

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Defenisi Jembatan

Jembatan merupakan salasatu bagian yang sangat penting dari transportasi karena mampu menghubungkan suatu daerah yang terpisah, danau, atau pun jalan yang berada dibawahnya.dengan adanya jembatan yang menghubungkan suatu daerah maka dapat berpengaruh mengurangi waktu tempuh perjalanan serta dapat meningkatkan laju transportasi dan laju perekonomian bagi masyarakat di sekitarnya.

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

Jembatan adalah sebuah struktur yang sengaja dibangun untuk menyebrangi jurang atau rintangan seperti sungai, lembah, rel kereta api, maupun jalan raya. Jembatan dibangun agar para pejalan kaki, pengemudi kendaraan atau kereta api dapat melintasi halangan tersebut.

2.2 Klasifikasi Jembatan

Menurut Siswanto (1999), jembatan dapat diklasifikasikan menjadi bermacam-macam jenis/tipe menurut fungsi, keberadaan, material yang dipakai, jenis lantai kendaraan dan lain-lain seperti berikut:

- 1) Klasifikasi jembatan menurut keberadaannya (tetap/dapat digerakkan)
 - Jembatan tetap di bawah ini, dapat terbuat dari:
 - a. Jembatan kayu,
 - b. Jembatan baja,
 - c. Jembatan beton bertulang balok T,

- d. Jembatan pelat beton,
 - e. Jembatan beton prategang,
 - f. Jembatan batu,
 - g. Jembatan komposit
 - Jembatan yang dapat digerakkan (umumnya dari baja), dibagi menjadi:
 - a. Jembatan yang dapat berputar diatas poros mendatar, seperti:
 - Jembatan angkat
 - Jembatan baskul
 - Jembatan lipat *strauss*
 - b. Jembatan yang dapat berputar diatas poros mendatar dan yang dapat berpindah sejajar mendatar,
 - c. Jembatan yang dapat berputar diatas poros tegak atau jembatan putar,
 - d. Jembatan yang dapat bergeser kearah tegak lurus atau mendatar:
 - Jembatan angkat
 - Jembatan beroda
 - Jembatan goyah
- 2) Klasifikasi jembatan menurut fungsinya
- Jembatan jalan raya
 - Jembatan jalan rel
 - Jembatan untuk talang air/aquaduk
 - Jembatan untuk menyebrangkan pipa-pipa (air,minyak,gas)
- 3) Klasifikasi jembatan menurut material yang dipakai
- Jembatan kayu
 - Jembatan baja
 - Jembatan beton bertulang (konvensional, prategang)
 - Jembatan bambu
 - Jembatan pasangan batu kali/bata

- Jembatan komposi
- 4) Klasifikasi jembatan berdasarkan bentuk struktur atasnya
- Jembatan balok/gelagar
 - Jembatan pelat
 - Jembatan pelengkung/busur (*archbridge*)
 - Jembatan rangka
 - Jembatan gantung (*suspensionbridge*)
 - Jembatan *cablestayed*
- 5) Klasifikasi jembatan berdasarkan lamanya waktu penggunaan
- a. Jembatan sementara/darurat, merupakan jembatan yang penggunaannya hanya bersifat sementara, sampai terselesaikannya pembangunan jembatan permanen.
 - b. Jembatan semi permanen yaitu jembatan sementara yang dapat ditingkatkan menjadi jembatan permanen, misalnya dengan cara mengganti lantai jembatan dengan bahan/material yang lebih baik/awet, sehingga kapasitas serta umur jembatan menjadi bertambah baik.
 - c. Jembatan permanen, merupakan jembatan yang penggunaannya bersifat permanen serta direncanakan mempunyai umur pelayanan tertentu (misal dengan umur rencana 50 tahun).

2.3 Kelas Jembatan

2.3.1 Jembatan Kelas Standar (A/I)

Dirancang sebagai jembatan permanen dengan lebar total jembatan 9 m (badan jalan 7 m dan lebar trotoar 1 m (kanan-kiri)) yang menggunakan beban lalu lintas BM – 100 (100% sesuai dengan pembebanan di Spesifikasi Pembebanan Untuk Jembatan & Jalan Raya No 12/1970 (Revisi 1988).

2.3.2 Jembatan Kelas Sub Standar (B/II)

Dirancang sebagai jembatan permanen dengan lebar total jembatan 7 m (badan jalan 6 m & lebar trotoar 0.5 m (kanan-kiri)) yang menggunakan

beban lalu lintas BM – 100 (100% sesuai dengan pembebanandi Spesifikasi Pembebanan Untuk Jembatan & Jalan Raya No 12/1970 (Revisi 1988).

2.3.3 Jembatan Kelas Low Standar (C/III)

Dirancang sebagai jembatan permanen dengan lebar total jembatan 4.5 m (badan jalan 3.5 m & lebar trotoar 0.5 m (kanan-kiri)) yang menggunakan beban lalu lintas BM – 70 (70% sesuai dengan pembebanan di Spesifikasi Pembebanan Untuk Jembatan & Jalan Raya No 12/1970 (Revisi 1988).

2.4 Bagian-Bagian Jembatan

Menurut Departement Pekerjaan Umum (Pengantar Dan Prinsip – Prinsip Perencanaan Bangunan bawah/Pondasi Jembatan, 1988). Suatu bangunan jembatan pada umumnya terdiri dari 6 bagian pokok ,yaitu :

1. Bangunan Atas

Bangunan atas merupakan bagian jembatan yang secara langsung menahan beban yang kemudian disalurkan ke bangunan bawah jembatan. Beban tersebut meliputi berat sendiri, beban mati, beban lalu lintas kendaraan, beban mati tambahan, gaya rem dan beban pejalan kaki. Bangunan atas jembatan terdiri dari:

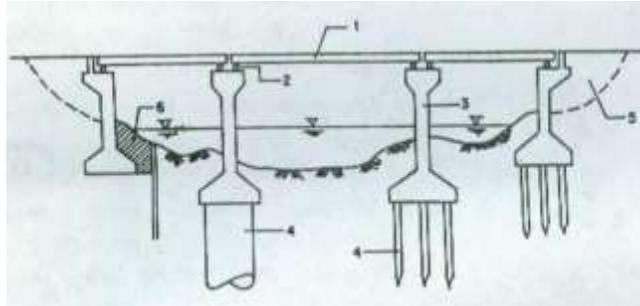
- Trotoar
- Slab lantai kendaraan
- Gelagar (*girder*)
- Balok diafragma
- Tumpuan (*bearing*)

2. Bangunan Bawah

Bangunan bawah (*substruktur*) merupakan bagian jembatan yang berfungsi untuk memikul beban pada bangunan atas dan pada bangunan itu sendiri yang selanjutnya disalurkan ke permukaan tanah. Bangunan bawah (*substruktur*) jembatan terdiri dari:

- Abutmen

- Pier



Gambar 2.1 Bagian-bagian Jembatan

Keterangan gambar:

1. Bangunan atas
2. Landasan (biasanya terletak pada pilar/abutment)
3. Bangunan bawah (fungsinya memikul beban-beban pada bangunan atas dan pada bangunan bawahnya sendiri untuk disalurkan kepondasi, kemudian dari pondasi disalurkan ketanah).
4. Pondasi
5. Oprit (terletak dibelakang abutmen, oleh karena itu tanah timbunan di belakang abutment dibuat sepadat mungkin agar tidak terjadi penurunan tanah dibelakang hari).

