

BAB IV

STUDI KASUS JEMBATAN

BS.05 DOMBO - SAYUNG

4.1 Analisis Data Struktur

Dalam menganalisa kekuatan struktur perlu diketahui beban – beban yang bekerja pada system struktur tersebut. Beban – beban yang diperhitungkan dalam analisa struktur sebuah jembatan adalah sebagai berikut :

1. Beban Primer yang terdiri dari :

- a. Beban mati (berat sendiri), yaitu berat bahan dan elemen struktur serta elemen non struktur yang bersifat tetap.

Beban mati yang bekerja pada jembatan yaitu :

- Berat sendiri material baja.
- Berat rail, bantalan dan alat penambatnya.

- b. Beban hidup, yaitu beban yang diakibatkan oleh fungsi bangunan yaitu beban lalu lintas yang bergerak.

Beban hidup (muatan P bergerak) pada jembatan yaitu :

- Muatan rangkaian kereta api dengan beban – beban terpusat (banyak gandar).

- c. Koefisien kejut / tumbukan (impact).

Besarnya koefisien kejut dirumuskan sebagai berikut :

$$Q = 1,2 + (25 / L + 50)$$

Dimana "L" adalah panjang bentang.

- d. Tekanan tanah.

Tekanan tanah diperhitungkan pada bagian jembatan yang menahan tanah / berhubungan dengan tanah.

2. Beban Sekunder yang terdiri dari :

- a. Beban angin

Beban angin diperhitungkan sebesar $C = 100 \text{ kg / m}^2$.

- b. Gaya rem

Gaya rem diperhitungkan dengan rumus :

$$R = \frac{1}{2} \times \frac{1}{6} (\text{berat lokomotif dan tender})$$

4.2 Analisis Data Struktur Bawah

Secara umum struktur bangunan bawah terdiri dari pondasi, footing dan abutmen jembatan. Analisis data struktur bawah ditinjau dari beberapa aspek, diantaranya adalah sebagai berikut :

4.2.1 Tinjauan Tanah.

Penyelidikan tanah disekitar rencana posisi jembatan sangat diperlukan untuk mengetahui kondisi tanah dilapangan, terutama menyangkut daya dukungnya, sehingga dapat ditentukan jenis pondasi yang digunakan. Lapisan tanah dimana pondasi ditempatkan harus mampu mendukung beban – beban bangunan diatasnya tanpa terjadi perubahan yang berarti.

Susunan lapisan tanah dapat diketahui dengan cara penyelidikan yang dilakukan ditempat tersebut. Dari hasil penyelidikan dapat diketahui jenis pondasi

yang akan digunakan dan sampai kedalaman berapa pondasi akan diletakkan. Penyelidikan dapat dilakukan dilapangan maupun dilaboratorium.

Penyelidikan tanah dilakukan dengan menggunakan alat sondir. Hasil dari penyondiran digambarkan dalam bentuk grafik yang menyatakan hubungan antara kedalaman dan nilai sondir, jumlah hambatan letak dan geseran setempat.

Penyelidikan tanah (soil investigation) dilakukan sebagai berikut :

1. Sondir.

Hasil sondir dari empat titik pada lokasi abutment, diperoleh nilai – nilai sebagai berikut :

a. Titik sondir I (S.I)

- Nilai tahanan konus (Conus Resistance) = 80 kg/cm^2
- Kedalaman = 22.60 m
- Jumlah tahanan geser (Total Friction) = 2500 kg/cm

b. Titik sondir II (S.II)

- Nilai tahanan konus (Conus Resistance) = 80 kg/cm^2
- Kedalaman = 22.40 m
- Jumlah tahanan geser (Total Friction) = 2400 kg/cm

c. Titik sondir III (S.III)

- Nilai tahanan konus (Conus Resistance) = 84.8 kg/cm^2
- Kedalaman = 23.40 m
- Jumlah tahanan geser (Total Friction) = 2500 kg/cm

d. Titik sondir IV (S.IV)

- Nilai tahanan konus (Conus Resistance) = 84.8 kg/cm^2

- Kedalaman = 23.80 m
- Jumlah tahanan geser (Total Friction) = 2500 kg/cm

Dari hasil sondir tersebut, diambil kesimpulan bahwa tanah tersebut merupakan jenis tanah lunak, karena mempunyai tahanan konus berkisar 80 kg/cm^2 sampai dengan 84.8 kg/cm^2 serta mempunyai tahanan geser / lekat cukup besar. (tanah keras mempunyai nilai berkisar antara $150 - 200 \text{ kg/cm}^2$).

2. Borring.

Dari dua titik borring yang dilakukan didapati hasil sebagai berikut :

a. Booring I (B.I)

- Dari muka tanah asli (Groung Level) dengan elevasi 1.5 meter di bawah elevasi rel hingga kedalaman 1.25 meter kondisi lapisan tanah merupakan urugan sirtu, lanau dan bekepadatan sangat lepas, karena memiliki sudut geser lebih kecil dari 30 derajat.
- Kedalaman 1.25 meter hingga 8.00 meter dari muka tanah asli, jenis tanah lanau, berpasir dan lempung a gak lembek.
- Kedalaman 8.00 meter hingga 14.00 meter dari muka tanah asli keadaan lapisan tanah masih sama dengan kedalaman antara 1.25 meter hingga 8.00 meter.
- Kedalaman 14.00 meter hingga 17.25 meter dari muka tanah asli kondisi lapisan tanah berlempung, sedikit berpasir dan agak lembek.

