



KILAT

JURNAL KAJIAN ILMU DAN TEKNOLOGI

Rakhmadi Irfansyah Putra

Rizqia Cahyaningtyas
Awit Lela Sigi

Dian Hartanti

Abdul Haris; Nina Nirmaya

Riki Ruli A. Siregar
Alwi Baraqbah

Yessy Asri

Marliana Sari

Inge Handriani

Herman Bedi Agtriadi

Indah Handayasari
Aziz Maulana

Irma Wirantina Kustanrika

Mukhlis Akhadi

PERANCANGAN APLIKASI PENGEMBALIAN BERKAS TERHAPUS PADA NTFS

PERANCANGAN APLIKASI PENGELOLAAN RUMAH TANGGA
LABORATORIUM KOMPUTER STT-PLN

MODEL CLUSTERING MENGGUNAKAN ALGORITMA K-MEANS PADA DATA
KELUHAN PELANGGAN PT PLN (PERSERO)
(STUDI KASUS : PT PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JAKARTA DAN TANGERANG)

APLIKASI KONVERSI AKSARA SUNDA KE BAHASA INDONESIA BERBASIS WEB
MENGGUNAKAN PHP MYSQL

SISTEM KONTROL PADA PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK BERBASIS ANDROID
STUDI KASUS : SEKOLAH MENENGAH PERTAMA NEGERI (SMPN) 7 PONTIANAK

ANALISA PERBANDINGAN KEPUTUSAN METODE KLASIFIKASI DECISION TREE
DAN NAÏVE BAYES DALAM PENENTUAN DIAGNOSA HIPERTENSI

PUSAT INFORMASI KEMAHASISWAAN DENGAN MENGGUNAKAN PHP, MYSQL
DAN METODE MVC

FLOWCHART SISTEM PENAGIHAN PADA PERUSAHAAN JASA KONSULTAN

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING PADA BANGUNAN PENGENDALI
SEDIMEN BERBASIS ANDROID DI PLTA

DESAIN ALTERNATIF JEMBATAN MENGGUNAKAN PLAT GIRDER
(STUDI KASUS JEMBATAN RSUD KOTA TANGERANG)

PERHITUNGAN SINYAL PADA SIMPANG DENGAN METODE WEBSTER

MEMPRODUKSI BAHAN SEMIKONDUKTOR DI DALAM TERAS REAKTOR NUKLIR

ISSN 2089-1245



9 772089 124519

SEKOLAH TINGGI TEKNIK - PLN (STT-PLN)

KILAT

VOL.4

NO.1

HAL. 1 - 119

APRIL 2015

ISSN 2089 - 1245

DESAIN ALTERNATIF JEMBATAN MENGGUNAKAN PLAT GIRDER (STUDI KASUS JEMBATAN RSUD KOTA TANGERANG)

Indah Handayasari; Aziz Maulana
Jurusan Teknik Sipil
Sekolah Tinggi Teknik – PLN (STT-PLN)
Email : ind_hdys@yahoo.com

Abstrak

Jembatan adalah suatu struktur konstruksi yang berfungsi untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan-rintangan seperti lembah yang dalam, alur sungai, saluran irigasi dan lain-lain. Suatu sistem jaringan jalan terdiri dari jalan dan jembatan dilakukan apabila rencana jalan melintasi sebuah sungai atau bersinggungan dengan jalan yang telah ada. Pemilihan jenis jembatan sendiri didasarkan pada panjang bentang jembatan serta tingkat lalu-lintas yang melaluinya. Sebagai studi kasus, data yang digunakan dalam kajian desain alternatif jembatan menggunakan plat girder merupakan data pembangunan Jembatan RSUD Kota Tangerang yang merupakan salah satu contoh dari pemilihan tipe jembatan yang berdasarkan panjang bentang. Adapun hasil kajian menunjukkan bahwa pelat girder flens 40 cm x 4 cm dan ukuran web 142 cm x 0,8 cm sebagai struktur girder untuk desain alternatif jembatan serta perbandingan volume didapatkan untuk struktur pelat girder dibutuhkan bahan baja sebanyak 30,525 m³ sedangkan untuk struktur beton existing membutuhkan bahan beton sebanyak 344,218 m³.

Kata kunci : desain, jembatan, girder.

A. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Prasarana transportasi yang akan dibangun pada suatu daerah harus menyesuaikan dengan kondisi geografis dari lokasi yang direncanakan. Untuk daerah yang memiliki banyak sungai yang cukup besar dapat menggunakan jembatan sebagai alternatif jalan penghubung dari suatu tempat ke tempat lainnya.

Jembatan adalah suatu struktur konstruksi yang berfungsi untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan-rintangan seperti lembah yang dalam, alur sungai, saluran irigasi dan lain-lain. Suatu sistem jaringan jalan terdiri dari jalan dan jembatan dilakukan apabila rencana jalan melintasi sebuah sungai atau bersinggungan dengan jalan yang telah ada. Pemilihan jenis jembatan sendiri didasarkan pada panjang bentang jembatan serta tingkat lalu-lintas yang melaluinya.

Pembangunan Jembatan RSUD Kota Tangerang merupakan salah satu contoh dari pemilihan tipe jembatan yang berdasarkan panjang bentang. Jembatan ini merupakan jembatan yang menghubungkan antara Jalan Arteri Sudirman menuju Rumah Sakit Umum Daerah Kota Tangerang.

2. Batasan Masalah

Ruang lingkup pembahasan pada kajian ini hanya terbatas pada struktur atas jembatan yaitu perencanaan perhitungan beban jembatan, menghitung momen-momen yang terjadi kemudian serta pengecekan kekuatan pelat girder terhadap momen yang bekerja.

B. LANDASAN TEORI

1. Struktur Jembatan

Konstruksi jembatan dapat dibagi menjadi beberapa bagian struktur, yaitu :

- o Struktur bawah
- o Struktur Atas

Struktur Bawah Jembatan

Struktur bawah jembatan adalah struktur yang terletak langsung pada tanah. Struktur bawah terdiri dari :

- a. Pondasi Jembatan adalah bagian dari struktur jembatan yang berfungsi memikul seluruh beban-beban yang bekerja serta melimpahkannya ke lapisan tanah pendukung.
- b. Bangunan bawah (Pilar Jembatan, Kepala Jembatan) adalah bagian dari struktur jembatan yang berfungsi sebagai pemikul bangunan atas dan beban lainnya serta melimpahkannya ke pondasi.

Struktur Atas Jembatan

Struktur atas jembatan adalah bagian dari jembatan yang memikul beban lantai kendaraan dan lalu lintas kendaraan yang melewati jembatan tersebut. Struktur atas suatu jembatan dapat dipilih berdasarkan panjang bentang jembatan yang akan direncanakan. Untuk bentang jembatan yang pendek dapat dipakai struktur beton bertulang konvensional, untuk bentang jembatan yang panjang dapat mempertimbangkan penggunaan beberapa jenis struktur seperti beton pratekan, baja, atau komposit. Untuk bentang jembatan yang lebih dari 200 meter biasa menggunakan jembatan baja (jembatan rangka baja atau jembatan gantung). Struktur atas terdiri dari:

- a. Gelagar induk yang menghubungkan dari titik tumpu yang satu ke titik tumpu yang lain.
- b. Struktur lantai kendaraan.

2. Sifat Baja Sebagai Material Struktur Bangunan

Penggunaan baja sebagai bahan struktur utama dimulai pada akhir abad kesembilan belas ketika metode pengolahan baja yang murah dikembangkan dengan skala yang luas. Baja merupakan bahan yang mempunyai sifatstruktur yang baik. Baja mempunyai kekuatan yang tinggi dan sama kuat pada kekuatan tarik maupun tekan dan oleh karena itu baja adalah elemen struktur yang memiliki batasan sempurna yang akan menahan beban jenis tarik aksial, tekan aksial, dan lentur dengan fasilitas yang hampir sama. Berat jenis baja tinggi, tetapi perbandingan antara kekuatan terhadap beratnya juga tinggi sehingga komponen baja tersebut tidak terlalu berat jika dihubungkan dengan kapasitas muat bebannya, selama bentuk-bentuk struktur yang digunakan menjamin bahwa bahan tersebut dipergunakan secara efisien.