2.5 Pengertian Baja

Menurut Spiegel dan Limbrunner (1991), baja konstruksi adalah alloy steel (baja paduan), yang umumnya mengandung lebih dari 98% besi dan biasanya kurang dari 1% karbon. Baja struktur banyak digunakan dalam pembuatan bangunan seperti gedung, pabrik, jembatan dan lain-lain. Baja adalah suatu bahan homogen yang terdiri dari campuran ferrum (Fe) dan karbon (C). Besarnya unsur karbon adalah 0,04-1,6%.

1. Jenis – jenis baja

Menurut SNI 2002, baja struktur dapat dibedakan berdasarkan

kekuatannya menjadi beberapa jenis, yaitu BJ 34, BJ 37, BJ 41, BJ 50, dan BJ 55. Berdasarkan tegangan leleh (f_y) dengan tegangan ultimit (f_u) sebagai jenis baja struktur sesuai dengan SNI 2002 dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Kuat Tarik Batas dan Tegangan Leleh

Jenis Baja	Kuat Tarik Batas (f_u) Mpa	Tegangan Leleh (f_y) Mpa
Bj 34	340	210
Bj 37	370	240
Bj 41	410	250
Bj 50	500	290
Bj 55	550	410

Sumber: (SNI 03-1729-2002 Tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Baja)

2. Sifat Mekanis Baja

Struktur baja harus dapat memikul beban rancangan secara aman tanpa kelebihan tegangan pada material dan memiliki deformasi yang masih dalam daerah yang diizinkan. Kemampuan struktur baja untuk memikul beban tanpa adanya kelebihan tegangan diperoleh dengan menggunakan faktor keamanan dalam desain elemen struktur. Dengan menentukan jenis dan bentuk elemen struktur baja yang digunakan. Untuk melakukan analisis dan maupun desain elemen struktur perlu ditetapkan kriteria yang dapat digunakan sebagai patokan maupun untuk menentukan apakah suatu struktur rangka baja dapat diterima untuk penggunaan yang sesuai dengan yang diinginkan untuk maksud disain tertentu.

Struktur jembatan rangka baja terdiri dari beberapa jenis maupun bentuk baja yang saling terhubung menjadi suatu rangkaian rangka baja. Sifat

mekanis baja struktural yang digunakan harus memenuhi persyaratan minimum yang tercantum pada SNI 03-2005-1729-2002 yang dapat dilihat pada tabel 2.1, sebagai berikut.

Tabel 2.2 Sifat Mekanis Baja Struktural

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

Sumber: (SNI 03-2005-1729-2002)

2.6 Tahapan Perencanaan Jembatan

Menurut Supriyadi dan Muntohar (2007) perbedaan antara ahli satu dengan ahli lainnya sangat dimungkinkan terjadi dalam perencanaan jembatan, tergantung latar belakang kemampuan dan pengalamannya. Akan tetapi, perbedaan tersebut tidak boleh menyebabkan gagalnya proses proses perencanaan.

Sebelum sampai pada pelaksanaan konstruksi, paling tidak seorang ahli atau perancang telah mempunyai data, baik data sekunder maupun data primer yang berkaitan dengan pembangunan jembatan. Data tersebut merupakan bahan pemikiran atau pertimbangan sebelum mengambil suatu keputusan akhir. Data yang diperlukan dapat berupa:

1. Data lalu lintas

Aspek lalu lintas pada perencanaan jembatan berguna untuk menentukan lebar jalan, dari Analisa dan perhitungan aspek lalu lintas diharapkan bangunan jembatan dapat memberikan tingkat pelayanan yang maksimal terhadap arus lalu lintas dan pejalan kaki yang lewat. Perhitungan lalu lintas yang dipakai untuk “perencanaan jembatan tina’ rantetayo menggunakan gelagar baja” ini berdasarkan manual kapasitas jalan Indonesia (MKJI) tahun 1997 tentang jalan luar kota dan tata cara perencanaan geometric jalan antar kota tahun 1997.

a. Komposisi lalu lintas

Kapasitas dan kinerja ruas jalan kota dipengaruhi oleh komponen-komponen lalu lintas diantaranya sebagai berikut :

- Kendaraan ringan (LV), kendaraan bermotor dengan jarak gandar 2,0 – 3,0 meter.
- Kendaraan berat menengah (MHV), kendaraan bermotor dengan dua gandar dengan jarak 3,5 – 5,0 meter.
- Truk besar (LT), truk tiga gandar dan truk kombinasi dengan jarak antar gandar > 3,5 meter.
- Bis besar (LB), bis dengan dua atau tiga gandar dengan as 5,0 – 6,0 meter.
- Sepeda motor (MC), sepeda motor dengan dua atau tiga roda.

b. LHRT dan LHR

Perhitungan jumlah arus kendaraan yang lewat dinyatakan dalam LHRT (Lintasan Lalu Lintas Harian Rata-Rata) dan LHR (Lalu Lintasan Hrian Rata-Rata).

$$LHRT = \frac{\text{Jumlah Lalu Lintas Dalam 1 Tahun}}{365} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$LHR = \frac{\text{Jumlah Lalu Lintas Selama Pengamatan}}{\text{Lamanya Pengamatan}} \dots\dots\dots (2.2)$$

LHRT dan LHR dinyatakan dalam satuan smp/hari (satuan penumpang / hari) terhadap jumlah lajur yang ditinjau.

c. Klasifikasi jalan

Jalan dibagi dalam kelas-kelas yang penempatannya berdasarkan pada fungsi dan volume lalu lintas dalam tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota tahun 1997, klasifikasi dan fungsi jalan yang dapat di lihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 klasifikasi menurut kelas jalan

Fungsi	Kelas	Lalu Lintas Harian Rata-Rata (SMP)
Utama	I	> 20000
Sekunder	II A	6000 – 20000
	II B	1500 – 8000
	II C	< 2000
Penghubung	III	\-

Sumber: (*Tata cara perencanaan geometric jalan antar kota tahun 1997*)

d. Penentuan lebar jembatan

Lebar jembatan di tentukan berdasarkan kebutuhan kendaraan yang lewat setiap jam. Makin ramai kendaraan yang lewat maka diperlukan lebar jembatan yang lebih besar.

2. Survei Lapangan

Survei lapangan adalah cara dan Teknik pengumpulan data dengan melakukan pengamatan dan pencatatan secara sistematis terhadap gejala atau fenomena yang ada pada suatu objek penelitian, (Tika 2005:4). Survei lapangan dilakukan untuk mengetahui berapa kendaraan yang akan melewati jembatan.

3. Topografi

Topografi merupakan ketinggian suatu tempat yang dihitung mulai dari permukaan air laut. Data topografi dapat ditemukan dengan menggunakan peta topografi.

4. Curah hujan (*Hidrologi*)

Analisa curah hujan perlu dilakukan untuk mengetahui tinggi maksimal debit air sungai untuk menentukan tinggi banjir maksimum. Tinggi banjir maksimum digunakan untuk mencari ketinggian jembatan dalam muka air. Untuk menentukan tinggi banjir maksimum memerlukan data-data curah hujan sebagai berikut:

- Curah hujan rata-rata
- Debit banjir (Q)
- Tinggi muka air banjir
- Tinggi jagaan

5. Aksi lingkungan

Aksi lingkungan adalah beban-beban akibat pengaruh temperature, angin, banjir, gempa dan penyebab-penyebab alamiah lainnya. Besarnya beban rencana yang diberikan dalam tata cara ini didasarkan pada analisa statistic dari kejadian- gkkejadian umum yang tercatat tanpa memperhitungkan hal kusus yang munin akan memperbesar pengaruh setempat.