- Kedalaman 17.25 meter hingga 19.50 meter dari muka tanah asli kondisi tanah sangat lanau, pasir dengan butiran sangat halus sedikit lempung.
- Tanah berlapisan padat didapati pada lapisan tanah berkedalaman lebih dari 20 meter dari muka tanah asli dengan nilai $(q_c) = 200 \text{ kg/cm}^2$.

b. Booring II (B.II)

- Dari muka tanah asli (Ground Level) dengan elevasi 1.75 meter dibawah elevasi reil hingga kedalaman 0.75 meter kondisi lapisan tanah merupakan urugan sirtu, lanau dan bekepadatan sangat lepas, karena memiliki sudut geser lebih kecil dari 30 derajat.
- Kedalaman 0.75 meter hingga 12.00 meter dari muka tanah asli, jenis tanah lanau, berpasir dan lempung agak lembek.
- Kedalaman 12.00 meter hingga 16.00 meter dari muka tanah asli kondisi lapisan tanah berlempung, sedikit berpasir dan agak lembek.
- Kedalaman 16.00 meter hingga 23.00 meter dari muka tanah asli kondisi tanah lanau, lempung, berpasir.
- Tanah berlapis padat didapati pada lapisan tanah berkedalaman lebih dari 30 meter dari muka tanah asli dengan nilai $(q_c) = 200 \text{ kg/cm}^2$.

4.2.2 Tinjauan Pondasi.

Pondasi merupakan bagian yang berfungsi untuk menyalurkan beban – beban di atasnya ke tanah yang mendukung pondasi tersebut. Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan type pondasi antara lain :

1. keadaan tanah pondasi.

Dari data hasil penyelidikan tanah diketahui bahwa tanah keras berada pada kedalaman 30 meter.

2. batasan – batasan akibat beban konstruksi.

Batasan – batasan ini meliputi kondisi beban (besar, penyebaran, arah dll). Sifat dinamis dari beban yang bekerja serta kepentingan bangunan dan faktor pemeliharaan menjadi aspek alternatif pemilihan jenis pondasi.

3. batasan – batasan lingkungan sekelilingnya.

Pada pelaksanaan, ada beberapa keadaan dimana kondisi lingkungan sekitar tidak memungkinkan dilaksanakannya tipe pondasi tertentu, sehingga aspek transportasi penyediaan material pondasi harus diperhatikan.

Dengan mempertimbangkan batasan – batasan diatas, pada proyek jembatan kereta api (BS.05) ini digunakan pondasi tiang pancang presst res dengan alasan sebagai berikut :

1. tanah pondasi terdiri dari lapisan tanah lunak hingga kedalaman 30 meter dari muka tanah asli. Maka penggunaan pondasi dangkal tidak memungkinkan, karena pondasi dangkal hanya efektif hingga kedalaman 4 meter. Sedangkan beban bangunan dan beban bergerak yang diterima oleh pondasi sangat besar sehingga lapisan atas tidak mampu memikul beban, sehingga dikhawatirkan

akan terjadi penurunan yang sangat besar. Alternatif penggunaan pondasi sumuran juga tidak dapat dipakai, karena pondasi sumuran hanya efektif dalam pengerjaannya hingga kedalaman 10 meter. Untuk mengatasi hal tersebut, maka beban bangunan harus disalurkan kedalam lapisan tanah yang mempunyai daya dukung tinggi, sehingga untuk itu dipilih pondasi tiang pancang.

2. pemakaian pondasi tiang pancang dapat dilaksanakan mengingat lokasi pekerjaan dapat dicapai dengan menggunakan alat berat (didukung dengan pelaksanaan pekerjaan jalan darurat) serta lokasi sekeliling yang cukup luas sehingga dapat untuk meletakkan tiang pancang.
3. menghindari adanya bahaya penggerusan tanah dasar oleh aliran sungai dan pertimbangan kestabilan konstruksi.

Pondasi tiang pancang yang digunakan adalah produksi pabrik beton prestress pretension dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Diameter tiang pancang = 450 mm
- Panjang tiang pancang = 9 meter
- Type tiang pancang = bottom dan upper
- Mutu tiang pancang = K.500

Jumlah tiang pancang yang digunakan pada masing – masing pile cap sebanyak 16 titik dengan panjang 18 meter tiap titiknya. Jumlah pile cap 4 unit, sehingga jumlah tiang pancang sebanyak 52 titik dengan panjang total 1152 meter (gambar pile cap dan spesifikasi detail dari tiang pancang terlampir).

4.2.3 Tinjauan Poer (pile cap).

Poer berfungsi sebagai pile cap yang menyalurkan beban struktur ketiang pancang sekaligus menyalurkan tiang – tiang pancang menjadi satu kesatuan dalam memikul beban.

Dimensi pile cap 4.80 x 4.80 meter dengan ketebalan pile cap 1.50 meter pada sisi abutment. Antara satu pile cap dengan pile cap yang lainnya dihubungkan dengan balok portal dengan dimensi 2.40 x 6.60 meter dengan tebal balok 1.50 meter. Material yang digunakan adalah beton bertulang dengan mutu kelas C (K.225) dengan nilai slump 10 cm dengan toleransi +/- 1 cm.

Lantai kerja (lean concrete) memakai kelas beton D dengan mutu K.125 dengan ketebalan 10 cm. Sebagai leveling (perataan) muka tanah galian digunakan pasir urug dengan ketebalan 15 cm.

Pada pile cap dipakai tulangan ulir (U.39) dengan diameter 32 mm serta sengkang / begel berdiameter 25 mm. Gambar desain dan dimensi pile cap terlampir.

4.2.4 Abutment.

Abutment atau pangkal jembatan yang terletak pada ujung dan pangkal jembatan merupakan struktur penting sebagai pendukung bangunan atas dan juga berfungsi sebagai penahan tanah. Material yang digunakan adalah beton bertulang dengan mutu beton K.225 baik untuk badan, kepala maupun dinding sayap. Beton K.225 adalah beton dengan kekuatan karakteristik tekan sebesar 225 kg/cm^2 , yang direncanakan berdasarkan pada trial mix desain yang telah dibuat sebelumnya.

Dimensi abutment tebal 1.00 meter, lebar 6.60 meter dengan tinggi 4.55 meter. Gambar desain abutment serta penulangannya terlampir.

4.3 Analisis Data Struktur Atas

Struktur atas jembatan berfungsi menahan beban lalu lintas kereta api maupun berat sendiri konstruksi yang kemudian disalurkan ke bangunan bawah. Struktur atas merupakan jembatan rangka baja yang terdiri dari komponen rasuk pokok bawah primer, rasuk bawah sekunder, balok melintang, balok rangka, pertambahan angin bawah dan angin atas serta pertambahan rem.