Keuntungan Baja Sebagai Material Struktur Bangunan

Di samping kekuatannya yang besar untuk menahan kekuatan tarik dan tekan tanpa membutuhkan banyak volume, baja juga mempunyai sifat-sifat lain yang menguntungkan sehingga menjadikannya sebagai salah satu bahan bangunan yang sangat umum dipakai dimasa ini. Beberapa keuntungan baja sebagai material struktur antara lain:

Kekuatan Tinggi

Baja bisa diproduksi dengan berbagai kekuatan yang bisa dinyatakan dengan kekuatan tegangan tekan lelehnya (F_y) atau oleh tegangan tarik batas (F_u). Bahan baja walaupun dari jenis yang paling rendah kekuatannya, tetap mempunyai perbandingan kekuatan per-volume lebih tinggi bila dibandingkan dengan bahan-bahan bangunan lainnya yang umum dipakai. Hal ini memungkinkan perencanaan sebuah konstruksi baja bisa mempunyai beban mati yang lebih kecil untuk bentang yang lebih panjang, sehingga memberikan kelebihan ruang dan volume yang dapat dimanfaatkan akibat langsingnya profil-profil yang dipakai.

Kemudahan Pemasangan

Semua bagian-bagian dari konstruksi baja bisa dipersiapkan di bengkel, sehingga satu-satunya kegiatan yang dilakukan di lapangan ialah kegiatan pemasangan bagian-bagian konstruksi yang telah dipersiapkan. Sebagian besar dari komponen-komponen konstruksi mempunyai bentuk standar yang siap digunakan bisa diperoleh di toko-toko besi, sehingga waktu yang diperlukan untuk membuat bagian-bagian konstruksi baja yang telah ada, juga bisa dilakukan dengan mudah karena komponen-komponen baja biasanya mempunyai bentuk standar dan sifat-sifat yang tertentu, serta mudah diperoleh di mana-mana.

Daktilitas

Sifat dari baja yang dapat mengalami deformasi yang besar di bawah pengaruh tegangan tarik yang tinggi tanpa hancur atau putus disebut sifat daktilitas.

Adanya sifat ini membuat struktur baja mampu mencegah terjadinya proses robohnya bangunan secara tiba-tiba. Sifat ini sangat menguntungkan ditinjau dari aspek keamanan penghuni bangunan bila terjadi suatu guncangan yang tiba-tiba seperti misalnya pada peristiwa gempa bumi. Di samping itu keuntungan-keuntungan lain dari struktur baja, antara lain adalah:

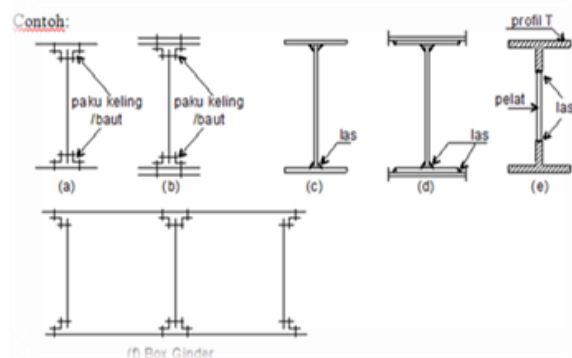
- Proses pemasangan di lapangan berlangsung dengan cepat.
- Dapat di las.
- Komponen-komponen strukturnya bisa digunakan lagi untuk keperluanlainnya.
- Komponen-komponen yang sudah tidak dapat digunakan lagi masih mempunyai nilai sebagai besi tua.
- Struktur yang dihasilkan bersifat permanen dengan cara pemeliharaan yang tidak terlalu sukar.

Selain keuntungan-keuntungan tersebut bahan baja juga mempunyai kelemahan-kelemahan sebagai berikut :

- Komponen-komponen struktur yang dibuat dari bahan baja perlu diusahakan supaya tahan api sesuai dengan peraturan yang berlaku untuk bahaya kebakaran.
- Diperlukannya suatu biaya pemeliharaan untuk mencegah baja dari bahaya karat.
- Akibat kemampuannya menahan tekukan pada batang-batang yang langsing, walaupun dapat menahan gaya-gaya aksial, tetapi tidak bisa mencegah terjadinya pergeseran horisontal

3. Pelat Girder

Plate girder adalah suatu balok besar yang dibuat dari susunan elemen- elemen pelat yang disatukan dengan alat penyambung. Pelat girder dibuat untuk mencapai penataan bahan yang lebih efisien dibandingkan dengan balok profil pabriksi. Plate girder biasanya digunakan untuk gelagar lantai gedung, gelagar jembatan dan gelagar crane bangunan gudang. Beban yang diterima oleh girder biasanya sangat besar, sehingga jika menggunakan profil hasil pabriksi (profil standart), akan menghasilkan berat sendiri yang cukup besar sehingga tidak efisien. Salah satu jalan untuk mengurangi berat sendiri yaitu dengan cara mempertinggi profil (membuat profil yang tidak standart). Beberapa contoh bentuk plategirder :



Gambar 1. Plat Girder

4. Klasifikasi Pembebanan

Beban yang bekerja pada struktur terdiri dari beban mati atau dead load (DL), beban mati tambahan atau superimposed dead load (SDL), beban hidup atau live load (LL) dan beban angin atau wind load (W) yang konfigurasinya sebagai berikut:

Beban Mati dan Beban Mati Tambahan Berat Sendiri

Berat sendiri adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen non struktural yang dianggap tetap. Berikut ini merupakan berat isi dan kerapatan massa untuk berat sendiri dari bermacam-macam bahan(RSNI T-02-2005, pasal.5.1.5).

Tabel 1. Berat Isi Untuk Beban Mati [kN/m³]

No	Bahan	Berat isi 	Kerapatan massa 
1	Campuran aluminium	26,7	2720
2	Lapisan permukaan beraspal	22,0	2240
3	Besi tuang	71,0	7200
4	Timbunan tanah yang dipadatkan	17,2	1760
5	Kerikil dipadatkan	18,5-22,7	1920-2320
6	Aspal beton	22,0	2240
7	Beton ringan	12,25-19,8	1250-2000
8	Beton	22,0-25,0	2240-2560
9	Beton prategang	25,0-26,0	2560-2640
10	Beton bertulang	23,5-25,5	2400-2600
11	Timbal	111	11400
12	Lempung lepas	12,5	1280
13	Batu piasangan	23,5	2400
14	Neopren	11,3	1150
15	Pasir kering	15,7-17,2	1600-1760
16	Pasir basah	18,00-18,8	1840-1920
17	Lumpur lunak	17,2	1760
18	Baja	77,0	7850
19	Kayu(ringan)	7,8	800
20	Kayu(keras)	11,0	1120
21	Air murni	9,8	1000
22	Air garam	10,0	1025
23	Besi tempa	75,5	7680

Beban Mati Tambahan / Utilitas

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non-struktural dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan(RSNI T-02-2005, pasal 5.3.1).

Beban Lalu Lintas

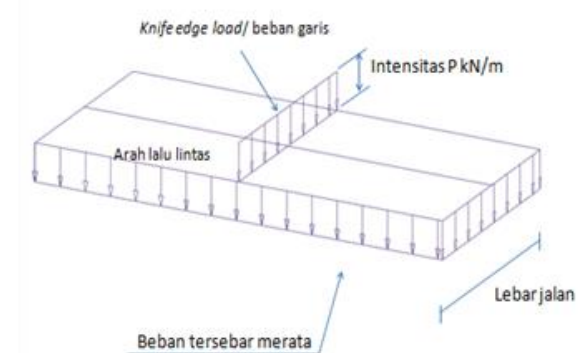
Beban lalu-lintas untuk perencanaan jembatan terdiri dari beban lajur "D" dan beban truk "T". Beban lajur "D" bekerja pada seluruh lebar lajur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suatu iring-iringan kendaraan yang sebenarnya. Jumlah total beban lajur "D" yang bekerja tergantung pada lebar jalur kendaraan itu sendiri.

Beban truk "T" adalah satu kendaraan berat dengan 3 as yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu lintas rencana. Tiap as terdiri dari 2 bidang kontak pembebanan yang dimaksud sebagai simulasi pengaruh berat yang dipikul roda kendaraan. Hanya satu truk "T" diterapkan per lajur lalu-lintas rencana.

Secara umum beban "D" akan menjadi beban penentu dalam perhitungan jembatan yang mempunyai bentang sedang sampai panjang, sedangkan beban "T" digunakan untuk bentang pendek dan lantai kendaraan (RSNI T-02-2005, pasal 6.1).

Beban Lajur "D"

Beban lajur"D" terdiri dari beban terbagi rata–UDL(Uniformly Distributed Load)yang digabung dengan beban garis - KEL (knife edge load) (RSNI T-02-2005, pasal 6.3.1.1).