- Penurunan
- Beban angin

6. Pemilihan lokasi jembatan

Penentuan lokasi dan layout jembatan tergantung pada kondisi lalu lintas. Secara umum, suatu jembatan berfungsi untuk melayani arus lalu-lintas dengan baik, kecuali bila terdapat kondisi-kondisi kusus. Prinsip kusus dalam pembangunan jembatan adalah jembatan untuk jalan raya.

7. Aspek lalu lintas

Persyaratan transportasi meliputi kelancaran arus lalu lintas kendaraan dan pejalan kaki yang melintasi jembatan tersebut. Perencanaan yang kurang tepat terhadap kapasitas lalu lintas perlu dihindarkan, karena akan sangat mempengaruhi lebar jembatan.

8. Aspek estetika

Aspek estetika dalam perencanaan suatu jembatan sangat diperlukan untuk ekonomi dan artistic tidak hanya didasarkan pada struktural dan pemenuhan transportasi saja.

9. Layout jembatan

Setelah lokasi jembatan ditentukan, selanjutnya yang perlu dipertimbangkan adalah layout jembatan terhadap topografi setempat. Dalam proses perencanaan terhadap dua sudut pandang yang berbeda antara seorang ahli jalan dengan ahli jembatan (*Troitsky, 1994*).

10. Penyelidikan lokasi

Setelah lokasi dan layout jembatan ditetapkan pada peta, tahap berikutnya adalah mempersiapkan tahap preliminary design yang mempelajari tentang keadaan lokasi jembatan terutama kondisi rencana struktur bawah pada sungai.

2.6.1. Beban Mati

Dalam menentukan besarnya beban mati, harus digunakan nilai berat isi untuk bahan bangunan tersebut pada tabel 2.5 di bawah ini:

Tabel 2.4 Berat isi untuk beban mati.

N0	Bahan	Berat isi (kN/m ³)	Kerapatan massa (kg/m ³)
1	Lapisan permukaan beraspal (<i>bituminous wearing surfaces</i>)	22,0	2245
2	Besi tuang (<i>cast iron</i>)	71,0	7240

NO	Bahan	Berat isi (kN/m³)	Kerapatan massa (kg/m³)
3	Timbunan tanah dipadatkan (<i>compacted sand, silt or clay</i>)	17,2	1755
4	Kerikil dipadatkan (<i>rolled gravel, macadam or ballast</i>)	18,8 – 22,7	1920 – 2315
5	Beton aspal (<i>asphalt concrete</i>)	22,0	2245
6	Beton ringan (<i>low density</i>)	12,25 – 19,6	1250 – 2000
7	Beton $f'c < 35$ Mpa	22,0 – 25,0	2320
	$35 < f'c < 105$ Mpa	$22 + 0,022 f'c$	$2240 + 2,29 f'c$
8	Baja (<i>steel</i>)	78,5	7850
10	Kayu ringan	7,8	800
11	Kayu keras (<i>hard wood</i>)	11,0	1125

Sumber: (SNI 1725 – 2016. Hal 13)

Apabila bahan bangunan setempat memberikan berat isi yang jauh menyimpang dari nilai – nilai yang tercantum di atas, maka berat ini harus ditentukan sendiri dan nilai yang didapat setelah disetujui oleh yang berwenang selanjutnya dilakukan dalam perhitungan.

2.6.2. Beban Hidup

Beban hidup pada jembatan yang 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.

a. Beban lajur ‘D’

Beban lajur “D” adalah beban lajur lalu lintas bagian dari lantai kendaraan yang digunakan oleh suatu rangkaian kendaraan. Beban Lajur “D” terdiri dari beban tersebar merata (BTR) yang digabungkan dengan Beban Garis (BGT). Beban tersebar merata (BTR) mempunyai intensitas q kPa,

dimana besaran q tergantung pada panjang total yang dibebani L seperti berikut :

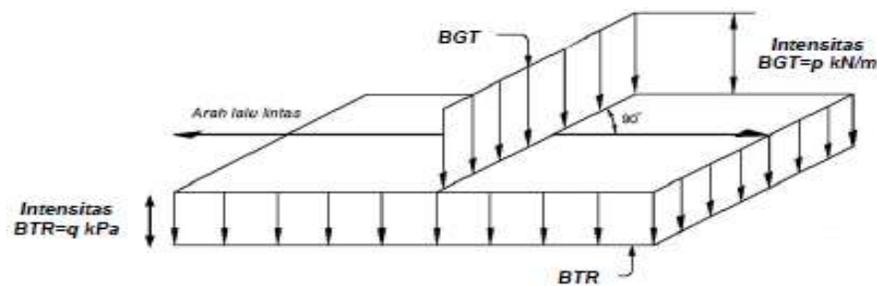
$$L \leq 30 \text{ m} : q = 9,0 \text{ kPa}$$

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

Keterangan:

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

L = panjang total jembatan yang dibebani (meter)



Gambar 2.2 Beban Lajur "D"

Faktor beban dinamis (Dynamic Load Allowance) untuk BGT diambil dengan cara berikut :

$$\text{Untuk } L \leq 50 \text{ m DLA} = 0,4$$

$$\text{Untuk } 50 < L < 90 \text{ m DLA} = 0,4 - 0,0025 \cdot (L - 50)$$

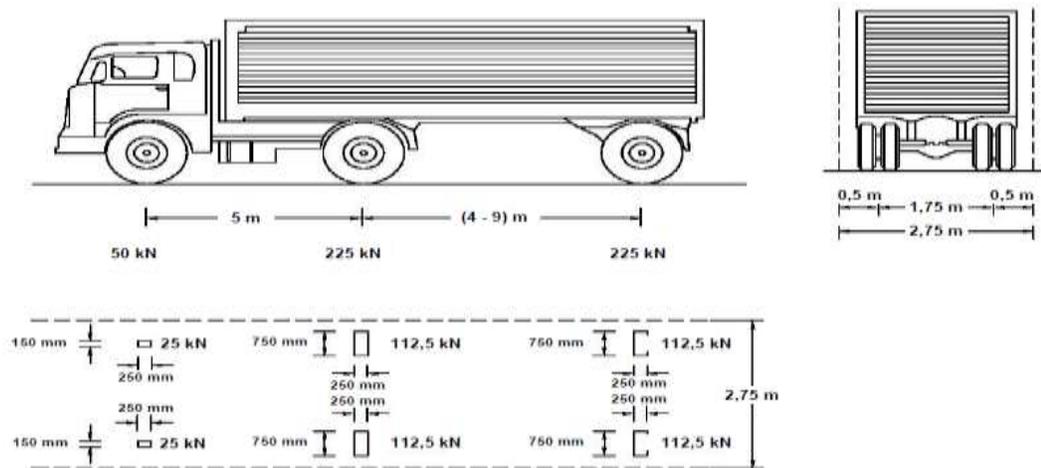
$$\text{Untuk } L \geq 90 \text{ m DLA} = 0,3$$

Beban garis (BGT) dengan intensitas p kN/m harus tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas p adalah 49 kN/m.

