

- Lantai beton bertulang.
- Lantai kayu.

Bahan konstruksi lantai jembatan yang sering digunakan di Indonesia adalah lantai beton bertulang. Hal ini ditinjau dari sudut pelaksanaan dan pemeliharaannya lebih mudah, lebih murah dan lebih kuat serta tingkat keawetannya lebih lama dibandingkan dengan lantai dari kayu.

2. Balok Girder (Gelagar Memanjang)

Balok girder atau gelagar memanjang adalah bagian struktur atas yang berfungsi sebagai pendukung lantai kendaraan dan beban lalu lintas yang

kemudian meneruskannya ke struktur bawah (tumpuan / andas).

Balok utama / gelagar memanjang biasanya dibuat dari beberapa macam/jenis konstruksi, antara lain :

- a) Gelagar dari beton bertulang dengan lantai kendaraan dari beton bertulang (monolith) atau T Beam Conventional.
- b) Gelagar beton bertulang dengan lantai dari kayu.
- c) Gelagar dari baja dengan lantai kendaraan dari beton bertulang (komposit).
- d) Gelagar dari baja dengan lantai kendaraan dari kayu.
- e) Gelagar dari kayu dengan lantai kendaraan dari kayu.

Pada penggunaan gelagar beton bertulang dapat dibuat di lapangan / lokasi pekerjaan atau di pabrik (pabrikasi) seperti beton pratekan atau prestressed.

3. Diafragma (Gelagar Melintang)

Diafragma atau gelagar melintang adalah pengaku atau pengikat balok girder dan berfungsi untuk mencegah timbulnya *lateral buckling* pada gelagar dan meratakan beban yang diterima oleh gelagar memanjang (balok utama). Gelagar melintang biasanya diletakkan diantara gelagar memanjang pada balok beton dan pada pertemuan antara batang diagonal satu dengan lainnya (buhul) di bagian bawah pada jembatan rangka baja.

4. Ikatan Angin Atas / Bawah dan Ikatan Rem

Ikatan angin berfungsi untuk menahan atau melawan gaya yang diakibatkan oleh angin baik pada bagian atas jembatan maupun bagian bawah jembatan agar jembatan tetap dalam keadaan stabil. Sedangkan ikatan rem berfungsi

untuk menahan saat terjadi gaya rem akibat pengeraman kendaraan yang melintas di atasnya.

5. Tumpuan atau Andas

Tumpuan atau andas adalah bagian dari jembatan yang terletak diantara bangunan atas atau bangunan bawah yang berfungsi menerima gaya-gaya dari konstruksi bangunan atas, baik secara horizontal, vertical, maupun lateral dan menyalurkannya ke bangunan bawah.

Gaya-gaya yang timbul adalah diakibatkan oleh :

- Beban vertical dan horizontal.
- Geser vertical dan horizontal.
- Putaran sudut.

Macam-macam andas :

- Andas pelat.
- Andas garis.
- Andas titik (pin).
- Andas bidang.
- Andas pivot.
- Andas karet (elastomer).
- Andas karet dengan seal.
- Andas roll (tunggal, ganda)
- Andas pelat khusus.

6. Bangunan Pelengkap

Bangunan pelengkap pada jembatan adalah bangunan yang dibangun dengan maksud untuk menambah keamanan konstruksi jembatan dan juga pejalan kaki. Bangunan pelengkap biasanya meliputi tiang sandaran (railing), saluran pembuang (drainase), lampu jembatan, joint (sambungan) dan lain-lain.

a) Sandaran (railing)

Sandaran berfungsi sebagai pengamanan bagi kendaraan dan pemakai lalu lintas lainnya (pejalan kaki) yang melewati jembatan tersebut.

Konstruksi sandaran terdiri dari :

- Tiang sandaran (rail post), biasanya dari beton bertulang, tetapi pada saat ini banyak yang dibuat dari baja profil tahan karat.
- Sandaran (hand rail) biasanya dibuat dari pipa besi , kayu atau beton bertulang.

b) Saluran pembuang (drainase)

Drainase pada jembatan fungsinya menjaga agar jembatan tidak tergenang oleh air pada saat terjadi hujan. Drainase jembatan biasanya dibuat dari pipa dengan diameter kurang lebih antara 3 sampai 4 inchi.

c) Lampu jembatan

Lampu jembatan berfungsi untuk menerangi jembatan pada malam hari agar lalu lintas yang melewati jembatan lebih leluasa dan lebih merasa aman. Lampu jembatan biasanya dipasang pada jembatan dengan bentang yang cukup panjang.

d) Joint (sambungan).