Gambar 2. Beban Lajur "D"

Penyebaran Beban "D" Pada Arah Memanjang

Beban terbagi rata (UDL) mempunyai intensitas q kPa, dimana besarnya q tergantung pada panjang total yang dibebani L sebagai berikut:

(RSNI T-02-2005, pasal 6.3.1.2)

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

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

dengan pengertian :

q adalah intensitas beban terbagi rata dalam arah memanjang jembatan.

L adalah panjang total jembatan yang dibebani (meter).

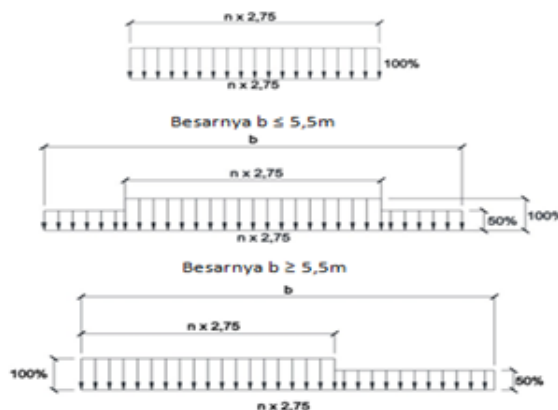
Beban garis (KEL) dengan intensitas $P \left(\frac{kN}{m} \right)$ harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas P adalah $49,0 \frac{kN}{m}$ (RSNI T-02-2005, pasal 6.3.1.3)

Penyebaran Beban "D" Pada Arah Melintang

Beban "D" harus disusun pada arah melintang sedemikian rupa sehingga menimbulkan momen maksimum. Penyusunan komponen-komponen UDL dan KEL dari beban "D" pada arah melintang harus sama. Penempatan beban ini dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut (RSNI T-02-2005, pasal 6.3.2):

1. Bila lebar jalur kendaraan jembatan kurang atau sama dengan 5,5 m, maka beban "D" harus ditempatkan pada seluruh jalur dengan intensitas 100%.
2. Apabila lebar jalur lebih besar dari 5,5m maka beban "D" harus ditempatkan pada jumlah lajur lalu lintas rencana (nl) yang berdekatan (Tabel 2.2 Jumlah Lajur Lalu-Lintas Rencana), dengan intensitas 100 %. Hasilnya adalah beban garis ekuivalen sebesar $(nl \times 2,75) = q \text{ kN/m}$ dan beban terpusat ekuivalen sebesar $(nl \times 2,75) = p$

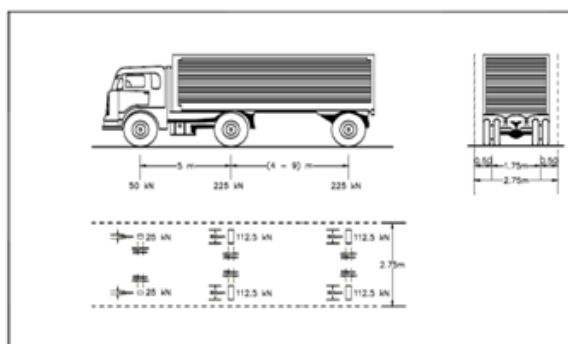
- kN, kedua-duanya bekerja berupa strip pada jalur selebar $n \times 2,75$ m.
3. Lajur lalu lintas rencana yang membentuk strip ini bisa ditempatkan dimana saja pada jalur jembatan. Beban "D" tambahan harus ditempatkan pada seluruh lebar sisa dari jalur dengan intensitas sebesar 50 % seperti tercantum dalam RSNI T-02-2005 Pasal 6.3.1. Susunan pembebanan ini bisa dilihat dalam Gambar di bawah ini.



Gambar 3. Penyebaran Pembebanan Pada Arah Melintang (RSNI T-02-2005, Gambar 5)
Intensitas P kN/m

Pembebanan Truk "T"

Pembebanan truk "T" terdiri dari kendaraan truk semi trailer yang mempunyai susunan dan berat as seperti yang terlihat pada (Gambar 2.7 Pembebanan Truk "T" (500kN)). Berat dari masing-masing as disebarkan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 as tersebut bisa diubah-ubah antara 4,0m sampai 9,0m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan. (RSNI T-02-2005, pasal 6.4.1)



Gambar 4. Pembebanan Truk "T" (500kN)
(RSNI T-02-2005, Gambar 7)

Kendaraan truk "T" ini harus ditempatkan ditengah-tengah lajur lalu-lintas rencana seperti yang terlihat pada (Gambar 2.3 Pembebanan Truk "T" (500kN)). Jumlah maksimum lajur lalu lintas rencana harus mempunyai lebar 2,75m. Jumlah maksimum lajur lalu lintas yang digunakan untuk berbagai lebar

jembatan dapat dilihat dalam (Tabel 2.2 Jumlah Lajur Lalu-Lintas Rencana). (RSNI T-02-2005, pasal 6.4.2).

Tabel2. Jumlah Lajur Lalu-Lintas Rencana
(RSNI T-02-2005, Tabel 11)

Tipe Jembatan (1)	Lebar Jalur Kendaraan dalam m (2)	Jumlah Lajur Lalu-Lintas Rencana
Satu jalur	4,0-5,0	1
Dua arah, tanpa median	5,5-8,25	2(3)
	11,3-15,0	4
Banyak arah	8,25-11,25	3
	11,3-15,0	4
	15,1-18,75	5
	18,8-22,5	6

Catatan (1) Untuk jembatan tipe lain, jumlah lajur lalu lintas rencana harus ditentukan oleh instansi yang berwenang.

Catatan (2) Lebar jalur kendaraan adalah jarak minimum antara kerb atau rintangan untuk satu arah atau jarak antara kerb/ rintangan dengan median untuk banyak arah.

Catatan (3) Lebar minimum yang aman untuk 2 lajur kendaraan adalah 6,0m. Lebar jembatan antara 5,0m sampai 6,0m harus dihindari oleh karena hal ini akan memberi kesan kepada pengemudi seolah-olah memungkinkan untuk menyiap.

Faktor Beban Dinamis

Faktor beban dinamis – Dynamic Load Allowance (DLA) merupakan hasil interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan. Besarnya DLA tergantung dari frekuensi dasar dari suspensi kendaraan, biasanya antara 2 sampai 5 Hz. Untuk kendaraan berat dan frekuensi dari getaran lentur jembatan. Untuk perencanaan DLA dinyatakan sebagai beban statis ekuivalen. (RSNI T-02-2005, pasal 6.6.1)

Untuk pembebanan "D", DLA merupakan fungsi dari panjang bentang ekuivalen seperti tercantum pada (Gambar 2.4 Faktor Beban Dinamis Untuk KEL Pada Pembebanan lajur "D"). Untuk bentang tunggal panjang bentang ekuivalen diambil sama dengan panjang bentang sebenarnya. Untuk bentang menerus panjang bentang ekuivalen L_E , diberikan rumus: (RSNI T-02-2005, pasal 6.6.3)

$$L_E = \sqrt{L_{ev} \times L_{max}}$$

dengan pengertian

L_{ev} adalah panjang bentang rata-rata dari kelompok bentang yang disambungkan secara menerus.

L_{max} adalah panjang bentang maksimum dalam kelompok bentang yang disambungkan secara menerus.

Gaya Rem

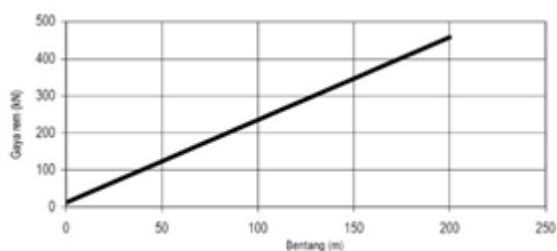
Bekerjanya gaya-gaya diarah memanjang jembatan, akibat gaya rem dan traksi, harus ditinjau untuk kedua jurusan lalu lintas. Pengaruh ini diperhitungkan senilai dengan gaya rem sebesar 5% dari beban lajur "D" yang dianggap ada pada semua lajur lalu lintas, tanpa dikalikan dengan faktor beban

dinamis dan dalam satu jurusan. Gaya rem tersebut dianggap bekerja horizontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,8m diatas permukaan lantai kendaraan.

Dalam memperkirakan pengaruh gaya memanjang terhadap perletakan dan bangunan bawah jembatan, maka gesekan atau karakteristik perpindahan geser dari perletakan ekspansi dan kekakuan bangunan bawah harus diperhitungkan.

Gaya rem tidak boleh digunakan tanpa memperhitungkan pengaruh beban lalu lintas vertical. Dalam hal dimana beban lalu lintas vertical mengurangi pengaruh dari gaya rem (seperti pada stabilitas guling dari pangkal jembatan), maka faktor beban ultimate berkurang sebesar 40% boleh digunakan untuk pengaruh beban lalu lintas vertical.