Lajur lalu lintas rencana harus disusun sejajar dengan sumbu memanjang jembatan.

b. Beban truck "T"

Beban truk "T" adalah Beban seluruh lebar bagian jembatan yang digunakan untuk menerima beban dari lalu lintas kendaraan. Pembebanan truck "T" terdiri dari kendaraan truck semi-trailer yang mempunyai susunan dan berat as seperti:



Gambar 2.3 Pembebanan Truck "T" (500 kN)

Berat masing-masing as disebarakan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak 2 as tersebut bisa diubah-ubah antara 4,0 m sampai 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan. Faktor beban dinamis (FBD) merupakan hasil interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan, yang artinya beban truck "T" perlu dikalikan dengan faktor beban dinamis (FBD) dan faktor distribusi. Untuk pembebanan truck "T" FBD diambil sebesar 30%. Harga FBD yang dihitung digunakan pada seluruh bagian bangunan yang berada diatas permukaan tanah.

c. Gaya Rem

Bekerjanya gaya-gaya di arah memanjang jembatan, akibat gaya rem dan traksi, harus di tinjau untuk kedua jurusan lalu lintas. Pengaruh ini diperhitungkan senilai dengan gaya rem sebesar 5% dari beban lajur "D"

yang di anggap ada pada semua jalur lalu lintas, tanpa dikalikan dengan faktor beban dinamis dan dalam satu jurusan. Gaya rem tersebut dianggap bekerja horisontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,8 m di atas permukaan lantai kendaraan. Gaya rem hanya menimbulkan momen, sedangkan gaya geser akibat beban rem tidak akan terjadi besarnya momen yang terjadi akibat gaya rem memiliki nilai yang sama pada titik sepanjang bentang jembatan. Besarnya gaya rem tergantung panjang total jembatan sebagai berikut:

Untuk $L \leq 80$ m

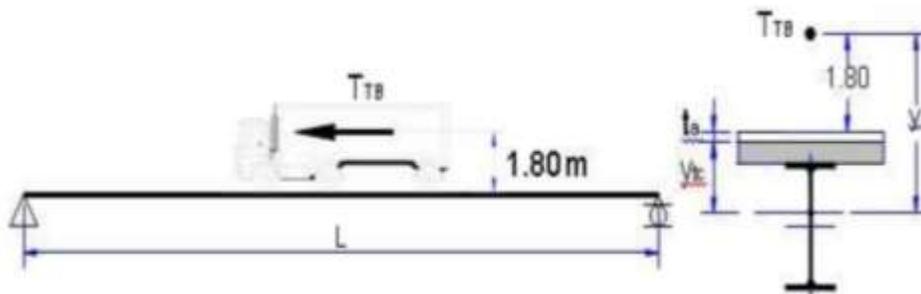
Gaya rem, $T_{TB} = 250$ kN

Untuk $80 < L < 180$ m

Gaya rem, $T_{TB} = 250$ kN + $2,5 \cdot (L - 80)$ kN

Untuk $L \geq 180$

Gaya rem, $T_{TB} = 500$ kN



Gambar 2.4 Beban Gaya Rem

Lengan terhadap pusat tampang gelagar

$$Y = Y_{TC} + t_a + 1,8 \dots \dots \dots (2.4)$$

d. Beban Pejalan Kaki

Semua elemen dari trotoar atau jembatan penyebrangan yang langsung memikul pejalan kaki harus direncanakan untuk beban nominal 5 kPa. Apabila trotoar memungkinkan digunakan untuk kendaraan ringan atau

ternak maka trotoar harus direncanakan untuk bisa memikul beban hidup terpusat sebesar 20 kN.

2.6.3. Aksi Lingkungan

Yang termasuk beban lingkungan untuk keperluan perencanaan adalah sebagai berikut:

1. Pengaruh Temperatur / Suhu

Tabel 2.5 Faktor Beban Akibat Pengaruh Temperatur / Suhu

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	$K_{s,ET}$	$K_{u,ET}$ Biasa berkurang
Transien	1,0	1,2 0,8

Sumber: (RSNI T-02-2005)

Peninjauan diadakan terhadap timbulnya tegangan –tegangan struktural karena adanya perubahan akibat perbedaan suhu antara bagian-bagian jembatan baik yang menggunakan bahan yang sama ataupun dengan bahan yang berbeda. Perbedaan suhu ditetapkan sesuai dengan data perkembangan suhu setempat.

Tabel 2.6 Temperatur Jembatan Rata-Rata Nominal

Tipe bangunan atas	Temperatur jembatan rata-rata minimum (1)	Temperatur jembatan rata-rata maksimum
Lantai beton diatas gelagar atau boks beton	15 ⁰ C	40 ⁰ C
Lantai beton diatas gelagar, boks atau rangka baja	15 ⁰ C	40 ⁰ C
Lantai plat baja diatas gelagar, boks atau rangka baja	15 ⁰ C	45 ⁰ C
CATATAN (1) Temperatur jembatan rata-rata minimum bisa dikurangi 5 ⁰ C untuk lokasi yang terletak pada ketinggian lebih besar dari 500m diatas permukaan laut.		

Sumber: (SNI 1725-2016)

Untuk perhitungan tegangan-tegangan dan pergerakan pada jembatan/bagian-bagian jembatan/perletakan akibat perbedaan suhu dapat diambil nilai modulus elastisitas young (E) dan koefisien muai panjang (ϵ) sesuai dengan tabel berikut:

Tabel 2.7 Sifat Bahan Rata-Rata Akibat Pengaruh Temperatur

Bahan	Koefisien perpanjangan akibat suhu (α)	Modulus Elastisitas (MPa)
Baja	12 x 10 ⁻⁶ per °C	200.000
Beton: Kuat tekan <30 MPa	10 x 10 ⁻⁶ per °C	4700/fc'

Bahan	Koefisien perpanjangan akibat suhu (α)	Modulus Elastisitas (MPa)
Kuat tekan >30 MPa	11×10^{-6} per $^{\circ}\text{C}$	4700/ f_c'

Sumber: (SNI 1725-2016)

2. Beban Angin

Beban angin tanpa kendaraan di atas jembatan. Gaya nominal ultimit dan layan jembatan akibat angin tergantung kecepatan angin rencana sebagai berikut:

$$T_{EW} = 0,0006 C_W(V_W)^2 A_b \text{ [kN]} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dengan pengertian:

C_W = adalah koefisien seret

A_b = adalah luas koefisien bagian samping jembatan (m^2)

Tabel 2.8 Kecepatan Angin Rencana V_W

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

Sumber: (RSNI T-02-2005)

Tabel 2.9 Koefisien Seret C_W

Tipe Jembatan	
Bangunan atas massif: (1), (2)	
bid = 1,0	2,1 (3)
bid = 2,0	1,5 (3)
bid \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 massif

CATATAN (2) harga antara b/d bisa diinterpolasi linear

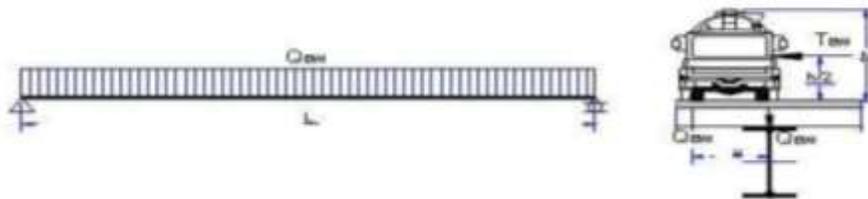
CATATAN (3) apabila bangunan atas mempunyai superelevasi, C_w harus dinaikkan sebesar 3% untuk setiap derajat superelevasi, dengan kenaikan maksimum 2,5%

Sumber : (RSNI T-02-2005)

Kecepatan angin harus diambil seperti yang diberi dalam tabel 10. Apabila suatu kendaraan sedang berada diatas jembatan, beban garis merata tambahan arah horisontal harus diterapkan pada permukaan lantai seperti diberikan dengan rumus:

$$T_{EW} = 0,0012 C_W(V_W)^2 A_b[\text{kN}] \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan pengertian $C_W = 1.2$



Gambar 2.5 Momen Gaya Angin (Ew)

Transfer beban angin ke lantai jembatan yang terjadi adalah

$$Q_{ew} = \frac{1}{2} \frac{xh}{x} \times T_{ew} \dots\dots\dots (2.7)$$

3. Beban Gempa

Beban rencana gempa minimum diperoleh dari rumus berikut :

$$T^*_{EQ} = K_h I W_T \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana:

$$K_h = C S$$

Dengan pengertian:

T^*_{EQ} = adalah gaya geser dasar total dalam arah yang ditinjau (kN)

K_h = adalah koefisien beban gempa horisontal

C = adalah koefisien geser dasar untuk daerah, waktu dan kondisi setempat yang sesuai

I = adalah faktor kepentingan

S = adalah faktor tipe bangunan

W_T = adalah berat total minimum bangunan yang mempengaruhi kecepatan gempa, diambil sebagai beban mati ditambah beban mati tambahan (kN).