Pertemuan deck slab dengan beck wall pada abutmen dan pier jembatan dibuat suatu konstruksi yang disebut joint. Bentuk sambungan atau joint ada 2 (dua) macam yang disesuaikan dengan perletakannya adalah sebagai berikut :

- Sambungan pada sendi (*Fix Joint*).
- Sambungan pada roll (*Expansion Joint*).

2.2 Dasar Pembebanan

Pedoman Pembebanan untuk perencanaan jembatan jalan raya merupakan dasar dalam menentukan beban dan gaya untuk perhitungan tegangan-tegangan yang terjadi pada setiap bagian jembatan jalan raya. Pedoman pembebanan meliputi:

2.2.1 Beban Primer

Beban primer adalah beban yang merupakan beban utama dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan. Adapun yang termasuk beban primer adalah:

1. Beban Mati (M)
2. Beban Hidup (H)
3. Beban Kejut (K)
4. Gaya Akibat Tekanan Tanah (Ta)

1. Beban Mati (M)

Beban mati adalah semua beban yang berasal dari berat sendiri jembatan atau bagian jembatan yang ditinjau, termasuk segala unsur tambahan yang dianggap merupakan satu kesatuan tetap dengannya.

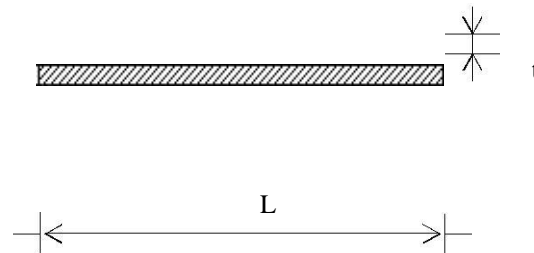
Dalam menentukan besarnya beban mati berdasarkan PPPJJR 1987 bab III pasal 1, harus digunakan nilai berat isi untuk bahan-bahan bangunan seperti tersebut di bawah ini:

- a. Baja tuang 7,85 t/m³
- b. Besi tuang 7,25 t/m³
- c. Alumunium paduan 2,80 t/m³
- d. Beton bertulang/pratekan 2,50 t/m³
- e. Beton biasa, tumbuk, siklop 2,20 t/m³
- f. Pasangan batu/bata 2,00 t/m³
- g. Kayu 10,00 t/m³
- h. Tanah, pasir, kerikil 2,00 t/m³
- i. Perkerasan jalan aspal 2,00 t/m³ sampai dengan 2,50 t/m³
- j. Air 1,00 t/m³

Beban mati terdiri dari:

1. Beban plat lantai kendaraan
2. Beban aspal
3. Beban gelagar
4. Beban diafragma
5. Beban parapet

1. Beban plat lantai kendaraan



Gambar 2.1 Plat Lantai Kendaraan

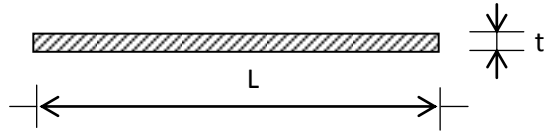
Beban plat lantai kendaraan ($W1$) = Volume $\times \gamma_{\text{beton}}$

Dimana, t = tebal plat lantai kendaraan (m)

L = lebar plat lantai kendaraan (m)

γ_{beton} = berat isi beton (kN/m^3)

2. Beban aspal



Gambar 2.2 Perkerasan Aspal

$$\text{Beban aspal (W2)} = \text{Volume} \times \gamma_{\text{aspal}}$$

Dimana, t = tebal aspal (m)

L = lebar aspal (m)

γ_{aspal} = berat isi aspal (kN/m^3)