4.3.1 Main Girder (Rasuk Pokok)

Lower Main Girder atau rasuk pokok bawah direncanakan untuk menahan berat sendiri, berat rel, bantalan dan alat penambatannya, serta beban mati dan hidup di atasnya yang disalurkan dari cross beam (pemikul melintang) pada jembatan kereta api (BS.05) ini, terdiri dari 8 (delapan) segment/frame dengan panjang masing – masing segment 5.2 meter, sehingga panjang total 41,60 meter. Material yang dipakai profil baja dengan penjelasan sebagai berikut :

- Kode : B1 – B4

- Tipe Profil : dobel profil canal

Dimensi canal : 380 x 100 x 10.5 x 16

Sedangkan pada upper main girder atau rasuk pokok atas digunakan material sebagai berikut :

- Kode : A1 – A3

- Tipe Profil : dobel profil canal

Dimensi canal : 380 x 100 x 13 x 20

Pada rasuk pokok diagonal digunakan material bervariasi sebagai berikut :

- Kode : D1

- Tipe Profil : J I S

Dimensi canal : I 400 x 400 x 13 x 21

- Kode : D2

- Tipe Profil : J I S

Dimensi canal : I 390 x 300 x 10 x 16

- Kode : D3

- Tipe Profil : J I S

Dimensi canal : I 350 x 350 x 12 x 19

Pada rasuk pokok tegak digunakan material bervariasi sebagai berikut :

- Kode : T1 – T4

- Tipe Profil : J I S

Dimensi canal : I 400 x 200 x 8 x 13

Penjelasan posisi kode dijelaskan dalam gambar.

4.3.2 Cross Beam (Pemikul Melintang)

Cross beam atau pemikul melintang bawah direncanakan untuk menahan berat sendiri, berat rel, bantalan dan alat penambatnya, serta beban mati dan hidup di atasnya yang disalurkan dari long beam (pemikul memanjang). Pada jembatan kereta api (BS.05) ini. Material yang dipakai profil baja dengan penjelasan sebagai berikut :

- Tipe profil : I JIS

- Dimensi : 800 x 300 x 14 x 26

4.3.3 Long Beam (Pemikul Memanjang)

Long beam atau pemikul memanjang bawah direncanakan untuk menahan berat sendiri, berat reil, bantalan dan alat penambatnya, serta beban mati dan hidup diatasnya. Pada jembatan kereta api (BS.05) ini. Material yang dipakai profil baja dengan penjelasan sebagai berikut :

- Tipe profil : I JIS

- Dimensi : 582 x 300 x 12 x 17

4.3.4 Upper dan Lower Wind Bracing (Pertambatan Angin Bawah dan Angin Atas)

Upper dan lower atau pertambatan angin bawah dan angin direncanakan untuk menahan berat sendiri dan tekanan angin. Tekanan angin dihitung sebesar 100kg/m^2 . Pada jembatan kereta api (BS.05) ini. Material yang dipakai profil baja dengan penjelasan sebagai berikut :

a. Pertambatan angin atas.

- Tipe profil : L. JIS (dobel profil)

- Dimensi : 65 x 65 x 8

b. Pertambatan angin bawah.

- Tipe profil : L. JIS (dobel profil)

- Dimensi : 100 x 75 x 7

4.3.5 Brake Force (Pertambatan Rem)

Brake force atau pertambatan direncanakan untuk menahan gaya rem dari kereta api yang berjalan. Gaya rem dihitung berdasar pada rumus :

$$R = \frac{1}{2} \times \frac{1}{6} \text{ (berat lokomotif + tender)}$$

Pada jembatan kereta api (BS.05) ini. Material yang dipakai profil baja dengan penjelasan sebagai berikut :

- Tipe profil : L. JIS (dobel profil)
- Dimensi : 100 x 75 x 7

4.3.6 Safety Plate (Gardu Pengaman)

Safety plate atau gardu pengaman sebanyak 2 (dua) unit. Gardu ini direncanakan sebagai tempat pengaman bagi manusia yang se bagai lewat diatas jembatan bila mana kereta akan lewat. Gambar terlampir.

4.4 Sarana Pendukung dan Pelengkap

4.4.1 Pekerjaan Box Culvert.

Guna mendukung rencana pengendalian banjir pada proyek ini, dibuat satu unit box culvert. Box culvert terletak pada KM. 11 + 7 15. Box culvert pada lokasi BH.22 yang secara kondisi fisik tidak layak lagi guna mengantisipasi aliran air banjir.

Box culvert direncanakan dengan beton bertulang K.225 dengan besi tulangan bermutu U.39. Elevasi rel kereta pada box culvert sama dengan elevasi rel pada jembatan kereta api (BH.22) pada KM. 11 + 779 yang sedang dikerjakan. Hal ini karena elevasi desain rel mempunyai ketinggian yang sama pada interval 200 meter.

Box culvert yang dikerjakan dengan penjelasan sebagai berikut :

$$\text{Elevasi dasar (lantai bawah)} = + 8.801$$

Lebar bagian dalam	=	5.00 meter
Tinggi bagian dalam	=	3.00 meter
Panjang	=	7.00 meter
Panjang lantai inlet & out let	=	4.50 meter
Tebal dinding	=	0.45 meter
Tebal lantai bawah / atas	=	0.60 meter
Tebal plat injak	=	0.30 meter
Tebal urugan pasir	=	0.15 meter
Tebal lantai kerja	=	0.05 meter
Diameter tulangan terpakai	=	D.19
		D.16
		D.13
Tebal selimut beton	=	8 cm dan 5 cm

4.5 Bantalan

Bantalan berfungsi meneruskan beban dari rel ke balas, menahan lebar sepur dan stabilitas ke arah luar jalan rel. Pada proyek jembatan kereta api BS.05 digunakan bantalan kayu, karena selain relatif nyaman, bahan tersebut harganya murah, mudah diperoleh dan mudah pula dibentuk. Kerugiannya yaitu cepat rusak dan penambat menjadi kurang kuat. Untuk memperpanjang umur bantalan, antara rel dan bantalan harus dipasang pelat andas. Bantalan kayu yang digunakan bantalan kelas I :

Ukuran bantalan : 200 x 22 x 18

$$\sigma_{lt} = 125 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 1.25 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

4.6 Evaluasi Perhitungan Temporary Bridge BH – 22

4.6.1 Perhitungan Konstruksi Penyangga Pengganti Pangkal Jembatan

Pada pelaksanaan pembuatan jembatan kereta api BH – 22 terlebih dahulu dilakukan pembuatan jembatan darurat sebagai penyangga sementara guna menerima beban dari rel dan beban kereta api selama masa pelaksanaan pekerjaan abutment BH – 22.