Pembebanan lalu lintas 70% dan faktor pembesaran diatas 100% beban "UDL" dan beban "KEL" tidak berlaku untuk gaya rem (RSNI T-02-2005, pasal 6.7).



Gambar 5. Gaya Rem Per Lajur 3,5 m (RSNI T-02-2005 Gambar 9)

Aksi Lingkungan

Aksi lingkungan memasukkan pengaruh temperatur, angin, banjir, gempa dan penyebab-penyebab lainnya.

Besarnya beban rencana yang diberikan dalam standar ini dihitung berdasarkan analisis statistik dari kejadian-kejadian umum yang tercatat tanpa memperhitungkan hal khusus yang mungkin akan memperbesar pengaruh setempat. Perencana mempunyai tanggung jawab untuk mengidentifikasi kejadian-kejadian khusus setempat dan harus memperhitungkannya dalam perencanaan. (RSNI T-02-2005, pasal 7.1)

Beban Angin

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

$$T_{ew} = 0,0006 C_w (v_w)^2 A_b \text{ (dalam kN)}$$

dengan pengertian

V_w adalah kecepatan angin rencana $\left(\frac{m}{det}\right)$ untuk keadaan batas yang ditinjau.

C_w adalah koefisien seret (Tabel 3, K Seret C_w).

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

Luas ekuivalen bagian samping jembatan adalah luas total bagian yang masif dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan. (RSNI T-02-2005, pasal 7.6.3)

Angin harus dianggap bekerja secara merata pada seluruh bangunan atas jembatan, apabila suatu kendaraan sedang berada di atas jembatan beban garis merata tambahan arah horizontal harus diterapkan pada permukaan lantai seperti rumus berikut ini: (RSNI T-02-2005, pasal 7.6.4)

$$T_{ew} = 0,0012 C_w (v_w)^2 A_b \text{ (dalam kN)}$$

Dimana $C_w = 1,2$

Tabel 3. Koefisien Seret C_w

Tipe jembatan	C_w
Bangunan atas masif : ^{1),2)}	
$\frac{b}{d} = 1$	2,1
$\frac{b}{d} = 2$	1,5
$\frac{b}{d} \geq 6$	1,25
Bangunan atas rangka	1,2

Catatan 1) b adalah lebar keseluruhan jembatan dihitung dari sisi luar sandaran.

d adalah tinggi bangunan atas, termasuk tinggi bagian sandaran yang masif.

Catatan 2) Untuk harga antara dari $\frac{b}{d}$ bisa diinterpolasikan linear.

Catatan 3) Apabila bangunan atas mempunyai superelevasi, C_w harus dinaikkan sebesar 3% untuk setiap derajat superelevasi dengan kenaikan maksimum sebesar 2,5%.

Tabel 4. Kecepatan Angin Rencana V_w

Keadaan	Lokasi	
	Sampai 5 km dari pantai	> 5 km dari pantai
Daya layan	30 $\frac{m}{s}$	25 $\frac{m}{s}$
Ultimate	35 $\frac{m}{s}$	30 $\frac{m}{s}$

(RSNI T-02-2005, Tabel 28)

Pengaruh Gempa

Pengaruh gempa rencana hanya ditinjau pada keadaan batas ultimate dan beban rencana gempa minimum diperoleh dari rumus berikut: (RSNI T-02-2005, pasal 7.7)

$$T_{EQ} = K_h \cdot I \cdot W_T$$

Dimana:

$$K_h = C \cdot S$$

Dengan pengertian

T_{EQ} adalah gaya geser dasar total dalam arah yang ditinjau (kN).

K_h adalah koefisien beban gempa horizontal.

C adalah koefisien geser dasar untuk daerah, waktu dan kondisisetempat yang sesuai.

I adalah faktor kepentingan.

S adalah faktor tipe bangunan.

W_T adalah berat total nominal bangunan yang mempengaruhi percepatangempa diambil

sebagai baban mati ditambah beban mati tambahan (kN).

Waktu dasar getaran jembatan yang digunakan untuk menghitung geser dasar harus dihitung dari analisa yang meninjau seluruh elemen bangunan yang memberikan kekakuan dan fleksibilitas dari sistem pondasi. Untuk bangunan yang mempunyai satu derajat kebebasan yang sederhana, memakai rumus sebagai berikut:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{W_{TP}}{g x K_p}}$$

dengan pengertian

T adalah waktu getar dalam detik untuk freebody pilar dengan derajat kebebasan tunggal pada jembatan bentang sederhana.

g adalah percepatan gravitasi $\frac{m}{det^2}$

W_{TP} adalah berat total nominal bangunan atas termasuk beban mati tambahan ditambah setengah berat dari pilar bila diperlukan (kN).

K_p adalah kekakuan gabungan sebagai gaya horizontal yang diperlukan untuk menimbulkan satu satuan lendutan pada bagian atas pilar $\frac{kN}{m}$

Untuk waktu getar arah memanjang berbeda denganarah melintang sehingga beban rencana statis ekuivalen yang berbeda harus dihitung untuk masing-masing arah.

5. KOMBINASI BEBAN

Pengaruh Umur Rencana

Menurut RSNI T-02-2005 pasal 9.2 Faktor beban untuk keadaan ultimate didasarkan pada umur rencana jembatan 50 tahun. Untuk jembatan dengan umur rencana yang berbeda, faktor beban ultimate harus diubah dengan menggunakan faktor pengali seperti yang diberikan dalam (Tabel 2.5 Pengaruh Umur Rencana Pada Faktor Beban Ultimate).

Tabel 5. Pengaruh Umur Rencana Pada Faktor Beban Ultimate (RSNI T-02-2005, Tabel 38)

Klasifikasi Jembatan	Umur rencana	Kalikan K_u dengan	
		Aksi tetap	Aksi transien
Jembatan Sementara	20 tahun	1,0	0,87
Jembatan Biasa	50 tahun	1,0	1,00
Jembatan Khusus	100 tahun	1,0	1,10

Kombinasi Pada Keadaan Batas Ultimate

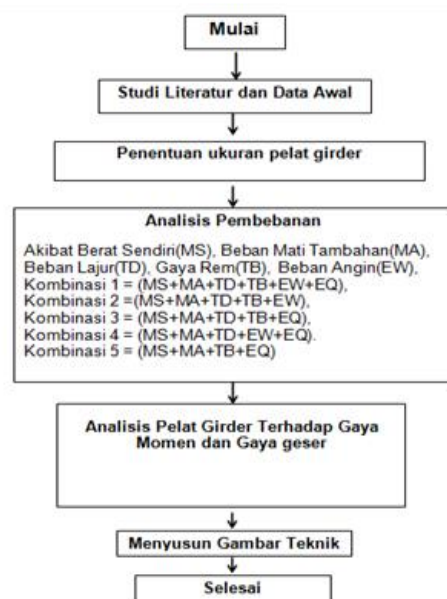
Menurut RSNI T-02-2005, pasal 9.6 Ringkasan dari kombinasi beban yang lazim diberikan dalam (Tabel 2.6 Kombinasi Beban Umum Untuk Keadaan Batas Kelayanan Dan Ultimate)

Tabel 6. Kombinasi Beban Umum Untuk Keadaan Batas Kelayanan Dan Ultimate (RSNI T-02-2005, Tabel 40)

Aksi	Kelayanan						Ultimate					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Aksi Permanen :												
Berat sendiri	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Beban mati tambahan												
Susut rangkai	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pratekan												
Pengaruh beban tetap pelaksanaan												
Tekanan tanah												
Penurunan												
Aksi Transien :												
Beban lajur "D" atau beban truk "T"	X	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0
Gaya rem atau gaya sentrifugal	X	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0
Beban pejalan kaki		X						X				
Gesekan perletakan	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pengaruh suhu	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aliran / hanyutan / batang kayu dan hidrostatik / apung	0	0	X	0	0	0	0	0	X	0	0	0
Beban angin			0	0	X	0			0	X	0	0
Aksi Khusus :												
Gempa												X
Beban tumbukan	X	X										
Pengaruh getaran												
Beban pelaksanaan						X						X

C. METODOLOGI PENELITIAN

Secara umum, tahap-tahap penelitian yang dilakukan dapat digambarkan dalam diagram alir dibawah ini.