3. Beban gelagar

Perhitungan dengan menggunakan tabel

Tabel 2.1 *Segmenal Beam*

Span m	H mm	S mm	h1 mm	h2 mm	h3 mm	h4 mm	h5 mm	h6 mm	A mm	B mm	B1 mm	B2 mm	C mm	Total segment	Max weight tn	
															segment	total
16	900	1850	75	75	100	125	62.5	-	170	350	-	-	650	3	4.5	11
17	900	1850	75	75	100	125	62.5	-	170	350	-	-	650	3	4.5	12
18	900	1850	75	75	100	125	62.5	-	170	350	-	-	650	3	4.5	13
19	900	1850	75	75	100	125	62.5	-	170	350	-	-	650	5	4.5	13
	1250	1850	75	75	100	125	62.5	-	170	350	-	-	650	5	5	18
20	900	1850	75	75	100	125	62.5	-	170	350	-	-	650	5	4.5	13
22	1250	1850	75	75	100	125	62.5	-	170	350	-	-	650	5	5	20
25	1250	1850	75	75	100	125	62.5	-	170	350	-	-	650	5	5	23
28	1600	1850	125	75	100	125	21	-	180	550	-	-	650	5	8	37
30	1600	1850	125	75	100	125	21	-	180	550	-	-	650	6	8	41
	1700	2300	200	120	250	250	50	40	200	800	600	640	700	5	15.3	65
31	1600	1850	125	75	100	125	21	-	180	550	-	-	650	6	8	41
33	1600	1850	125	75	100	125	21	-	180	550	-	-	650	6	8	43
35	1600	1850	125	75	100	125	21	-	180	500	-	-	650	6	8	43
	1700	2000	200	120	250	250	50	40	200	800	600	640	700	7	12.5	74
40	1700	1500	200	120	250	250	50	40	200	800	600	640	700	7	13.6	77

4. Berat *Diaphragma*

Perhitungan dengan menggunakan tabel

Tabel 2.2 *Diaphragm Centre*

Span mm	B4 mm	H2 mm	T2 Mm	b1 mm	b2 mm	h1 mm	h2 mm	Weight Kg
16	1620	700	150	300	107	125	89	390
17	1620	700	150	300	107	125	89	390
18	1620	700	150	300	107	125	89	390
19	1620	700	150	300	107	125	89	390
	1620	1050	150	300	107	125	89	595
20	1620	700	150	300	107	125	89	390
22	1620	1050	150	300	107	125	89	595
25	1620	1050	150	300	107	125	89	595
28	1610	1250	150	280	235	120	95	705
30	1610	1250	150	280	235	120	95	705
	2040	1250	200	300	250	265	135	1275
31	1610	1250	150	280	235	120	98	705
33	1610	1250	150	280	235	120	98	705
35	1610	1250	150	280	235	120	98	705
	1770	1250	200	300	250	265	135	1106
40	1270	1250	200	300	250	265	135	759

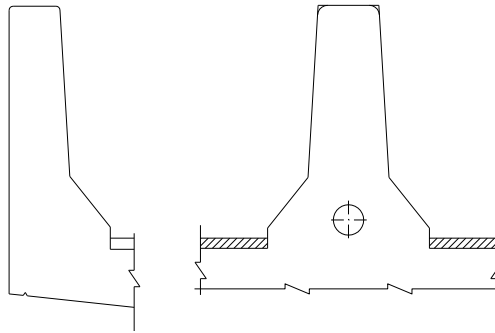
(Sumber: PT. Wijaya Karya)

Tabel 2.3 *Diaphragm End*

Span	B4	H2	T2	b1	h1	b2	h2	Weight
Mm	Mm	mm	Mm	mm	mm	mm	mm	Kg
16	1440	700	200	-	85	205	-	475
17	1440	700	200	-	85	205	-	475
18	1440	700	200	-	85	205	-	475
19	1440	700	200	-	85	205	-	475
	1440	1050	200	-	85	205	-	715
20	1440	700	200	-	85	205	-	475
22	1440	1050	200	-	85	205	-	715
25	1440	1050	200	-	85	205	-	715
28	1240	1250	200	-	40	100	-	740
30	1240	1250	200	-	40	100	-	740
	1670	650	250	100	65	50	115	1305
31	1240	1250	200	-	40	100	-	740
33	1240	1250	200	-	40	100	-	740
35	1240	1250	200	-	40	100	-	740
	1370	650	250	100	65	50	115	1070
40	870	650	250	100	65	50	115	680

(Sumber: PT. Wijaya Karya)

5. Beban *Parapet* dan *Barrier*



Gambar 2.3 *Parapet* dan *Barrier*

$$\text{Berat Parapet (W5)} = V \times \gamma_{\text{beton}} \times n$$

Dimana, $V = \text{volume parapet (m}^3\text{)}$

$$\gamma_{\text{beton}} = \text{berat isi beton (kN/m}^3\text{)}$$

$$n = \text{jumlah parapet}$$

$$\text{Jadi total beban mati} = (W1+W2+W3+W4+W5)$$

2. Beban **Hidup (H)**

Beban hidup adalah semua beban yang berasal dari berat kendaraan-kendaraan bergerak/lalu lintas dan/atau pejalan kaki yang dianggap bekerja pada jembatan.

Beban hidup pada jembatan harus ditinjau dinyatakan dalam dua macam, yaitu beban “T” yang merupakan beban terpusat untuk lantai kendaraan dan beban “D” yang merupakan beban jalur untuk gelagar. Jalur lalu lintas mempunyai lebar

minimum 2,75 meter dan lebar maksimum 3,75 meter. Lebar jalur minimum ini harus digunakan untuk beban “D” per jalur.