Diketahui ; H_{50} (500 x 350)

$$t_1 = 16 \text{ mm}$$

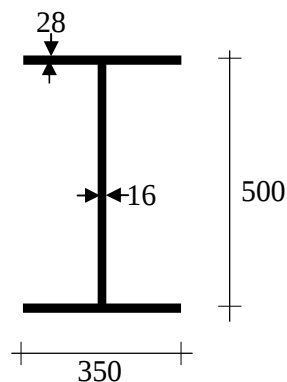
$$t_2 = 28 \text{ mm}$$

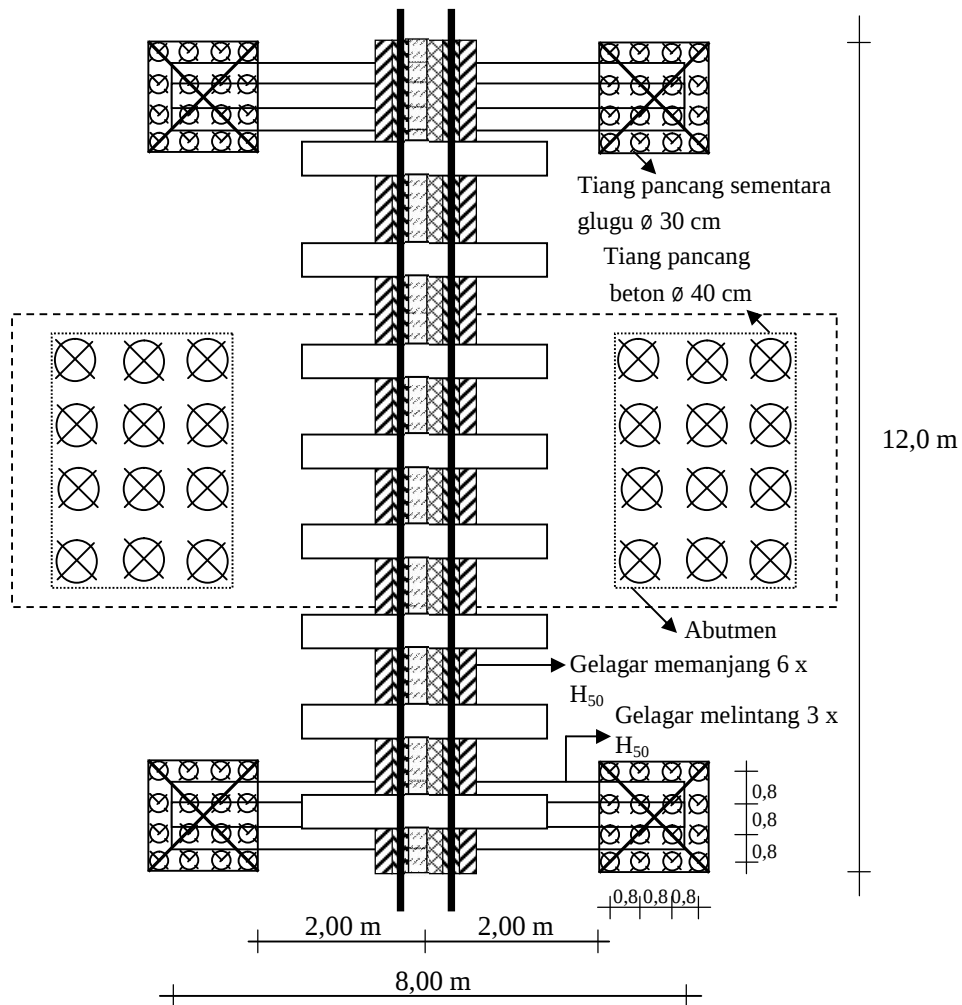
$$I_x = 120.962 \text{ cm}^4$$

$$W_x = 4.838 \text{ cm}^3$$

$$\text{Berat} = 212 \text{ kg/m}$$

$$S_x = 4272,64 \text{ cm}^3$$



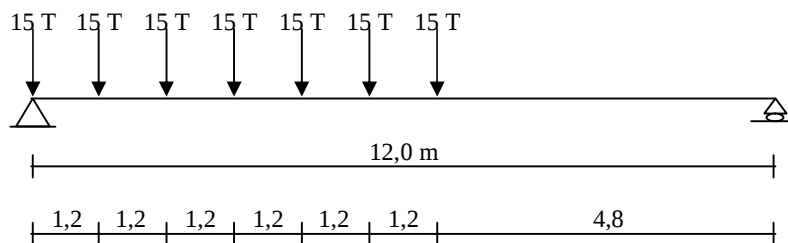


Gambar 4.1 Desain Konstruksi Jembatan Darurat BH -22

⊕ Mencari muatan gerak (reaksi tumpuan)

Beban kereta

- Alternatif I dengan 7 gandar @ 15 ton



$$\sum MA = 0$$

$$RB \cdot 12 = (7,2 \times 15) + (6 \times 15) + (4,8 \times 15) + (3,6 \times 15) + (2,4 \times 15) + (1,2 \times 15)$$

$$RB = \frac{378}{12} = 31,5 \text{ ton.m (}\uparrow\text{)}$$

$$\sum MB = 0$$

$$RA \cdot 12 = (15 \times 12) + (15 \times 10,8) + (15 \times 9,6) + (15 \times 8,4) + (15 \times 7,2) + (15 \times 6) + (15 \times 4,8)$$

$$RA = \frac{882}{12} = 73,5 \text{ ton.m (}\uparrow\text{)}$$

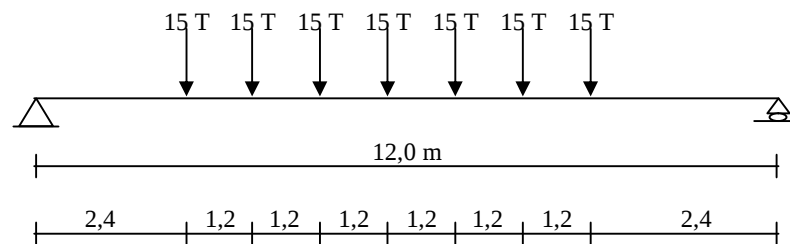
Checking

$$RA + RB - (7 \times 15t) = 0$$

$$31,5 + 73,5 - 105 = 0 \text{ok !}$$

Dari hasil perhitungan didapat Dmax : 73,5 ton.m ($\uparrow$)