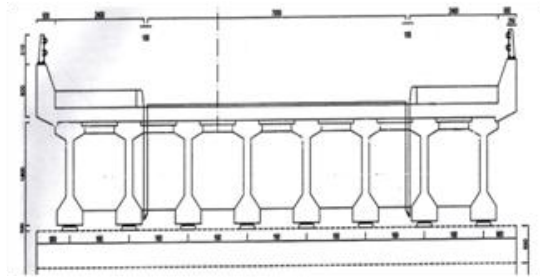


Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

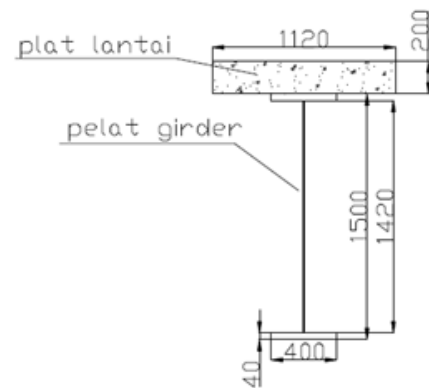
D. DATA JEMBATAN

Data Awal Jembatan

1. Nama Jembatan : Jembatan RSUD Kota Tangerang
2. Lebar lalu - lintas : 2 x 3500 mm
3. Lebar barrier : 2 x 500 mm
4. Klasifikasi jalan : Jalan Raya Utama
5. Panjang jembatan : 64 m
6. Struktur jembatan : Beton



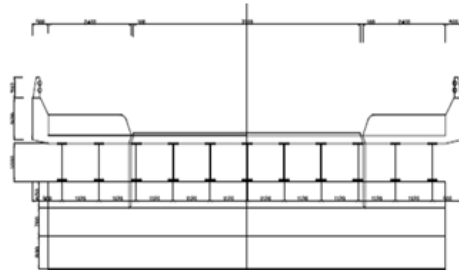
Gambar 7. Penampang Awal Melintang Jembatan



Gambar 9. Sketsa Penampang Balok

E. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Data Rencana Struktur Alternatif Jembatan



Gambar 8. Penampang Alternatif Melintang Jembatan

1. Panjang balok girder (L) : 16 m
2. Jarak antara balok girder (s) : 1,6 m
3. Tebal plat lantai jembatan (h_o) : 0,20 m
4. Tebal lapisan aspal + overlay (h_a) : 0,10 m (RSNI T-02-2005, pasal 5.3.2)
5. Tinggi genangan air hujan (t_h) : 0,05 m

Specific Gravity

1. Baja (w_s) : 77 kN/m³
2. Beton bertulang (w_c') : 25 kN/m³
3. Beton (w_c'') : 24 kN/m³
4. Aspal (w_{aspal}) : 22 kN/m³
5. Air hujan (w_{air}) : 9,8 kN/m³ (RSNI T-02-2005, tabel 3)

Karakteristik Material

Mutu Baja Bj – 41:

- Tegangan leleh baja (f_y)= 250 MPa
- Tegangan dasar ($f_s = f_y/1,5$)=166,67MPa
- Modulus elastis baja(E_s)= 200000 Mpa (RSNI T-03-2005)

Mutu Beton K –300

- Kuat tekan beton (f_c')= 5MPa
- Modulus elastis beton ($E_c = 4700 \sqrt{f_c'}$) = 23500 MPa (SNI 03-2002)

Section Properties Balok (Baja + Plat)

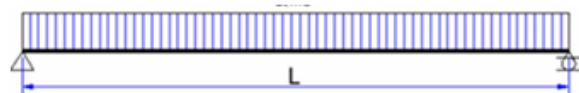
Tabel 7. Perhitungan section properties Balok

NO	DIMENSI		Luas Penampang A (m ²)	Jarak terhadap alas y (m)	Statis Momen A x y (m ³)	Inersia Momen A x y ² (m ⁴)	Inersia Momen I _{xx} (m ⁴)
	Lebar b (m)	Tinggi h (m)					
0	1,12	0,20	0,224	1,600	0,358	0,573	0,000747
1	0,4	0,04	0,016	1,480	0,024	0,035	0,002133
2	0,008	1,42	0,0114	0,75	0,11	0,008	0,002336
3	0,4	0,04	0,016	0,02	0,00032	0,000006	0,002133
Total			0,270		0,492	0,616	0,00735

Pembebanan Balok Girder Berat Sendiri (MS)

Berat Baja

- Panjang balok (L) = 16 m
- Luas penampang (A) = 0,0462 m²
- Berat balok girder (W_{balok}) = A x L x w_s = 56,918 kN
- Berat balok ekuivalen (Q_{balok}) = W_{balok} / L = 3,557 kN/m = 56



Gambar 10. Distribusi Momen Berat Sendiri

Tabel 8. Perhitungan Gaya Geser dan Momen Akibat Berat Sendiri

No	Jenis beban berat sendiri	Lebar b (m)	Tebal h (m)	Luas A (m)	Berat satuan w (kN/m ²)	Beban Q _{us} (kN/m)	Geser V _{us} (kN)	Momen M _{us} (kNm)
1	Balok baja					3,557	28,456	113,824
2	Plat lantai	1,12	0,20	0,224	25,00	5,6	44,8	179,2
Total						9,157	101,592	293,024

Beban Mati Tambahan (MA)

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang menimbulkan suatu beban pada girder jembatan yang merupakan elemen non struktural, dan mungkin besarnya berubah selama umur jembatan. Girder jembatan direncanakan mampu memikul beban mati tambahan berupa:

- Aspal beton setebal 50 mm untuk pelapisan kembali di kemudian hari (overlay).
- Genangan air hujan setinggi 50 mm apabila saluran drainase tidak bekerja dengan baik.

Tabel 9. Perhitungan gaya geser dan momen akibat berat mati tambahan

No	Jenis beban berat sendiri	Lebar b (m)	Tebal h (m)	Luas A (m ²)	Berat satuan w (kN/m ³)	Beban Q _{DA} (kN/m)	Geser V _{DA} (kN)	Momen M _{DA} (kNm)
1	Aspal + overlay	1,12	0,10	0,112	22,00	2,684	21,472	85,888
2	Air hujan	1,12	0,05	0,056	9,80	0,548	4,384	17,536
Total						3,232	25,856	103,424

Beban Lajur "D" (TD)

Beban lajur "D" terdiri dari beban terbagi rata-UDL (Uniformly Distributed Load) dan beban garis-KEL (Knife Edge Load).

UDL mempunyai intensitas q (kPa) yang besarnya tergantung pada panjang total L yang dibebani dan dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

(RSNI T-02-2005, pasal 6.3.1.2)

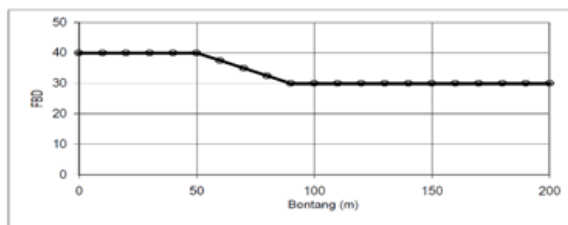
$$q = 9,0 \text{ kPa} \quad \text{untuk } L \leq 30\text{m}$$

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

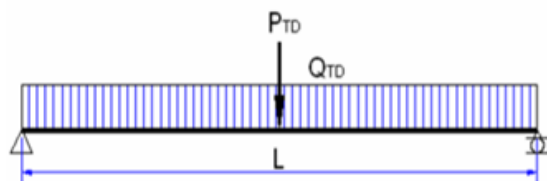
KEL mempunyai intensitas

$$p = 49,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Faktor dinamis – DLA (Dinamic Load Allowance) untuk KEL diambil sebagai berikut:



Gambar 11. Faktor beban dinamis untuk KEL pada pembebanan "D"



Gambar 12. Pembebanan UDL dan KEL

$$\begin{aligned} \text{Panjang balok (L)} &= 16 \text{ m} \\ \text{Jarak antara balok prategang (s)} &= 1,12 \text{ m} \\ \text{Beban merata – UDL (q)} &= 9,0 \\ \text{Beban merata pada balok (QTD)} &= q \times s \\ &= 9,0 \times 1,12 = 10,08 \text{ kN/m} \\ \text{Beban garis – KEL (p)} &= 49,0 \text{ kN/m} \\ \text{Faktor beban dinamis (DLA)} &= 40\% \\ &= 0,40 \end{aligned}$$