Jumlah jalur lalu lintas untuk lantai kendaraan dengan lebar 5,50 m atau lebih ditentukan menurut tabel berikut:

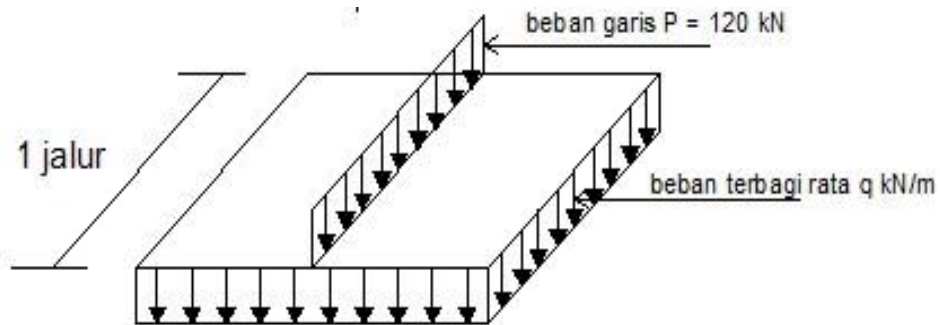
Tabel 2.4 Jumlah Jalur Lalu Lintas

Lebar lantai kendaraan	Jumlah Jalur Lalu Lintas
5.50 sampai dengan 8,25 m.	2
lebih dari 8,25 m sampai dengan 11,25 m	3
lebih dari 11,25 m sampai dengan 15.00 m	4
lebih dari 15.00 m sampai dengan 18,75 m	5
lebih dari 18,75 m sampai dengan 32,50 m	6

Sumber: PPPJJR 1987

Muatan “D”

a. Muatan “D” atau muatan jalur adalah susunan beban pada setiap jalur lalu lintas yang terdiri dari beban terbagi rata sebesar “q” ton per meter panjang jalur, dan beban garis “P” ton per jalur lalu lintas tersebut. Besarnya beban “q” ditentukan sebagai berikut:



Gambar 2.4 Beban “D”

Untuk jembatan dengan lebar lantai kendaraan lebih besar dari:

$$q = 2,2 \text{ t/m}' \dots\dots\dots \text{ untuk } L < 30 \text{ m}$$

$$q = 2,2 \text{ t/m}' - 1,1/60 \times (L - 30) \text{ t/m}' \dots\dots\dots \text{ untuk } 30 < L < 30 \text{ m}$$

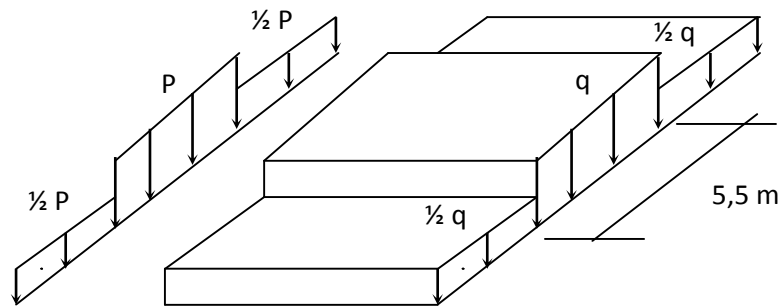
$$q = 1,1 (1 + 30/L) \text{ t/m}' \dots\dots\dots \text{ untuk } L < 60 \text{ m}$$

L = Panjang dalam meter, ditentukan oleh tipe konstruksi jembatan.

t/m' = Ton per meter panjang, per jalur.

b. Ketentuan penggunaan beban “D” dalam arah melintang jembatan adalah sebagai berikut:

- Untuk jembatan dengan lebar lantai kendaraan sama atau lebih kecil dari 5,50 meter, beban “D” sepenuhnya (100%) harus di bebaskan pada seluruh lebar jembatan.
- Untuk jembatan dengan lebar lantai kendaraan lebih besar dari 5,50 meter sedang lebar selebihnya dibebani hanya separuh beban “D (50%).