Mencari momen max ;



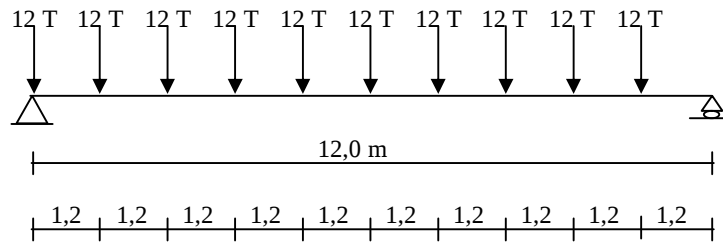
$$\sum MA = 0$$

$$RB \cdot 12 = (9,6 \times 15) + (8,4 \times 15) + (7,2 \times 15) + (6 \times 15) + (4,8 \times 15) + (3,6 \times 15) + (2,4 \times 15)$$

$$RA = RB = \frac{630}{12} = 52,5 \text{ ton.m (}\uparrow\text{)}$$

$$\begin{aligned}M_{\max} &= R_A \cdot 6 - ((15 \times 1,2) + (15 \times 2,4) + (15 \times 3,6)) \\&= 52,5 \cdot 6 - (18 + 36 + 54) \\&= 315 - (108) = 207 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

- Alternatif 2 dengan 10 gandar @ 12 ton



$$\sum M_A = 0$$

$$\begin{aligned}R_B \cdot 12 &= (12 \times 10,8) + (12 \times 9,6) + (12 \times 8,4) + (12 \times 7,2) + (12 \times 6) + \\&+ (12 \times 4,8) + (12 \times 3,6) + (12 \times 2,4) + (12 \times 1,2)\end{aligned}$$

$$R_B = \frac{648}{12} = 54 \text{ ton.m (}\uparrow\text{)}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$\begin{aligned}R_A \cdot 12 &= (12 \times 12) + (12 \times 10,8) + (12 \times 9,6) + (12 \times 8,4) + (12 \times 7,2) + \\&+ (12 \times 6) + (12 \times 4,8) + (12 \times 3,6) + (12 \times 2,4) + (12 \times 1,2)\end{aligned}$$

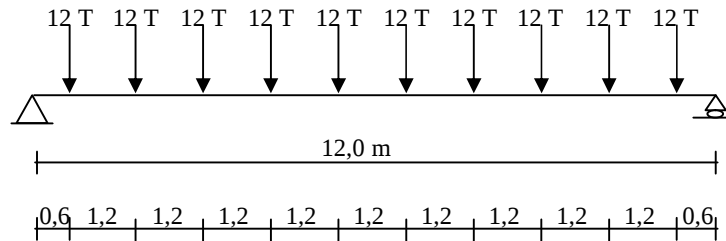
$$R_A = \frac{792}{12} = 66 \text{ ton.m (}\uparrow\text{)}$$

Checking

$$R_A + R_B - (10 \times 12\text{t}) = 0$$

$$54 + 66 - 120 = 0 \text{ ok !}$$

Mencari momen max :



$$\sum MA = 0$$

$$RB \cdot 12 = (11,4 \times 12) + (10,2 \times 12) + (9 \times 12) + (7,8 \times 12) + (6,6 \times 12) + (5,4 \times 12) + (4,2 \times 12) + (3 \times 12) + (1,8 \times 12) + (0,6 \times 12)$$

$$RA = RB = \frac{720}{12} = 60 \text{ ton.m}$$

$$M_{\max} = RA \cdot 6 - ((12 \times 1,2) + (12 \times 2,4) + (12 \times 3,6) + (12 \times 4,8))$$
$$= 360 - 144 = 216 \text{ ton.m}$$

Kesimpulan 1

Beban kereta yang timbul pada jembatan darurat bentang 12 m' ditumpu oleh 2 tumpuan akan menghasilkan reaksi maksimal di titik A (tumpuan kiri)

$$\text{Dimana : } RA = A \text{ maks} = 73,5 \text{ ton.m}$$

$$M_{\max} = 216 \text{ ton.m} = 21600 \text{ kg}$$

⊕ Mencari muatan gerak (reaksi tumpuan)

Beban H. Beam 6 x H₅₀

$$\text{- Berat H}_{50} : 6 \times 212 \text{ kg/m'} \times 12 \text{ m'} = 15.264 \text{ kg}$$

$$\text{Kondisi 75 \% berat} \approx 11,448 \text{ ton}$$

$$\text{Beban merata} = \frac{11,448}{12} = 0,954 \text{ t/m'}$$

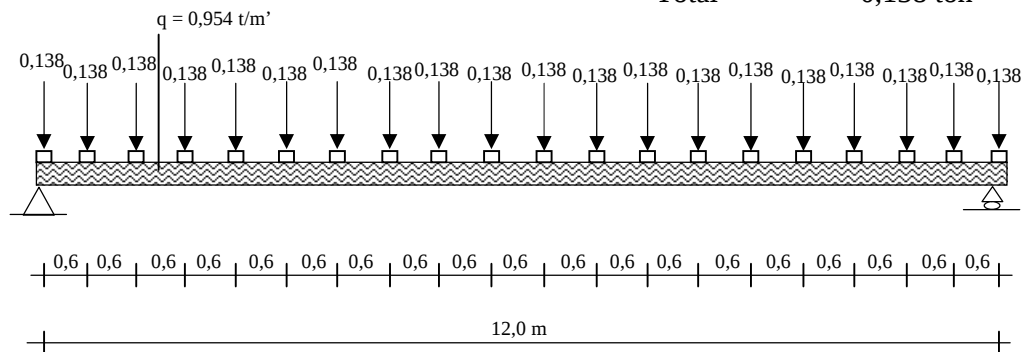
Beban bantalan kayu dan rel :