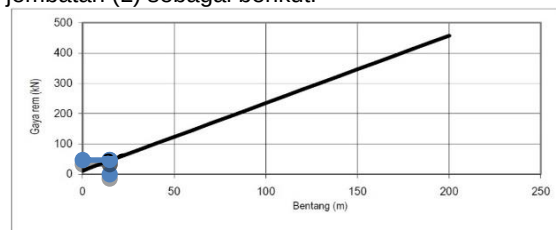
$$\begin{aligned} \text{Beban terpusat pada balok (PTD)} &= (1 + \text{DLA}) \times p \times s = (1 + 0,40) \times 49 \times 1,12 = 76,832 \text{ kN} \\ \text{Gaya geser dan momen maksimum pada balok akibat beban lajur "D"} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{VTD} &= \frac{1}{2} \times \text{QTD} \times L + \frac{1}{2} \times \text{PTD} \\ &= \frac{1}{2} \times 10,08 \times 16 + \frac{1}{2} \times 76,832 \\ &= 119,056 \text{ kN} \end{aligned}$$

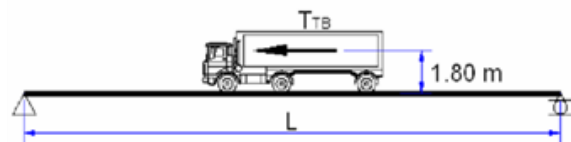
$$\begin{aligned} \text{MTD} &= \frac{1}{8} \times \text{QTD} \times L^2 + \frac{1}{4} \times \text{PTD} \times L \\ &= \frac{1}{8} \times 10,08 \times 16^2 + \frac{1}{4} \times 76,832 \times 16 \\ &= 476,224 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Gaya Rem (TB)

Pengaruh pengereman dari lalu-lintas diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang dan dianggap bekerja pada jarak 1,80 di atas permukaan lantai jembatan. Besarnya gaya rem arah memanjang jembatan tergantung panjang total jembatan (L) sebagai berikut:



Gambar 13. Gaya rem per lajur



Gambar 14. Pembebanan gaya rem

$$\begin{aligned} \text{Panjang balok (L)} &= 16 \text{ m} \\ \text{Jumlah balok (nbalok)} &= 11 \text{ buah} \\ \text{Gaya rem (HTB)} &= 30 \text{ kN} \\ \text{Jarak antara balok prategang (s)} &= 1,12 \text{ m} \\ \text{Gaya rem per balok prategang (T_TB)} &= \text{HTB} / n_{\text{balok}} \\ &= 30 / 11 \\ &= 2,727 \text{ kN} \\ \text{Gaya rem (T_TB) adalah 5\% beban lajur "D" tanpa beban faktor dinamis,} \\ \text{QTD} &= q \times s = 9,0 \times 1,12 = 10,08 \text{ kN/m} \\ \text{PTD} &= p \times s = 49 \times 1,12 = 54,88 \text{ kN} \\ \text{T_TB} &= 0,05 \times (\text{QTD} \times L + \text{PTD}) \\ &= 0,05 \times (10,08 \times 16 + 54,88) = 10,808 \text{ kN} < \text{TB} = 50 \text{ kN} \\ \text{Diambil gaya rem (T_TB)} &= 50 \text{ kN} \\ \text{Lengan terhadap titik berat balok (y)} &= 1,80 + h_a + y_{ac} \end{aligned}$$

$$= 1,80 + 0,1 + 0,166\text{m}$$

$$\text{Besar momen akibat gaya rem } (M_{TB}) = T_{TB} \times y \\ = 50 \times 2,066 = 103,3 \text{ kNm}$$

Beban Angin (EW)

Beban garis merata tambahan arah horisontal pada permukaan lantai jembatan akibat angin yang meniup kendaraan di atas lantai jembatan dihitung dengan rumus: (RSNI T-02-2005, pasal 7.6.4)

$$T_{EW} = 0,0012 \times C_w \times (V_w)^2$$

$$T_{EW} = 0,0012 \times 1,25 \times (30)^2$$

$$T_{EW} = 1,35 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Bidang vertikal beban hidup ditetapkan sebagai suatu permukaan bidang vertikal yang mempunyai tinggi menerus sebesar 2 (dua) meter di atas lantai kendaraan. (Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Dan Jalan Raya SKBI 1.3.28.1987, Pasal 2.1)

$$h = 2,00 \text{ m}$$

$$\text{Jarak antara roda kendaraan } (x) = 1,75 \text{ m}$$

$$\text{Transfer beban angin ke lantai jembatan } (Q_{EW})$$

$$= [0,5 \times h / X \times T_{EW}]$$

$$= [0,5 \times 2 / 1,75 \times 1,35]$$

$$= 0,771 \text{ kN/m}$$

$$\text{Panjang balok } (L) = 16 \text{ m}$$



Gambar 15. Pembebanan oleh angin

Gaya geser dan momen maksimum akibat beban angin:

$$V_{EW} = \frac{1}{2} \times Q_{EW} \times L = \frac{1}{2} \times 0,771 \times 16 = 6,168 \text{ kN}$$

$$M_{EW} = \frac{1}{8} \times Q_{EW} \times L^2 = \frac{1}{8} \times 0,771 \times 16^2 = 24,672 \text{ kNm}$$

Beban Gempa

Gaya gempa prategang vertical pada balok dihitung dengan menggunakan percepatan vertical ke bawah sebesar $0,1 \times g$ dengan g = percepatan gravitasi.

Gaya gempa vertical rencana,

$$T_{EW} = 0,1 \times W_t$$

W_t = Berat total struktur yang berupa berat sendiri dan beban mati tambahan.

Beban berat sendiri,

$$Q_{MS} = 7,985 \text{ kN/m}$$

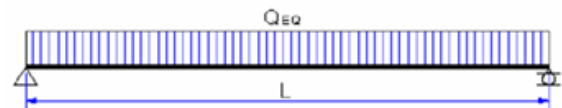
Beban mati tambahan,

$$Q_{MA} = 3,232 \text{ kN/m}$$

Beban gempa vertical,

$$Q_{EQ} = 0,1 (Q_{MS} + Q_{MA}) = 0,1 (7,985 + 3,232) \\ = 1,122 \text{ kN/m}$$

$$\text{Panjang bentang} = 16 \text{ m}$$



Gambar 16. Pembebanan oleh gempa

Gaya geser dan momen maksimum akibat beban gempa vertikal:

$$V_{EQ} = \frac{1}{2} \times Q_{EQ} \times L = \frac{1}{2} \times 1,122 \times 16 = 8,976 \text{ kN}$$

$$M_{EQ} = \frac{1}{8} \times Q_{EQ} \times L^2 = \frac{1}{8} \times 1,122 \times 16^2 = 35,904 \text{ kNm}$$

Resume Momen dan Gaya Geser Pada Balok

Tabel 10. Pembebanan Pada Struktur Balok

No	Jenis Beban	Kode Beban	Q (kN/m)	P (kN)	M (kNm)	Keterangan
1	Berat sendiri	MS	9,157	-	-	Beban merata, Q_{MS}
2	Mati tambahan	MA	3,232	-	-	Beban merata, Q_{MA}
3	Lajur "D"	TD	10,08	76,832	-	Beban merata, Q_{TD} dan terpusat, P_{TD}
4	Gaya rem	TB	-	-	103,3	Beban momen, Q_{TB}
5	Angin	EW	0,771	-	-	Beban merata, Q_{EW}
6	Gempa	EQ	1,122	-	-	Beban merata, Q_{EQ}

Tabel 11. Kombinasi Pembebanan

Aksi / Beban	Simbol	Kombinasi Pembebanan				
		1	2	3	4	5
A. Aksi Tetap						
Berat Sendiri	MS	✓	✓	✓	✓	✓
Berat Mati Tambahan	MA	✓	✓	✓	✓	✓
B. Aksi Transien						
Beban Lajur "D"	TD	✓	✓	✓	✓	
Gaya Rem	TB	✓	✓	✓		✓
C. Aksi Lingkungan						
Beban Angin	EW	✓	✓		✓	
Beban Gempa	EQ	✓		✓	✓	✓

Analisis Kekuatan Baja Terhadap Beban

Menentukan tinggi dari balok pelat berdingding penuh :

$$L/10 = 1600/10 = 160 \text{ cm}$$

$$L/12 = 1600/12 = 13,33 \text{ cm}$$

$$\text{Momenultimate} = 113,856 \cdot 10^7 \text{ ton.m}$$

$$\text{Gaya geser} = 239,77 \text{ ton}$$

Untuk menentukan tebal web, dapat diambil nilai-nilai batas h/t_w :

- a. Agar dapat memenuhi syarat sebagai balok pelat berdingding penuh, maka:

$$\frac{h}{t_w} \geq \frac{2550}{\sqrt{f_y}} = \frac{2550}{\sqrt{250}} = 161,276$$

$$t_w \leq h/161,276 = 142/161,276 = 0,880 \text{ cm}$$

- b. untuk $a/h \leq 1,5$:

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{5250}{\sqrt{f_y}} = \frac{5250}{\sqrt{250}} = 332,039$$

$$t_w \geq h/332,039 = 142/332,039 = 0,428 \text{ cm}$$

- c. untuk $a/h > 1,5$:

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{95000}{\sqrt{f_y(f_y + 115)}} = \frac{95000}{\sqrt{250(250 + 115)}} = 314,49$$

$$t_w \geq h/314,49 = 142/314,49 = 0,452 \text{ cm}$$

Dicoba menggunakan ukuran web $0,8 \text{ cm} \times 142 \text{ cm}$.