Gambar 2.5 Ketentuan Penggunaan Beban “D”

c. Dalam menentukan beban hidup (beban terbagi rata dan beban garis) perlu diperhatikan ketentuan bahwa beban hidup per meter lebar jembatan menjadi sebagai berikut:

$$\text{Beban Terbagi Rata} = \frac{q \text{ ton/meter}}{2,75 \text{ meter}}$$

$$\text{Beban Terbagi Rata} = \frac{P \text{ ton}}{2,75 \text{ meter}}$$

Angka pembagi 2,75 meter diatas selalu tetap dan tidak tergantung pada lebar jalur lalu lintas.

d. Beban “D” tersebut harus ditempatkan sedemikian rupa sehingga menghasilkan pengaruh terbesar dengan pedoman sebagai berikut:

1. Dalam menghitung momen-momen maksimum akibat beban hidup (beban terbagi rata dan beban garis) pada gelagar menerus di atas beberapa perletakan digunakan ketentuan, yaitu:
 - Satu beban garis untuk momen positif menghasilkan pengaruh maksimum.

- Dua beban garis untuk momen negatif yang menghasilkan pengaruh maksimum.
 - Beban terbagi rata di tempatkan pada beberapa bentang/bagian bentang yang akan menghasilkan momen maksimum.
2. Dalam menghitung momen maksimum positif akibat beban hidup pada gelagar dua perletakan digunakan beban terbagi rata sepanjang bentang gelagar dan satu beban garis.
- e. Dalam menghitung reaksi perletakan pada pangkal jembatan dan pilar perlu diperhatikan jumlah jalur lalu lintas sesuai ketentuan. Dan untuk jumlah jalur lalu lintas mulai 4 jalur atau lebih, beban “D” harus diperhitungkan dengan menganggap jumlah median sebagai berikut:

Tabel 2.5 Jumlah Median Anggapan untuk Menghitung Reaksi Perletakan

Jumlah Jalur Lalu Lintas	Jumlah Median Anggapan
n = 4	1
n = 5	1
n = 6	1
n = 7	1
n = 8	3
n = 9	3
n = 10	3

Sumber: PPPJJR 1987

Bentang “D” tersebut harus ditempatkan sedemikian rupa sehingga menghasilkan pengaruh terbesar, dimana dalam perhitungan momen maksimum positif akibat beban hidup (beban terbagi rata dan beban garis) pada gelagar dua perletakan digunakan beban terbagi rata sepanjang bentang gelagar dan satu beban garis.

3. Beban Kejut (K)

Untuk memperhitungkan pengaruh-pengaruh getaran-getaran dan pengaruh pengaruh dinamis lainnya, tegangan-tegangan akan memberikan hasil maksimum sedangkan beban merata “*q*” dan beban “*T*” tidak dikalikan dengan koefisien kejut.

Koefisien kejut ditentukan dengan rumus:

$$K = 1 + \frac{20}{50 + l}$$

Dimana:

K = Koefisien Kejut

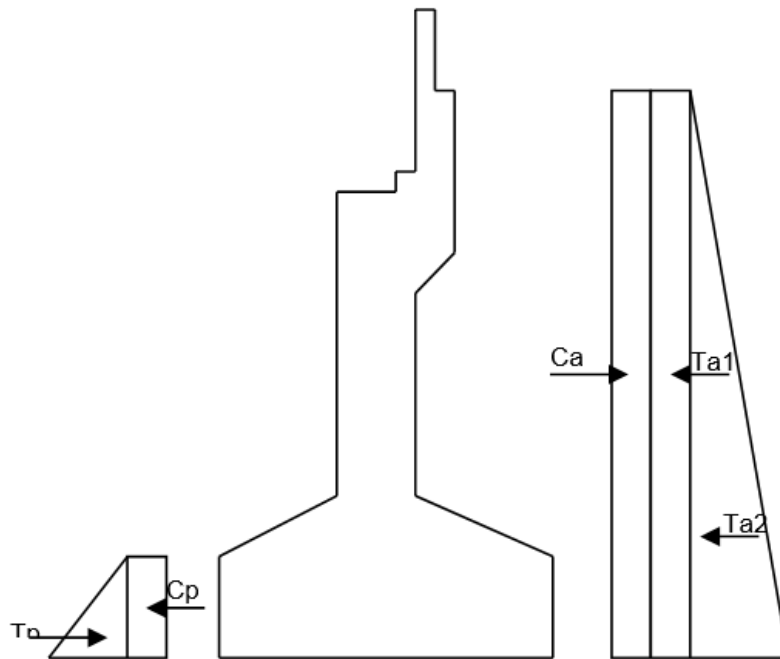
L = Panjang bentang dalam keadaan meter, ditentukan oleh tip konstruksi jembatan (keadaan statis) dan kedudukan muatan garis “*P*” .

Koefisien kejut tidak diperhitungkan terhadap bangunan bawah apabila bangunan bawah dan bangunan atas merupakan satu kesatuan maka koefisien kejut diperhitungkan terhadap bangunan bawah.