2.6.4. Kombinasi Pembebanan

Konstruksi jembatan beserta bagian-bagiannya harus ditinjau dari kombinasi pembebanan dan gaya yang mungkin bekerja. Sesuai dengan sifat-sifat serta kemungkinan-kemungkinan pada setiap beban, tegangan yang digunakan dalam kekuatan pemeriksaan konstruksi yang bersangkutan dinaikkan terhadap tegangan yang diizinkan sesuai dengan elastis. Tegangan yang digunakan dinyatakan dalam proses terhadap tegangan yang diizinkan sesuai kombinasi pembebanan dan gaya. Gaya total terfaktor yang digunakan dalam perencanaan harus dihitung dengan cara mengkalikan faktor beban dengan gaya atau beban yang bekerja pada jembatan itu sendiri. Adapun keadaan kombinasi beban – beban pada setiap keadaan batas sesuai dengan SNI 2016 tentang pembebanan untuk jembatan sebagai berikut:

Kuat 1 Kombinasi pembebanan yang memperhitungkan gaya-gaya yang timbul pada jembatan dalam keadaan normal tanpa memperhitungkan beban angin. Pada keadaan batas ini, semua gaya nominal yang terjadi dikalikan dengan faktor beban yang sesuai.

Kuat 2 Kombinasi pembebanan yang berkaitan dengan penggunaan jembatan untuk memikul beban kendaraan khusus yang ditentukan pemilik tanpa memperhitungkan beban angin.

Kuat 3 Kombinasi pembebanan dengan jembatan dikenai beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam.

Kuat 4 Kombinasi pembebanan untuk memperhitungkan kemungkinan adanya rasio beban mati dengan beban hidup yang besar.

Kuat 5 Kombinasi pembebanan berkaitan dengan operasional normal jembatan dengan memperhitungkan beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam.

Sedangkan menurut pedoman perencanaan pembebanan jembatan jalan raya (PPPJJR 1987) tegangan yang digunakan dinyatakan dalam persen terhadap tegangan yang diizinkan sesuai kombinasi dan gaya pada tabel 2.12 berikut :

Tabel 2.10 Kombinasi Pembebanan

No	Kombinasi pembebanan dan gaya	Tegangan yang digunakan dalam proses terhadap tegangan ijin
1.	$M + (H+K) + Ta + Tu$	100%
2.	$M + Ah + A + Ta + Gg + SR + Tm$	125%
3.	$Komb I + Rt + Gg + A + SR + Tm + S$	140%
4.	$M + Gh + Gt + Gg + Ahg + Tu$	150%
5.	$M+PI$	130%
6.	$M + (H+K) + Ta + S + Tb$	150%

Sumber: (Standar Nasional Indonesia T-02-2005)

2.6.5. Faktor Beban

Menurut RSNi T-02-2005 faktor beban dapat dilihat pada tabel 2.13 dan tabel 2.14 berikut:

Tabel 2.11 Faktor Beban Keadaan Ultimate

Jenis Beban	Faktor Beban Bataskeadaan Ultimate	
	Keterangan	Faktor beban
Berat sendiri	Baja	1,1
	Beton cor ditempat	1,3
Beban mati tambahan	Kasus umum	2,0
	Kasus khusus	1,4
Beban lajur "D"	-	1,8
Beban truk "T"	-	1,8
Gaya Sentrifugal	-	1,8
Beban pejalan kaki	-	1,8
Beban rem	-	1,8
Pengaruh susut	-	1,0
Tekanan tanah	Tekanan tanah vertikal	1,25
	Tekanan tanah lateral	
	- Aktif	1,25
	- Pasif	1,40
	- Diam	1,25

Jenis Beban	Faktor Beban Bataskeadaan Ultimate	
	Keterangan	Faktor beban
Pengaruh tetap Pelaksanaan	-	1,25
Pengaruh suhu	-	1,2
Pengaruh gempa	-	1,0
Gesekan perletakan	-	1,3
Tekanan hidrostatik dan gaya apung	Nilai dalam kurung menunjukkan faktor untuk struktur penahan air dimana beban ini menentukan	1,0 (1,1)
Aliran sungai, Hanyutan dan batang kayu	- Jembatan besar dan penting (periode ulang 100 tahun)	2,0
	- Jembatan tetap (periode ulang 50 tahun)	1,5
	- Gorong-gorong (periode ulang 50 tahun)	1,0
	- Jembatan sementara (periode ulang 20 tahun)	1,5

Sumber: (SNI T-02-2005)

Tabel 2.12 Gaya Tarik Baut Minimum

Tipe Baut	Diameter (mm)	Kuat Tarik Minimum (Mpa)
A307	6,35-10,4	60
A325	12,7-25,4	825

Type Baut	Diameter (mm)	Kuat Tarik Minimum (Mpa)
A449	28,6-38,1	725
A490	12,7-38,1	1035

Sumber: (Perencanaan Struktur Baja dengan Metode Lrfd,2008)

2.6.6. Faktor Reduksi

Menurut RSNI T-03-2005 faktor reduksi untuk baja dapat di lihat pada tabel 2.15 berikut:

Tabel 2.13 Faktor reduksi kekuatan U.L.S. untuk Baja

Situasi Rencana	Faktor Reduksi
unsur yang memikul lentur	0,90
Unsur yang memikul geser	0,90
Unsur yang memikul beban aksial	0,85
Unsur yang memikul aksial	
- Terhadap kuat Tarik leleh	0,90
- Terhadap kuat Tarik fraktur	0,75
penghubung geser	0,75
Hubungan baut	0,75
Hubungan las :	
- las tumpul pentrasi penuh	0,90
- las sudut dan las tumpul penetrasi sebagian	0,7

Sumber: (Standar Nasional Indonesia T-03-2005)

2.7 Perencanaan Bangunan Atas Jembatan

2.7.1 Perencanaan Sandaran

Menurut RSNI T-02-2005 pasal 12.5 sandaran untuk pejalan kaki harus direncanakan untuk dua pembebanan rencana daya layan yaitu $W^*= 0,75$ kN/m. Beban-beban ini bekerja secara bersamaan dalam arah menyilang dan 71vertical pada masing-masing sandaran. Adapun langkah-langkah perencanaannya adalah:

1. Menentukan mutu dan profil sandaran (*pipa baja*).
2. Menentukan panjang sandaran yang menumpu pada rangka jembatan.
3. Menentukan berat sandaran (G) dan momen Tahanan (W).
 - a. $G = A \times \gamma$ (2.9)
 - b. $W = \frac{\pi (D^4 - d^4)}{32 D}$ (2.10)
4. Menentukan pembebanan arah vertikal (qV) dan horizontal (qH)
5. Analisa struktur:
 - a. Beban ultimate

$$q^u = \gamma_{Ms} + \gamma_{MA}$$
 (2.11)
 - b. Momen

$$M_{max} = \frac{1}{8} \times q \times L^2$$
 (2.12)
 - c. Gaya lintang

$$RA = RB = \frac{1}{2} \times q \times L$$
 (2.13)
6. Cek tegangan
 - a. Tegangan momen

$$\sigma_u = \frac{M}{W} < \sigma \text{ ijin}$$
 (2.14)
 - b. Tegangan geser

$$\tau = \frac{D}{A} \leq \tau \text{ ijin} = 0,85 \times \sigma$$
 (2.15)
 - c. Cek kekuatan/lendutan

$$\delta_{ijin} = \frac{L}{300} \geq \delta_{ijin} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$\delta_{ijin} = \frac{qxL^4}{384xExI} \dots\dots\dots (2.17)$$

2.7.2 Perencanaan Trotoar

Trotoar berfungsi untuk memberikan pelayanan kepada pejalan kaki. Trotoar direncanakan sebagai pelat beton yang terletak di atas pelat lantai jembatan bagian tepi dan penulangannya hanya sebagai penahan susut.

Adapun langkah-langkah perencanaannya adalah:

1. Menentukan mutu beton (f_c) dan mutu tulangan (f_y) yang dipakai
2. Menentukan dimensi plat trotoar yang direncanakan
3. Menentukan pembebanan
4. Analisa struktur (M_u)

- Akibat beban mati

$$MD^u = \left(\left(\frac{1}{2} qD^u \right) xl^2 \right) \dots\dots\dots (2.18)$$

- Akibat beban hidup

$$ML^u = \left(\left(\frac{1}{2} qL^u \right) xl^2 \right) + (H2xh) \dots\dots\dots (2.19)$$

- Momen total

$$M_u = MD^u + ML^u \dots\dots\dots (2.20)$$

5. Menghitung tulangan

- Rasio tulangan minimum (SNI 30-2847-2002 Psl 12.5.1)

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots (2.21)$$

- Rasio tulangan pokok (SNI 30-2847-2002 Psl 12.5.1)

$$A_{s\ perlu} = \rho_{min} \times b \times d \dots\dots\dots (2.22)$$

- Tulangan bagi (RSNI 03-2847-2002-Psl 9.12.2.1)

$$A_s = 50\% \times A_{s\ perlu} \dots\dots\dots (2.23)$$

2.7.3 Perencanaan Plat Lantai Kendaraan

Beban yang terjadi adalah beban sendiri plat, berat aspal, berat air hujan, akibat tekanan roda, akibat beban sementara (beban angin). Perhitungan plat lantai jembatan dapat dilakukan dengan langkah-langkah berikut ini (berdasarkan penyaluran beban metode Amplop):

1. Menentukan data-data perencanaan yang terdiri dari:
 - a. Tebal plat lantai kendaraan
 - b. Mutu lapis perkerasan
 - c. Mutu beton (f_c)
 - d. Mutu baja tulangan (f_y)
 - e. Berat jenis beton bertulang (W_c)
2. Menghitung pembebanan
 - a. Beban sendiri
 - Berat sendiri plat
 - Berat aspal
 - Berat air hujan

Berdasarkan grafik dan tebal beton bertulang : $L_y/L_x = (113,20,112)$

$$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times l_x^2 \times x$$

$$M_{ly} = 0,001 \times W_u \times l_x^2 \times x$$

$$M_{tx} = 0,001 \times W_u \times x^2 \times x$$

$$M_{ty} = \frac{1}{2} \times M_{lx} \dots\dots\dots (2.23)$$

$$W_u = 1,3 \times W_d \dots\dots\dots (2.24)$$

Dimana:

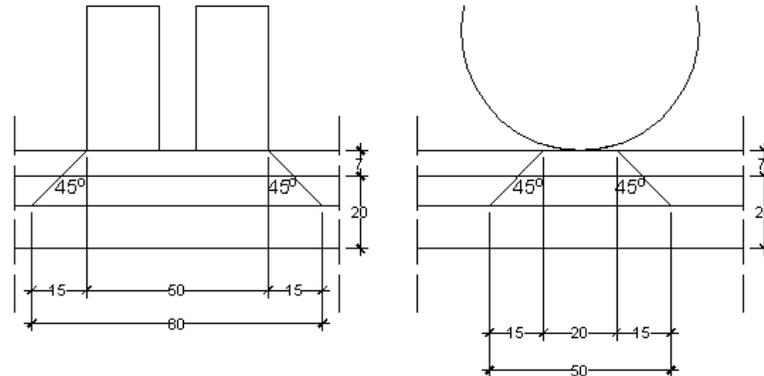
W_d = total berat sendiri

l_x^2 = lebar arah x yang di tinjau

x = nilai dari tabel penyaluran beban

- b. Akibat tekanan roda

Beban roda T = 10 ton untuk roda ganda (PPPJJR hal 5)



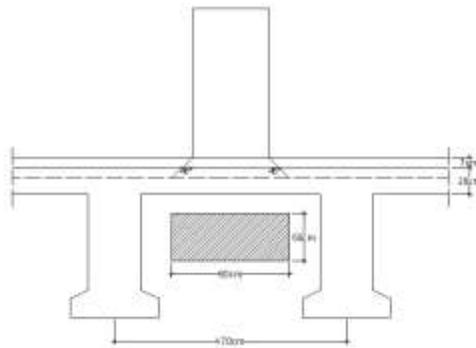
Gambar 2.6 Penyebaran Beban 1

$$b_x = 80 \text{ cm}$$

$$b_y = 50 \text{ cm}$$

$$\text{Besarnya muatan } T \text{ disebarakan} = \frac{10 \text{ ton}}{0,8 \times 0,5} = 25 \text{ t/m}^2$$

Momen pada saat 1 roda pada tengah-tengah pelat



Gambar 2.7 Penyebaran Beban 2

$$\frac{T_x}{L_x} = F_{xm} \text{ (Tabel Bittner)}$$

$$\frac{T_y}{L_y} = F_{ym} \text{ (Tabel Bittner)}$$

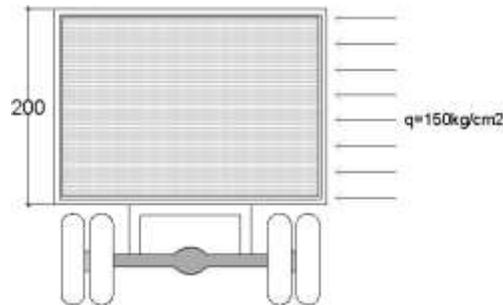
$$T_y : L_x$$

$$M_{xm} = F_{xm} \times T \times T_x \times T_y$$

$$M_{ym} = F_{ym} \times T \times T_x \times T_y$$

Momen saat 2 roda berdekatan dengan jarak antar as min 1 m

c. Akibat beban sementara (Beban Angin)



Gambar 2.9 Beban Sementara (Beban Angin)