Menentukan ukuran flens :

$$A_f = \frac{mu}{0,9 \cdot h \cdot f_y} - \frac{Aw}{6} = \frac{113,856 \cdot 10^7}{0,9 \cdot 1420 \cdot 250} - \frac{8 \times 1420}{6} = 1670,234 \text{ mm}^2 = 16,702 \text{ cm}^2$$

Berat sendiri balok sekarang dapat dihitung :

$$\text{Luas web} = 0,8 \times 142 = 113,6 \text{ cm}^2$$

$$\text{Luas flens} = 2(16,704) = 33,408 \text{ cm}^2$$

$$\text{Total} = 147,008 \text{ cm}^2$$

$$\text{Berat sendiri balok} = \frac{147,008}{10000} \times 7,7 = 0,113 \text{ ton/m}$$

Besar momen lentur dengan tambahan berat sendiri balok adalah :

$$Mu = 113,856 + \frac{(1,2 \times 0,113) \cdot 16^2}{8} = 118,195 \text{ ton m}$$

(Angka – angka didalam kurung pada gambar bidang momen dan lintang menunjukkan besarnya gaya lintang dan momen lentur terfaktor setelah ditambah dengan berat sendiri balok)

Setelah menghitung ulang besar momrn lentur, maka luas flens dihitung kembali :

$$A_f = \frac{118,195 \cdot 10^7}{0,9 \cdot 1500 \cdot 250} - \frac{8 \cdot 1500}{6} = 1502,074 \text{ mm}^2 = 15,02 \text{ cm}^2$$

Jika tebal flens semula 4 cm masih digunakan, maka lebar flens menjadi:

$$bf = \frac{A_f}{t_f} = \frac{15,02}{4} = 3,755 \text{ cm}$$

Ukuran flens terlalu kecil maka di pakai lebar flens yaitu 40 cm

Coba ukuran flens $40 \times 4 \text{ cm}$

Hitung momen inersia penampang terhadap sumbu lentur :

$$I_x = \frac{0,8 \times 142^3}{12} + 2(4)(40)(73)^2 = 1896165,866 \text{ cm}^4$$

Dan modulus penampang

$$S_x = \frac{I_x}{d/2} = \frac{1896165,866}{75} = 25282,212 \text{ cm}^3$$

Karena balok terkekang lateral secara menerus, maka tidak perlu dilakukan pemeriksaan terhadap tekuk torsi lateral, untuk batasan terhadap tekuk local flens tekan :

$$\Delta_G = \frac{bf}{2 \cdot t_f} = \frac{40}{2 \times 4} = 5$$

$$\Delta_p = 0,38 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \cdot \sqrt{\frac{20000}{250}} = 10,748$$

$$\Delta_G < \Delta_p \text{ sehingga } f_{cr} = f_y = 250 \text{ MPa}$$

Selanjutnya dihitung pula nilai koefisien balok pelat berdingding penuk K_G :

$$K_G = 1 - \left[\frac{a_r}{1200 + 300 \cdot a_r} \right] \left[\frac{h}{t_w} - \frac{2550}{\sqrt{f_y}} \right]$$

Dengan :

$$a_r = \frac{Aw}{A_f} = \frac{0,8 \times 142}{4 \times 40} = 0,71$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{142}{0,8} = 177,5$$

$$K_G = 1 - \left[\frac{0,71}{1200 + 300 \cdot 0,71} \right] \left[177,5 - \frac{2550}{\sqrt{250}} \right] =$$

$$0,9918$$

Sehingga kuat momen lentur nominal balok :

$$M_n = K_G \cdot S_x \cdot f_{cr} = 0,9918 (25282,212 \cdot 10^3)(240) = 601,798 \text{ ton m}$$

$$\phi M_n = 0,9 (601,798)$$

$$= 541,618 \text{ ton m} > 113,195 \text{ ton m}$$

Menghitung jarak antar pengaku vertikal !
Kuat geser untuk panel ujung (tanpa memperhitungkan aksi medan tarik) :

$$\Phi V_n = \Phi (0,6 \cdot A_w \cdot f_{yw} \cdot C_v)$$

$$C_v = \frac{\Phi V_n}{0,6 \cdot A_w \cdot f_{yw}} = \frac{23,977 \cdot 10^4}{0,9 \times 0,6 \times 8 \times 1420 \times 240} = 0,163$$

Di asumsikan C_v berada dalam daerah elastic

$$C_v = 1,5 \frac{K_n \cdot E}{f_y \cdot (h/t_w)^2} \cdot \frac{1}{1,5 \cdot E} = \frac{0,263 \times 250 \times 177,5^2}{1,5 \times 200000} = 6,905$$

$$k_n = \frac{C_v \cdot f_y \cdot (h/t_w)^2}{1,5 \cdot E} = \frac{0,263 \times 250 \times 177,5^2}{1,5 \times 200000} = 6,905$$

$$\frac{a}{h} = \sqrt{\frac{5}{k_n - 5}} = \sqrt{\frac{5}{6,905 - 5}} = 1,62$$

$$a = 1,62 \times h = 1,62 \times 142 = 230 \text{ cm}$$

Periksa kembali kuat geser dari panel ujung dengan nilai $a = 230 \text{ m}$

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{230}{142}\right)^2} = 6,906$$

$$1,37 \cdot \sqrt{\frac{k_n \cdot E}{f_y}} = 1,37 \cdot \sqrt{\frac{6,906 \cdot 200000}{250}} = 101,831$$

Kuat geser nominal untuk ujung panel :

$$V_n = \frac{0,9 \cdot A_w \cdot k_n \cdot E}{\left(\frac{h}{t_w}\right)^2} = \frac{0,9 \times 8 \times 1420 \times 101,831 \times 200000}{177,5^2} = 660,897 \text{ ton}$$

$$\Phi \cdot V_n = 0,9 (660,897) = 594,808 \text{ ton} > 239,76 \text{ ton}$$

Untuk panel-panel tengah, aksi medan tarik dapat diperhitungkan jika :

$$a/h > \left[\frac{260}{(h/t_w)} \right]^2 = \left[\frac{260}{(177,5)} \right]^2 = 2,146$$

$$a/h = 1,6 \rightarrow \alpha = 1,6(142) = 227,2 \text{ cm (max)}$$

Agar diperoleh jarak pengaku vertikal yang seragam, maka panjang yang tersisa antara pengaku vertikal ujung hingga tengah bentang balok pelat ber dinding penuh dibagi secara seragam.

$$\text{Rasio } \alpha/h = 285/142 = 2,007$$

$$k_n = 5 + \frac{5}{(\alpha/h)^2} = 5 + \frac{5}{(2,007^2)} = 6,241$$

$$1,37 \cdot \sqrt{\frac{K_n \cdot E}{f_y}} = 1,37 \cdot \sqrt{\frac{6,241 \times 200000}{240}} = 98,8$$

Maka C_v diambil:

$$C_v = 1,5 \cdot \frac{k_n \cdot E}{f_y \cdot (h/t_w)^2} = 1,5 \cdot \frac{6,241 \times 200000}{250 \cdot 177,5^2} = 0,238$$

Kuat geser nominal balok pelat ber dinding penuh dengan memperhitungkan aksi medan tarik :

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot \left[C_v + \frac{1 - C_u}{1,15 \sqrt{1 + (\alpha/h)}} \right]$$

$$= 0,6 (250)(8)(1420) \cdot \left[0,238 + \frac{1 - 0,238}{1,15 \sqrt{1 + (2,007)}} \right]$$

$$= 105,667 \text{ ton}$$

$$\Phi \cdot V_n = 0,9 (105,667)$$

$$= 95,100 \text{ ton} > 7,683 \text{ ton}$$

Selanjutnya adalah merencanakan pengaku vertikal. Penampang melintang dari pengaku vertikal ditentukan berdasarkan 3 kriteria :