4. Gaya Akibat Tekanan Tanah (*T_a*)

Beban akibat tekanan tanah di bedakan menjadi dua :

- a. Beban akibat tekanan tanah aktif
- b. Beban akibat tekanan tanah pasif



Gambar 2.6 Diagram Tekanan Tanah

a. Beban akibat tekanan tanah aktif

Jika dinding turap mengalami keluluhan atau bergerak ke luar dari tanah urugan di belakangnya, maka tanah urugan akan bergerak longsor ke bawah dan menekan dinding penahannya. Tekanan tanah seperti ini disebut tekanan tanah aktif (*active earth pressure*), sedangkan nilai banding antara tekanan tanah horizontal dan vertikal yang terjadi di definisikan sebagai koefisien tekanan tanah aktif (*coefficient of active earth pressure*) atau **Ka**.

Nilai Ka ini dirumuskan $Ka = \text{tg}^2 (45^\circ - \phi/2)$

b. Beban akibat tekanan tanah pasif

Jika sesuatu gaya mendorong dinding penahan ke arah tanah urugannya, tekanan tanah dalam kondisi ini disebut tekanan tanah pasif (*passive earth pressure*), sedangkan nilai banding tekanan horizontal dan tekanan vertical

yang terjadi di definisikan sebagai koefisien tekanan tanah pasif (*coefficient*

of passive earth) atau K_p . Nilai K_p ini dirumuskan : $K_p = \text{tg}^2 (45^\circ + \phi/2)$

Dimana, K_a = Koefisien tekanan tanah aktif

K_p = Koefisien tekanan tanah pasif

ϕ = sudut geser dalam

(Sumber : Ir. Kh Sunggono, 1984 "Buku Teknik Sipil",)

Perhitungan beban akibat tekanan tanah :

1. Tekanan tanah aktif

a. Akibat kohesi

$$C = - 2 \times c \times \sqrt{K_a}$$

$$C_a = C \times H \times L$$

b. Tekanan tanah akibat beban merata di atas tanah

$$T_{a1} = q \times K_a \times H$$

c. Tekanan tanah aktif akibat berat sendiri tanah

$$T_{a2} = \frac{1}{2} \times H^2 \times \gamma_m \times K_a$$

2. Tekanan tanah pasif

a. Akibat kohesi

$$C = 2 \times c \times \sqrt{K_p}$$

$$C_p = C \times H \times L$$

b. Tekanan tanah pasif akibat berat sendiri tanah

$$T_{p1} = \frac{1}{2} \times h^2 \times \gamma_m \times K_p$$

Besarnya gaya tekanan tanah (T_a) = tekanan tanah aktif - tekanan tanah pasif. Jarak resultan gaya tekanan tanah dari dasar abutmen :

$$Y = \frac{\sum \text{momen}}{\sum \text{gaya}}$$

2.2.2 Beban Sekunder

Beban sekunder adalah beban yang merupakan beban sementara yang selalu diperhitungkan dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan.

Yang termasuk beban sekunder antara lain:

1. Beban Angin (A)
2. Gaya Akibat Perbedaan Suhu (T_m)
3. Gaya Rem (R_m)
4. Gaya Akibat Gempa Bumi (G_h)
5. Gaya Tekanan Tanah Akibat Gempa Bumi (T_{ag})

1. Beban Angin (A)

Pengaruh beban angin sebesar 150 kg/m^2 pada jembatan ditinjau berdasarkan bekerjanya beban angin horisontal terbagi rata pada bidang vertikal jembatan, dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan. Jumlah luas bidang vertikal bangunan atas jembatan yang dianggap terkena oleh angin ditetapkan sebesar suatu prosentase tertentu terhadap luas bagian-bagian sisi jembatan dan luas bidang vertikal beban hidup.

Bidang vertikal beban hidup ditetapkan sebagai suatu permukaan bidang vertikal yang mempunyai tinggi menerus sebesar 2 meter di atas lantai kendaraan. Untuk menghitung jumlah luas bagian-bagian sisi jembatan yang terkena angin dapat digunakan ketentuan sebagai berikut:

❖ Keadaan tanpa beban hidup

- Untuk jembatan gelagar penuh diambil sebesar 100% luas bidang sisi jembatan yang langsung terkena angin, ditambah 50% luas bidang sisi lainnya. Luas bidang sisi jembatan yang langsung terkena angin.
- Untuk jembatan rangka diambil sebesar 30% luas bidang sisi jembatan yang langsung terkena angin, ditambah 15% luas bidang sisi-sisi lainnya.