H = Asumsi tinggi yang di perhitungkan (truk) 2m diatas lantai kendaraan

Beban Angin = $150 \text{ kg/m}^2 = 1,5 \text{ kN/m}^2$

d. Momen Desain

- Akibat beban tetap = Beban angin
- Akibat beban tetap = Beban roda

e. Menghitung penulangan

- Menentukan data perencanaan
- Perhitungan tulangan baik tulangan (arah x tumpuan, arah x lapangan, arah y tumpuan dan arah x lapangan) dapat di hitung dengan rumus sebagai berikut:
 - Faktor distribusi tegangan beton

$$\rho_b = \beta_1 \times 0,85 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{(600+f_y)} \dots\dots\dots (2.27)$$

Dimana:

β_1 = faktor yang menghubungkan tinggi blok tegangan tekan persegi ekuivalen dengan tinggi sumbu netral

ρ_b = Rasio tulangan keseimbangan

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b \dots\dots\dots (2.28)$$

Dimana:

ρ_{max} = Rasio tulangan maksimum

- Momen nominal rencana (M_n)

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{2812 \text{ kgm}}{0,8} \dots\dots\dots (2.29)$$

- Faktor tambahan momen

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} \dots\dots\dots (2.30)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} \dots\dots\dots (2.31)$$

- Rasio tulangan yang diperlukan

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right] \dots\dots\dots (2.32)$$

- Rasio tulangan minimum (ρ_{min})

$$(\rho_{min}) = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots (2.33)$$

- Luas tulangan yang diperlukan (A_s)

$$A_s = \rho \times b \times d \dots\dots\dots (2.34)$$

$$\text{Checking : } \rho = \frac{A_s \text{ terpasang}}{b \times d} \dots\dots\dots (2.35)$$

$$\rho < \rho_{maks}$$

3. Cek ketebalan plat

- Berdasarkan tebal minimum plat

$$L_n/28$$

$$H > L_n/28 \text{ syarat}$$

- Syarat lendutan

2.7.4 Perencanaan Gelagar

Gelagar berfungsi untuk menerima beban yang bekerja di atasnya dan menyalurkan ke bangunan bawahnya. Adapun langkah-langkah perencanaannya adalah:

1. Menentukan profil yang digunakan beserta mutu bajanya.
2. Menghitung pembebanan meliputi:

- Beban mati

Berat sendiri gelagar dan beban yang bekerja di atasnya

$$q^u = s \times h \times \gamma \times K^u \dots\dots\dots (2.37)$$

Momen dan gaya lintang yang terjadi :

$$MD_{maks} = \left(\frac{1}{8} q D^u\right) \times 1 \dots\dots\dots (2.38)$$

$$DD_{MAKS} = \left(\frac{1}{2} q D^u\right) \times 1 \dots\dots\dots (2.39)$$

- Beban hidup
- Beban lajur "D" yang terjadi :

Momen dan gaya lintang akibat beban "D"

$$MLD_{maks} = \left(\frac{1}{8} q \times l^2\right) + \left(\frac{1}{4} p \times l\right) \dots\dots\dots (2.40)$$

$$DLD_{MAKS} = \left(\frac{1}{2} P\right) + \left(\frac{1}{2} q \times l\right) \dots\dots\dots (2.41)$$

- Beban truk "T"

$$T^u = T \times K^u (1 \times FBD) \dots\dots\dots (2.42)$$

Momen dan gaya lintang maksimum akibat beban T :

$$MD_{maks} = \left(\frac{1}{4} T \times 1\right) \dots\dots\dots (2.43)$$

$$MD_{maks} = \frac{1}{2} T^u \dots\dots\dots (2.44)$$

3. Pendimensionian gelagar memanjang

- Momen tahanan perlu (Wx_{perlu}) :

$$Wx_{perlu} = \frac{M_{total}}{\sigma} \dots\dots\dots (2.45)$$

4. Analisis struktur (momen dan gaya lintang) yang paling menentukan terbesar.

5. Cek kekompakan penampang dan kapasitas lentur

$$\lambda_f = \frac{b}{2t_f} \quad \lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} \quad \lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}} \dots\dots\dots (2.46)$$

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} \quad \lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \quad \lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y - f_r}} \dots\dots\dots (2.47)$$

- Penampang kompak jika $\lambda < \lambda_p < \lambda_r$

$$Z_x = b \times t_f (d - t_f) + \frac{1}{4} x t_w (d - 2t_f)^2 \dots\dots\dots (2.48)$$

- Untuk penampang kompak $M_p = M_n$

$$M_p = f_y \times Z_x \dots\dots\dots (2.49)$$

$$\text{Syarat : } \phi M_n > M_u$$

6. Cek kapasitas gelagar

$$\text{Syarat : } \phi V_n > V_u$$

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \dots\dots\dots (2.50)$$

$$A_w = d \times t \dots\dots\dots (2.51)$$

7. Kontrol lendutan (RSNI T-03-2005 pasal 4.7.2) $\delta_{\text{terjadi}} \leq \delta_{\text{ijin}}$

- Lendutan ijin

$$\delta_{\text{ijin}} = \frac{1}{800} L \dots\dots\dots (2.52)$$

- Akibat BTR dan BGT

$$\delta = \frac{5 \times q \times BTR \times L^4}{384 \times EI} + \frac{P \times BGT \times L^3}{48 \times EI} \dots\dots\dots (2.53)$$

- Akibat beban truk

$$\delta = \frac{P \times T^u \times L^3}{48 \times EI} \dots\dots\dots (2.54)$$

- Penampang baja

$$\frac{L}{d} > \frac{1,25 \times b}{t} \dots\dots\dots (2.55)$$

2.8 Perencanaan Bangunan Bawah Jembatan

2.8.1 Abutmen

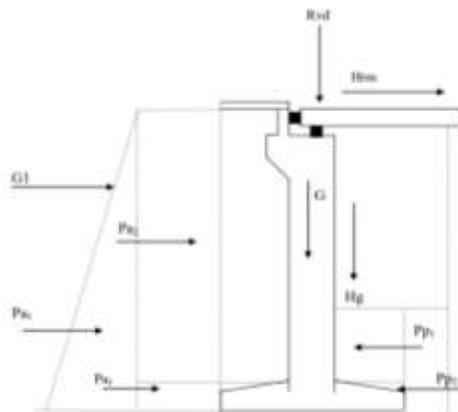
Abutment adalah bangunan bawah jembatan yang terletak pada kedua ujung pilar – pilar jembatan, berfungsi sebagai pemikul seluruh beban hidup (Angin, kendaraan, dll) dan mati (beban gelagar, dll) pada jembatan. Abutment berfungsi untuk menerima beban-beban yang diberikan bangunan atas dan kemudian menyalurkan kepondasi, beban tersebut selanjutnya disalurkan ke tanah oleh pondasi dengan aman sekaligus sebagai penahan tanah.

Dalam perencanaan abutment selain beban-beban yang bekerja juga diperhatikan pengaruh kondisi lingkungan seperti angin, aliran air, gempa,

dan penyebab-penyebab alam lainnya. Selain itu faktor pemilihan bentuk atau jenis abutment yang digunakan juga harus diperhatikan dengan teliti.

Abutment adalah konstruksi beton bertulang dengan meneruskan pasangan batu kali dari pondasi sampai mencapai ketinggian tertentu yang telah direncanakan. Karena dalam hal ini abutment terbuat dari konstruksi beton bertulang.