- Luas minimum
- Momen inersia minimum
- Rasio lebar dan tebal yang maksimum

$$A_s \text{ min} = 0,5 \cdot A_w \cdot D \cdot (1 - C_v) \cdot \left[\left(\frac{\alpha}{h} \right) - \frac{(\alpha/h)^2}{1 \sqrt{1 + (\alpha/h)^2}} \right]$$

$$= 0,5 (8)(1420)(1)(1 - 0,238) \cdot \left[2,007 - \frac{2,007^2}{1 \sqrt{1 + 2,007^2}} \right] = 9,117$$

Dari persamaan :

$$I_s \text{ min} = j \cdot a \cdot t_w^3$$

$$\text{Dengan : } j = \frac{2,5}{(\alpha/h)^2} - 2 = \frac{2,5}{2,007^2} - 2$$

$$= -1,379 < 0,5 \rightarrow j = 0,5$$

$$I_s = 0,5 (285)(0,8)^3 = 72,960 \text{ cm}$$

$$\text{Nilai maksimum } b_s/t_s \text{ adalah: } 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,56 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$= 15,839$$

Dicoba pengaku vertikal berukuran 0,8 cm x 12 cm, sehingga:

$$A_s = 2 (0,8)(12) = 19,2 \text{ cm} > 9,177 \text{ cm} \text{ ok}$$

$$I_s = \sum (I_o + A \cdot d^2)$$

$$= \frac{1}{12} (0,8)(12)^3 + (0,8)(12) \left(\frac{12}{2} + \frac{0,8}{2} \right)^2$$

$$= 508,416 \text{ cm} > 72,960 \text{ cm} \text{ ok}$$

$$B_s/B_t = \frac{12}{0,8} = 15 < 15,839 \text{ ok}$$

Untuk menentukan panjang pengaku vertikal, hitung dahulu jarak c :

$$C_{\text{min}} = 4 \cdot t_w = 4 (0,8) = 3,2 \text{ cm}$$

$$C_{\text{maks}} = 6 \cdot t_w = 6 (0,8) = 4,8 \text{ cm}$$

Jika diasumsikan ukuran las antara flens dengan web adalah 4 mm, serta mengambil $c = 3,2 \text{ cm}$, maka panjang pengaku vertikal adalah :

$$h - \text{ukuran las} - 3,2 = 142 - 0,4 - 3,2 = 138,4 \text{ cm}$$

Digunakan pengaku vertikal 0,8cm x 12cm x 138 cm

Periksa persyaratan interaksi geser lentur untuk panel-panel yang diperhitungkan terhadap aksi medan tarik :

$$\frac{0,6 V_n}{M_n} \leq \frac{V_u}{M_u} \leq \frac{V_n}{0,75 M_n}$$

$$\frac{0,6 \times 105,667}{601,798} \leq \frac{V_u}{M_u} \leq \frac{105,667}{0,75 \times 601,798}$$

$$0,105 \leq \frac{V_u}{M_u} \leq 0,234$$

Untuk pengaku penahan gaya tumpu, dicoba menggunakan pengaku dengan lebar $b = 20 \text{ cm}$, sehingga lebar total menjadi $2b + t_w = 2(20) + 0,8 = 40,8 \text{ cm}$. Tebal pengaku dihitung dari persyaratan kelangsingan :

$$\frac{b}{t} \leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ atau } t \geq \frac{b}{0,56 \sqrt{\frac{f_y}{E}}} = \frac{20}{0,56 \sqrt{\frac{240}{200000}}} = 1,237 \text{ cm}$$

Menggunakan pengaku berukuran 1,5 cm x 20 cm dengan ukuran las 4 mm serta pemotongan selebar 2,5 cm untuk tempat pengelasan.

Memeriksa tahanan tumpu pengaku pada tumpuan :

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,75 (1,8 \cdot f_y \cdot A_{pb}) \\ &= 0,75 (1,8 \times 250 \times 15 (200 - 2,5) 2) \\ &= 199,969 \text{ ton} > 97,7 \text{ ton} \quad \text{ok} \end{aligned}$$

Selanjutnya pengaku penahan gaya tumpu dianalisa sebagai batang tekan. Panjang web dapat bekerja dengan pengaku sebagai batang tekan adalah sepanjang (12 x 0,8 = 9,6 cm)

$$\begin{aligned} A_g &= 2 (20)(1,5) + (0,8)(9,6) = 67,68 \text{ cm}^2 \\ I &= \frac{1}{12} 9,6 \cdot 0,8^3 + 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot 1,5 \cdot 20^3 + 2 \cdot 20 \cdot 1,5 \cdot \left(10 + \frac{0,8}{2}\right) \cdot 2 \\ &= 8490 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$r = \sqrt{I/A_g} = \sqrt{8490/67,68} = 11,2 \text{ cm}$$

$$l = \frac{k \cdot L}{r} = \frac{k \cdot h}{r} = \frac{0,75 \times 157}{11,2} = 10,51$$

$$\Delta c = \frac{\Delta}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{10,51}{\pi} \sqrt{\frac{250}{200000}} = 0,118 \rightarrow \omega = 1$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = 67,68 \times 100 \times (240/1) = 162,432 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \phi \cdot N_n &= 0,85 \cdot N_n = 0,85 (162,432) \\ &= 138,0672 > 23,976 \text{ ton} \quad \text{ok} \end{aligned}$$

Perbandingan Volume Pelat Girder dengan Beton Existing

Volume Pelat Girder

Luas penampang Baja :

$$A_{\text{flens}} = 2 (40 \times 400) = 32000 \text{ mm}$$

$$A_{\text{web}} = (1420 \times 8) = 11560 \text{ mm}$$

$$\text{Total} = 43360 \text{ mm}^2 = 0,04336 \text{ m}^2$$

Panjang Jembatan :

$$L = 4 \times 16000 = 64000 \text{ mm} = 64 \text{ m}$$

Banyak Pelat Girder :

$$n = 11 \text{ buah}$$

Volume Baja yang dibutuhkan :

$$V = n \times A \times L$$

$$= 11 \times 0,04336 \times 64$$

$$= 30,525 \text{ m}^3$$

Volume Beton Existing

Luas penampang Beton Existing :

$$A = 0,6723 \text{ m}^2$$

Panjang Jembatan :

$$L = 4 \times 16000 = 64000 \text{ mm} = 64 \text{ m}$$

Banyak Beton Existing :

$$n = 8 \text{ buah}$$

Volume Beton yang dibutuhkan :

$$V = n \times A \times L$$

$$= 8 \times 0,6723 \times 64$$

$$= 344,218 \text{ m}^3$$

F. KESIMPULAN

1. Dengan menggunakan pelat girder flens 40 cm x 4 cm dan ukuran web 142 cm x 0,8 cm sebagai struktur girder untuk desain alternative jembatan, dari hasil analisis didapatkan pelat girder tersebut aman terhadap beban momen maksimum yang bekerja.
2. Dari hasil pembebanan didapatkan momen maksimum $M_u = 113,856 \text{ tonm} < \phi M_n = 541,618 \text{ tonm}$ dan gaya geser maksimum $V_u = 239,97 \text{ ton} < \phi V_n = 595,808 \text{ ton}$.
3. Dari perbandingan volume didapatkan untuk struktur pelat girder dibutuhkan bahan baja sebanyak 30,525 m³, sedangkan untuk struktur beton existing membutuhkan bahan beton sebanyak 344,218 m³.

DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Standardisasi Nasional. (2004). Perencanaan struktur beton untuk jembatan, RSNI T-12-2004 .Jakarta :Yayasan Badan Penerbit PU.
2. Badan Standardisasi Nasional. (2005). Standar pembebanan untuk jembatan, RSNI T-02-2005. Jakarta :YayasanBadanPenerbit PU.
3. Budiandi, A. (2008). Desain praktis beton prategang.Yogyakarta :Andi.
4. DepartemenPekerjaanUmum. (1987).Pedoman perencanaan pembebanan jembatan dan jalan raya,SKBI - 1.3.28.1987. Jakarta :YayasanBadanPenerbit PU.
5. DepartemenPekerjaanUmum. (2002). Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung,SNI 03 - 2847 - 2002. Jakarta :YayasanBadanPenerbit PU
6. Naaman, AE. (1982). Prestressed concrete analysis and design fundamentals. New York :McGraw - Hill book company.
7. Theodosius, Gunawandan Margaret Saleh. (2007). Konstruksi beton, jilid 1.Jakarta : Delta Teknik Group.
8. Setiawan, Agus. (2008). Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD (Berdsarkan SNI 03-1729-2002) : PT. Penerbit Erlangga.