- Berat rel R.54 (54,43 kg/m' x 0,6 m') = 0,066 ton

- Berat bantalan kayu (200 x22 x13) kayu kelas 1 Bj = 0,97 = 0,063 ton

- Berat accessories (paku terpon dan pandroll) = 0,009 ton

Total = 0,138 ton



$$\sum MA = 0$$

$$\begin{aligned} RB \cdot 12 = & (0,138 \times 0,6) + (0,138 \times 1,2) + (0,138 \times 1,8) + (0,138 \times 2,4) + \\ & (0,138 \times 3) + (0,138 \times 3,6) + (0,138 \times 4,2) + (0,138 \times 4,8) + (0,138 \times 5,4) + \\ & (0,138 \times 6) + (0,138 \times 6,6) + (0,138 \times 7,2) + (0,138 \times 7,8) + (0,138 \times 8,4) + \\ & (0,138 \times 9) + (0,138 \times 9,6) + (0,138 \times 10,2) + (0,138 \times 10,8) + (0,138 \times 11,4) \\ & + \frac{1}{2} q \cdot l^2 \end{aligned}$$

$$RB = RA = \frac{84,42}{12} = 7,035 \text{ ton.m}$$

Kesimpulan 2

Beban permanen rel + bantalan + H_{50} bentang 12 meter ditumpu oleh 2 tumpuan menghasilkan reaksi maksimal di A dan B

Dimana : $RA = RB = AP : 7,035 \text{ ton.m}$

Rekapitulasi :

$AP = 7,035 \text{ ton.m}$

$$A_{maks} = 73,5 \text{ ton}$$

$$\text{Koefisien kejut } \varphi = 1,2 + \frac{25}{(l + 50)}$$

$$\varphi = 1,2 + \frac{25}{(12 + 50)} = 1,6$$

$$A_{ms} = 73,5 \text{ ton} \times 1,6 = 117,6 \text{ ton}$$

$$A (p + m) = 7,035 \text{ ton} + 73,5 \text{ ton} = 80,54 \text{ ton}$$

$$A (p + ms) = 7,035 \text{ ton} + 117,6 \text{ ton} = 124,635 \text{ ton}$$

➤ Evaluasi Gelagar Memanjang

Pada gelagar memanjang digunakan 6 H₅₀ dengan panjang 12 meter ditumpu oleh 2 tumpuan disini akan diulas apakah 6 H₅₀ mampu menahan beban

$$F1 = 35 \times 2,8 = 98 \text{ cm}^2$$

$$F2 = 44,4 \times 1,6 = 71,04 \text{ cm}^2$$

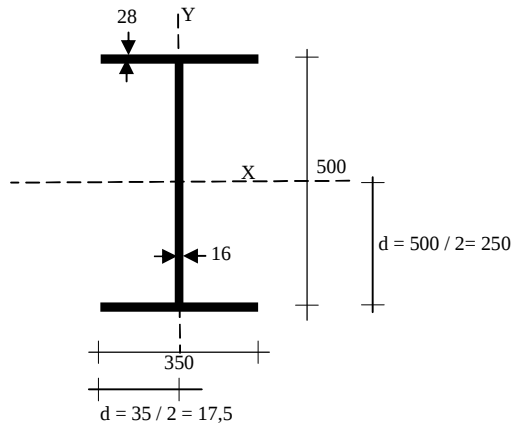
$$F3 = 35 \times 2,8 = 98 \text{ cm}^2$$

$$F \text{ total} = 267,04 \text{ cm}^2$$

$$S = d \cdot F (\text{total})$$

$$= 25 \cdot 267,04$$

$$= 6676 \text{ cm}^3$$



Checking stabilitas

$$M_s = 1,6 \times 21.600 = 34.560 \text{ ton.cm'}$$

$$M (ms + p) = 34.560 \text{ ton.m'}$$

$$M = 21.600 \text{ t.cm'}$$

- Terhadap tegangan lentur

$$M (ms + p) = 34.560 \text{ ton.cm'}$$

Mutu baja ST.44 : $\bar{\sigma}_b = 0,75 \times 1867 \text{ kg/cm}^2 = 1,4 \text{ ton/cm}^2$

$$\sigma = \frac{M}{6.W_x} \leq \bar{\sigma}_b = 1,4 \text{ ton/cm}^2$$

Momen dengan kejut

$$\sigma = \frac{34.560 \text{ ton.cm}}{6 \times 4838 \text{ cm}^3} = 1,191 \dots \text{ ton/cm}^2 < \bar{\sigma}_b = 1,4 \text{ ton/cm}^2$$

$$\text{Kuat dengan SF} = \frac{1,4}{1,191} = 1,175 \dots \text{ Aman. !}$$

- Terhadap lendut

$$f = \frac{5.M.l^2}{48.E.6.l} \leq \bar{f} = \frac{1}{600} \cdot 1 = \frac{1}{600} \cdot 1200 = 2,00 \text{ cm}$$

Momen tanpa kejut

$$M = 21.600 \text{ t.cm}$$

$$F = \frac{5 \times 21.600 \text{ ton.cm} \times (1200 \text{ cm})^2}{48 \times 2100 \times 6 \times 120962 \text{ cm}^4}$$

$$= 2,13 \text{ cm}' > \bar{f} = 2,0 \text{ cm}' \dots \text{tidak aman !!}$$

$$\text{Kuat dengan SF} = \frac{2,00}{2,13} = 0,939 \dots \text{tidak aman !!}$$

- Terhadap tegangan geser

$$\tau = \frac{D.S}{6.b.l} \leq \bar{\tau} \cdot 0,6 \times \bar{\sigma}_b = 0,6 \times 1,3 \text{ t/cm}^2 = 0,78 \text{ ton/cm}^2$$