2.8.2 Gaya-Gaya Pada Abutmen



Gambar 2.10 Abutment

Keterangan :

Pa_1 , Pa_2 , Pa_3 : Gaya tekan aktif tanah pada belakang abutment

Pp_1 , Pp_2 : Gaya tekan pasif tanah pada depan abutment

G : Berat sendiri abutment

G_1 : Gaya gempa akibat bangunan atas

H_g : Gaya gesek akibat tumpuan bergerak

H_{rm} : Gaya akibat rem

R_{vd} : Gaya tekan akibat beban dari atas

- Gaya-gaya yang bekerja pada abutment

a) Gaya akibat beban mati

b) Gaya Horizontal akibat gesekan tumpuan bergerak (Hg)

Koefisien gesekan = 0,25 (PPPJRR / 1987 pasal 2.6.2)

$$H_{\text{gesekan}} = \text{koefisien}_{\text{gesekan}} \times R_{\text{vd}} \dots\dots\dots (2.56)$$

$$R_{\text{vd}} = \frac{P_{\text{total}}}{2} = \dots\dots\dots (2.57)$$

c) Gaya akibat muatan hidup

$$R_{\text{ql}} = \frac{q}{2,75} \times l = \dots \text{ton} \dots\dots\dots (2.57)$$

$$R_{\text{pl}} = \frac{p}{2,75} \times k \times l = \dots \text{ton} \dots\dots\dots (2.58)$$

$$\text{Koefisien kejut} = 1 + \text{ton} \frac{20}{50+l} = \dots \text{ton}$$

d) Gaya akibat rem dan traksi

Diperhitungkan 5 % dari beban D tanpa koefisien kejut dengan titik tangkap 1,8 m diatas permukaan lantai kendaraan (PPPJRR / 1987 hal 15).

$$\text{Traksi } R_{\text{rt}} = \frac{5\% \times (R_{\text{PL}} + R_{\text{QL}})}{2} = \dots \text{ton} \dots\dots\dots (2.59)$$

e) Gaya gempa akibat bangunan atas

K = ketetapan (0,07)

$$G_1 = K \cdot R_{\text{vd}} \dots\dots\dots (2.60)$$

f) Gaya horisontal tanah

$$K_a = \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots\dots (2.61)$$

$$K_p = \text{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots\dots (2.62)$$

$$P_{a1} = K_a \cdot q \cdot h_1 \cdot b \dots\dots\dots (2.63)$$

$$P_{a2} = \frac{1}{2} \cdot K_a \cdot \gamma_1 \cdot h_2 \dots\dots\dots (2.64)$$

$$P_p = \frac{1}{2} \cdot K_p \cdot \gamma_1 \cdot h_2^2 \cdot b \dots\dots\dots (2.65)$$

- Hitungan daya dukung tanah dasar pondasi

$\phi = \text{arc tg} (K_r \phi \cdot \tan \phi)$ (SNI 03 – 3446 – 1994, halaman 8 – 9)

Daya dukung tanah dasar pondasi berdasarkan rumus Tarzhagi untuk pondasi persegi pada kondisi tanah:

$$C = 3,1 \text{ t/m}^2 \dots\dots\dots (2.66)$$

$$Q_{ult} = C \cdot N_c + D \cdot \gamma_1 \cdot N_q + 0,5 \cdot B \cdot \gamma_2 \cdot N_\gamma \dots\dots\dots (2.67)$$

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{SF} \dots\dots\dots (2.68)$$

- Perhitungan stabilitas abutment

Syarat aman terhadap geser

$$SF = \frac{\sum V \cdot \tan \frac{2}{3} \phi + c \cdot B}{\sum H} \dots\dots\dots (2.69)$$

Syarat aman terhadap guling

$$SF = \frac{\sum M_x}{\sum M_y} \dots\dots\dots (2.70)$$

Syarat aman terhadap eksentrisitas

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M_x - \sum M_y}{\sum V} < \frac{B}{6} \dots\dots\dots (2.71)$$

Kontrol terhadap tegangan

$$\sigma = \frac{\sum V}{B \times L} - \left(1 \pm \frac{6 \times e}{B} \right) \dots\dots\dots (2.72)$$

$$\sigma_{maks} = Q_{all} \quad (\text{OK})$$

$$\sigma_{min} \leq Q_{all} \quad (\text{OK})$$

- Penulangan abutment

- Penulangan balok sandung
- Penulangan plat injak
- Penulangan konsol
- Penulangan tubuh abutment
- Penulangan dasar abutment

Batas-batas penulangan pada abutment menggunakan rumus yang sama seperti penulangan di bawah ini:

$$\rho_{bln} = \left(\frac{0,85 \times \beta_1 \times f' }{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \dots\dots\dots (2.73)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_{bln} \dots\dots\dots (2.74)$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y \times \frac{1,4}{f_y}} \dots\dots\dots (2.75)$$

$$M = \frac{fy}{0,85xf'c} \dots\dots\dots (2.76)$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} \dots\dots\dots (2.77)$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2} \dots\dots\dots (2.78)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times m \times Rn}{fy} \right)} \right\} \dots\dots\dots (2.79)$$

Luas tulangan :

$$As = \rho_{\text{min}} \times b \times d \dots\dots\dots (2.80)$$

Tulangan bagi :

$$As \text{ bagi} = 20\% \times As \text{ pokok} \dots\dots\dots (2.81)$$

- Kontrol tulangan geser:

$$Vc = \left(\frac{1}{6} \sqrt{f'c} \right) \times b \times d \dots\dots\dots (2.82)$$

$$\phi \times Vc < Vu < 3 \times \phi \times Vc$$

$$Vs_{\text{perlu}} = \frac{Vu - \phi \times Vc}{\phi} \dots\dots\dots (2.83)$$

$$Av = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \dots\dots\dots (2.84)$$

$$S = \frac{Av \times fy \times d}{Vs} \dots\dots\dots (2.85)$$

- Jarak sengkang maksimum tulangan geser:

$$S_{\text{max}} = \frac{d}{2} \dots\dots\dots (2.86)$$

$$Vs_{\text{ada}} = \frac{Av \times fy \times d}{S} \dots\dots\dots (2.87)$$

$$Vs_{\text{ada}} > Vs_{\text{perlu}} \dots\dots\dots (\text{AMAN})$$

2.8.3 Plat injak

Pelat injak adalah suatu konstruksi beton pada jalan pendekat di ujung bibir jembatan (oprit) yang berada sebelum konstruksi utama jembatan dan harus dipasang diantara jalan pendekat dan kepala jembatan. Pelat injak sangat berpengaruh pada pekerjaan struktur bangunan bawah, yang berfungsi untuk menahan hentakan pertama roda kendaraan ketika akan

memasuki awal jembatan. Apabila dalam pelaksanaan pemadatan pelat injak kurang sempurna maka akan mengakibatkan penurunan dan plat injak akan patah. Beban yang bekerja pada pelat injak (dihitung per lebar).

Tahapan perhitungannya adalah sebagai berikut:

- Menentukan dimensi dan syarat-syarat batas pelat injak
- Menghitung beban-beban yang bekerja pada plat
- Menghitung momen maximum (M_{max})

$$M_{max} = \frac{1}{8} \times ql^2 + \frac{1}{4} PL \dots\dots\dots (2.88)$$

- Menghitung luas tulangan (A_s)

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} \dots\dots\dots (2.89)$$

$$R_n = \frac{Mn}{b \times d^2} \dots\dots\dots (2.90)$$

$$M = \frac{fy}{0,85 \times f'c} \dots\dots\dots (2.91)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \times Rn}{fy} \right)} \right] \dots\dots\dots (2.92)$$

$$A_s = \rho \times b \times d \dots\dots\dots (2.93)$$

$$A_{Sbagi} = 20\% \times A_{Sterpasang} \dots\dots\dots (2.94)$$