❖ Keadaan dengan beban hidup

- Untuk Jembatan diambil 50% terhadap luas bidang menurut ketentuan.
- Untuk beban hidup diambil sebesar 100% luas bidang sisi yang langsung terkena angin.

❖ Jembatan menerus diatas lebih dari 2 perletakan.

Untuk perletakan tetap perlu diperhitungkan beban angin dalam arah longitudinal jembatan yang terjadi bersamaan dengan beban angin yang sama besar dalam arah lateral jembatan, dengan beban angin masing-masing sebesar 40% terhadap luas bidang menurut keadaan (1.1.a dan 1.1.b). Pada jembatan yang memerlukan perhitungan pengaruh angin yang teliti, harus diadakan penelitian khusus.

2. Gaya Akibat Perbedaan Suhu (Tm)

Peninjauan diadakan terhadap timbulnya tegangan-tegangan struktural karena adanya perubahan bentuk akibat perbedaan suhu antara bagian-bagian jembatan baik yang menggunakan bahan yang sama maupun dengan bahan yang berbeda. Perbedaan suhu ditetapkan sesuai dengan data perkembangan suhu setempat. Pada umumnya pengaruh perbedaan suhu tersebut dapat dihitung dengan mengambil perbedaan suhu untuk:

1. Bangunan Baja :

- Perbedaan suhu maksimum-minimum = 30°
- Perbedaan suhu antara bagian-bagian jembatan = 15°

2. Bangunan Beton :

- Perbedaan suhu maksimum-minimum = 15°
- Perbedaan suhu antara bagian-bagian jembatan $< 15^{\circ}$, tergantung dimensi penampang.

Untuk perhitungan tegangan-tegangan dan pergerakan pada jembatan/bagian-bagian jembatan/perletkan akibat perbedaan suhu dapat diambil nilai modulus elastis young (E) dan koefisien muai panjang (ϵ) sesuai tabel 2.3.

Tabel 2.6 Modulus Elastis Young (E) dan Koefisien Muai Panjang (ϵ).

Jenis Bahan	E (Kg/cm ²)	ϵ per derajat celcius
- Baja Beton Kayu:	$2,1 \times 10^6$	12×10^{-6}
- Sejajar Serat	2 sampai 4×10^5	10×10^{-6}

- Tegak Lurus Serat	$1,0 \times 10^5$	5×10^{-6}
	$1,0 \times 10^5$	50×10^{-6}

*) tergantung pada mutu bahan.

3. Gaya Rem (Rm)

Pengaruh gaya-gaya dalam arah memanjang *Overpass* akibat gaya rem, harus ditinjau. Pengaruh ini diperhitungkan senilai dengan pengaruh gaya rem sebesar 5% dari beban “D” tanpa koefisien kejut yang memenuhi semua lajur lalu lintas yang ada, dan dalam satu jurusan. Gaya rem tersebut dianggap bekerja horizontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,80 meter diatas permukaan lantai kendaraan.

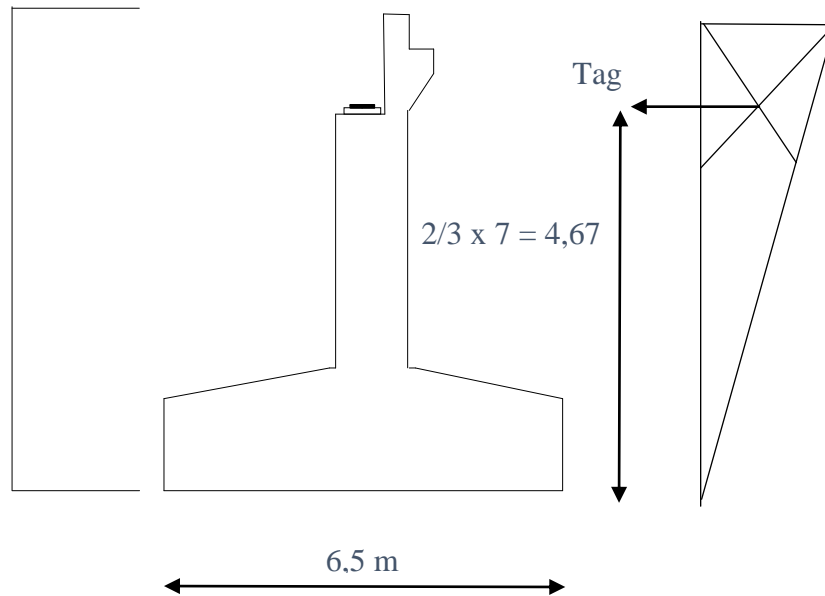
4. Gaya Gempa (Gh)

Jembatan yang akan dibangun pada daerah-daerah dimana diperkirakan terjadi pengaruh-pengaruh gempa bumi, harus direncanakan dengan menghitung pengaruh-pengaruh gempa bumi tersebut sesuai dengan peraturan gempa yang berlaku.