D = bidang gaya lintang *(tanpa kejut)

$$A (p + m) = 80,26 \text{ ton} \dots (D)$$

$$\tau = \frac{80,26 \text{ ton} \times 6676 \text{ cm}^3}{6 \times 1,6 \text{ cm} \times 120962 \text{ cm}^4} = 0,461 \text{ ton/cm}^2 \leq \bar{\tau} = 0,78 \text{ ton/cm}^2$$

$$\text{Kuat dengan SF} = \frac{0,78}{0,461} = 1,69 \dots \dots \text{Aman.!!}$$

Pemecahan :

Dikarenakan dalam perhitungan gelagar memanjang dimana checking stabilitas terhadap stabilitas tegangan lentur tidak memenuhi kriteria keamanan maka dalam hal ini dilakukan penambahan material H₅₀ sebanyak satu buah sehingga gelagar yang ada menjadi 7 buah H₅₀

$$\text{Beban H}_{50} : 7 \times 212 \text{ kg/m}' \times 12 = 17.808 \text{ kg}$$

$$\text{Kondisi 75 \% berat} = 13,356 \text{ ton}$$

$$\text{Beban merata} = \frac{13,356}{12} = 1,113 \text{ t / m'}$$

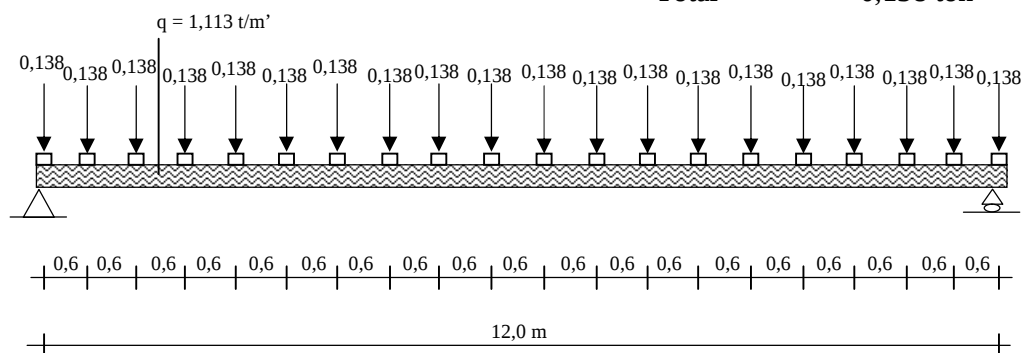
Beban bantalan kayu dan rel :

$$\text{Beban rel R.54 (54,43 kg/m' x 0,6 m')} = 0,066 \text{ ton}$$

$$\text{Beban bantalan kayu (200x22x13) kayu kelas I Bj} = 0,97 = 0,063 \text{ ton}$$

$$\text{Beban accessories (paku terpon dan pandroll)} = 0,009 \text{ ton}$$

$$\text{Total} = 0,138 \text{ ton}$$



$$\sum MA = 0$$

$$\begin{aligned} RB \cdot 12 &= (0,138 \times 0,6) + (0,138 \times 1,2) + (0,138 \times 1,8) + (0,138 \times 2,4) + \\ &+ (0,138 \times 3) + (0,138 \times 3,6) + (0,138 \times 4,2) + (0,138 \times 4,8) + (0,138 \times 5,4) + \end{aligned}$$

$$(0,138 \times 6) + (0,138 \times 6,6) + (0,138 \times 7,2) + (0,138 \times 7,8) + (0,138 \times 8,4) + \\ (0,138 \times 9) + (0,138 \times 9,6) + (0,138 \times 10,2) + (0,138 \times 10,8) + (0,138 \times 11,4) + \\ \frac{1}{2} \cdot q \cdot l^2$$

$$R_B = R_A = \frac{95,87}{12} = 7,99 \text{ ton.m}$$

$$A_P = 7,99 \text{ ton.m}$$

$$A_{maks} = 73,5 \text{ ton}$$

$$\text{Koefisien kejut } \varphi = 1,2 + \frac{25}{(l + 50)}$$

$$\varphi = 1,2 + \frac{25}{(12 + 50)} = 1,6$$

$$A_{ms} = 73,5 \text{ ton} \times 1,6 = 117,6 \text{ ton}$$

$$A(p + m) = 7,99 \text{ ton} + 73,5 \text{ ton} = 81,49 \text{ ton}$$

$$A(p + ms) = 7,99 \text{ ton} + 117,6 \text{ ton} = 125,59 \text{ ton}$$

Checking stabilitas

$$M_s = 1,6 \times 21.600 = 34.560 \text{ ton.cm'}$$

$$M(ms + p) = 34.560 \text{ ton.m'}$$

$$M = 21.600 \text{ t.cm'}$$

- Terhadap tegangan lentur

$$M(ms + p) = 34.560 \text{ ton cm'}$$

$$\sigma = \frac{M}{7.W_x} \leq \sigma_b = 1,3 \text{ ton/cm}^2$$

Momen dengan kejut

$$\sigma = \frac{34.560 \text{ ton.cm}}{7 \times 4838 \text{ cm}^3} = 1,02 \dots \text{ton/cm}^2 < \sigma_b = 1,4 \text{ ton/cm}^2$$

$$\text{Kuat dengan SF} = \frac{1,4}{1,02} = 1,373 \dots \text{Aman.!!}$$

- Terhadap lendut

$$f = \frac{5.M.I^2}{48.E.7.I} \leq \bar{f} = \frac{1}{600} \cdot 1 = \frac{1}{600} \cdot 1200 = 2,00 \text{ cm}$$

Momen tanpa kejut

$$M = 21.600 \text{ t cm}$$

$$f = \frac{5 \times 21.600 \text{ ton.cm} \times (1200 \text{ cm})^2}{48 \times 2100 \times 7 \times 120962 \text{ cm}^4} = 1,822 \text{ cm} \leq \bar{f} = 2,0 \text{ cm}$$

$$\text{Kuat dengan SF} = \frac{2,00}{1,822} = 1,097 \dots \text{Aman.!!}$$

- Terhadap tegangan geser

$$\tau = \frac{D.S}{7.b.I} \leq \bar{\tau} \cdot 0,6 \times \bar{\sigma}_b = 0,6 \times 1,3 \text{ t / cm}^2 = 0,78 \text{ ton / cm}^2$$