Gambar 2.7 Wilayah Gempa Indonesia untuk Periode Ulang 500 Tahun

5. Gaya Tekanan Tanah Akibat Gempa Bumi (Tag)



Gambar 2.8 Gaya Tekanan Tanah Akibat Gempa Bumi

$$P = \frac{1}{2} \times \gamma_{\text{tanah}} \times k_a \times H^2$$

Dimana:

P = Gaya tekan tanah akibat gempa bumi (Tag)

2.2.3 Kombinasi Pembebanan

Konstruksi Jembatan beserta bagiannya harus ditinjau terhadap kombinasi pembebanan dan gaya yang mungkin bekerja. Sesuai dengan sifat-sifat serta kemungkinan-kemungkinan pada setiap beban, tegangan yang digunakan dalam pemeriksaan kekuatan konstruksi yang bersangkutan dinaikan terhadap tegangan yang diizinkan sesuai keadaan elastis. Tegangan yang digunakan dinyatakan

dalam prosen terhadap tegangan yang diizinkan sesuai kombinasi pembebanan dan gaya.

Tabel 2.7 Kombinasi Pembebanan dan Gaya

Kombinasi Pembebanan dan Gaya		Tegangan yang digunakan dalam prosen terhadap tegangan izin keadaan elastis
I	$M + (H + K) + T_a + T_u$	100 %
II	$M + T_a + A_h + G_g + A + SR + T_m + S$	125 %
III	$Kombinasi (I) + R_m + G_g + A + S$ $+ T_m + S$	140 %
IV	$M + G_h + T_{ag} + G_g + AH_g + T_u$	150 %
V	$M + P1$	130 %
VI	$M + (H + K) + T_a + S + T_b$	150 %

Sumber: PPPJJR 1987

Dimana:

A = Beban angin

A_h = Gaya akibat aliran dan hanyutan

AH_g = Gaya akibat aliran air dan hanyutan pada waktu gempa

G_g = Gaya gesek pada tumpuan bergerak

G_h = Gaya horizontal ekuivalen akibat gempa bumi

$(H + K)$	= Beban hidup dengan kejut
M	= Beban mati
P_1	= Gaya-gaya pada waktu pelaksanaan
R_m	= Gaya rem
S	= Gaya sentrifugal
SR	= Gaya akibat sust dan rangkai
T_m	= Gaya akibat perubahan suhu
T_a	= Gaya tekan tanah
T_{ag}	= Gaya tekan tanah akibat gempa bumi
T_b	= Gaya tumbuk
T_u	= Gaya angkat

2.3 Dasar Pondasi

Pondasi merupakan bagian paling bawah dari suatu konstruksi bangunan (*Sub Structure*). Pondasi adalah bagian bangunan yang menghubungkan bangunan dengan tanah. Fungsi pondasi adalah meneruskan beban konstruksi ke lapisan tanah yang berada di bawah pondasi dan tidak melampaui kekuatan tanah yang bersangkutan.

Gaya luar yang bekerja pada kepala tiang didistribusikan pada *pile cap* dan kelompok tiang pondasi berdasarkan rumus elastisitas dengan menganggap bahwa

pile cap kaku sempurna, sehingga pengaruh gaya yang bekerja tidak menyebabkan *pile cap* melengkung atau deformasi.

$$P_v = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \cdot x}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot y}{\sum y^2}$$

Dimana:

P_v = Beban maksimum yang di terima oleh tiang (ton)

V = Jumlah total beban nomal (ton)

n = Jumlah tiang

M_x = Momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus sumbu x (tm)

M_y = Momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus sumbu y (tm)

x = Absis terhadap titik berat kelompok tiang (m)

y = Ordinat terhadap titik berat kelompok tiang (m)

$\sum x^2$ = Jumlah kuadrat absis-absis tiang (m^2)

$\sum y^2$ = Jumlah kuadrat ordinat-ordinat tiang (m^2)

Untuk menentukan kontrol cek keamanan dengan menggunakan rumus:

$$Q_{all} > P_v$$

Dimana:

Q_{all} = Kapasitas dukung ijin tekan pondasi tiang *bore pile* (ton)

P_v = Beban maksimum yang di terima oleh tiang (ton)