D = bidang gaya lintang *(tanpa kejut)

$$A (p + m) = 80,26 \text{ ton} \dots \dots \dots (D)$$

$$\tau = \frac{80,26 \text{ ton} \times 6676 \text{ cm}^3}{7 \times 1,6 \text{ cm} \times 120962 \text{ cm}^4} = 0,396 \text{ ton / cm}^2 \leq \bar{\tau} = 0,78 \text{ ton / cm}^2$$

$$\text{Kuat dengan SF} = \frac{0,78}{0,396} = 1,96 \dots \dots \dots \text{Aman.!!}$$

Dengan pemakaian 7 H₅₀ untuk gelagar memanjang maka syarat stabilitas terhadap konstruksi memenuhi

- Evaluasi Gelagar Melintang

Pada pekerjaan perancah gelagar melintang ini menggunakan 3 H₅₀ disini akan ditinjau apakah 3 H₅₀ mampu menahan beban yang diterima

⊕ Momen maksimal yang timbul pada pikulan

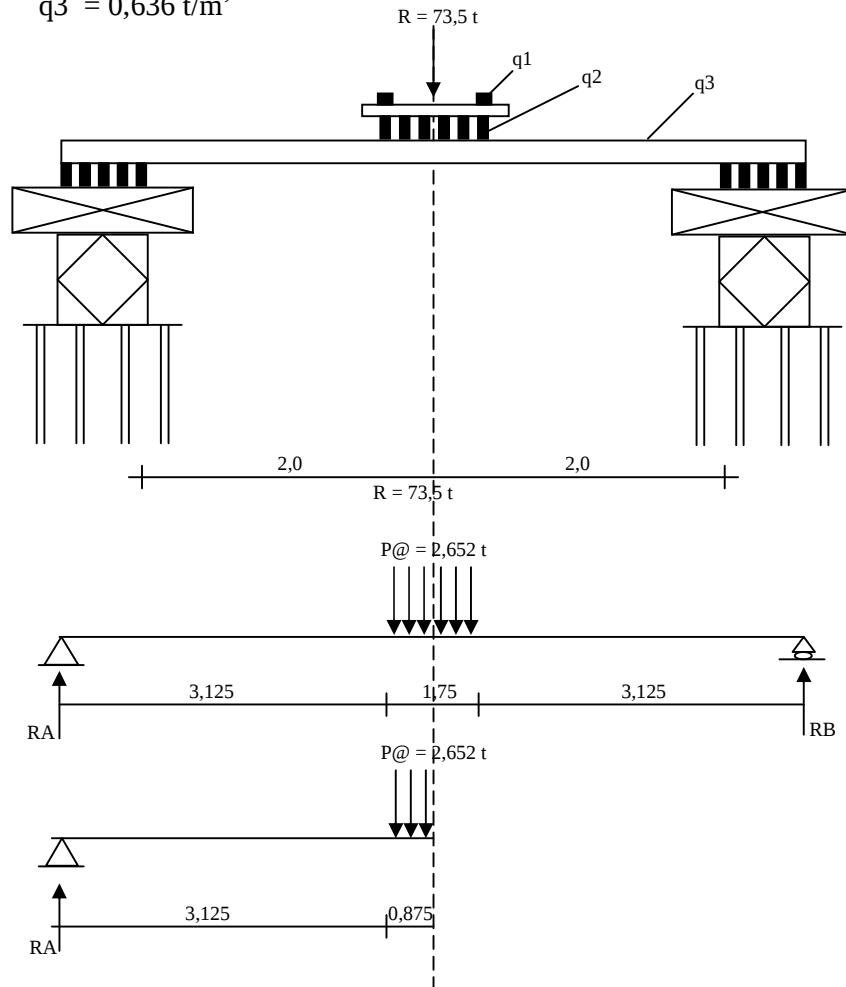
- Momen maksimal mobile tanpa kejut (Mm)

$$R = 73,5 \text{ t}$$

$$q_1 = 0,23 \text{ t/m'}$$

$$q_2 = 0,212 \text{ t/m'}$$

$$q_3 = 0,636 \text{ t/m'}$$



Data gambar :

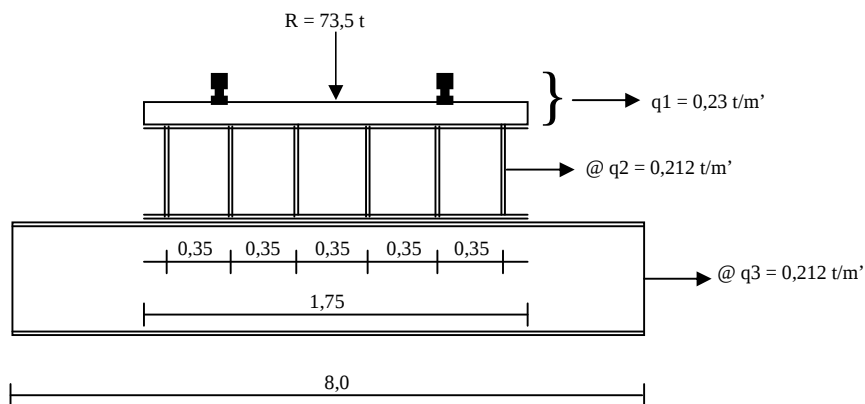
$$R = 73,5 \text{ t}$$

$$q_1 = 0,23 \text{ t/m' (berat rel dan bantalan)}$$

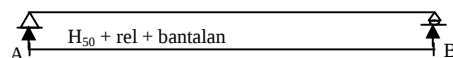
$$q_2 = 6 \times 212 \text{ kg/m}' = 1,272 \text{ t/m}'$$

$$q_3 = 3 \times 212 \text{ kg/m}' = 0,636 \text{ t/m}' \rightarrow \text{kondisi } 75 \% (0,75 \times 0,636 = 0,477 \text{ t/m}')$$

Reaksi tumpuan tiap gelagar



Beban $q_1 \rightarrow$ beban titik :



Reaksi gelagar 12 m' :

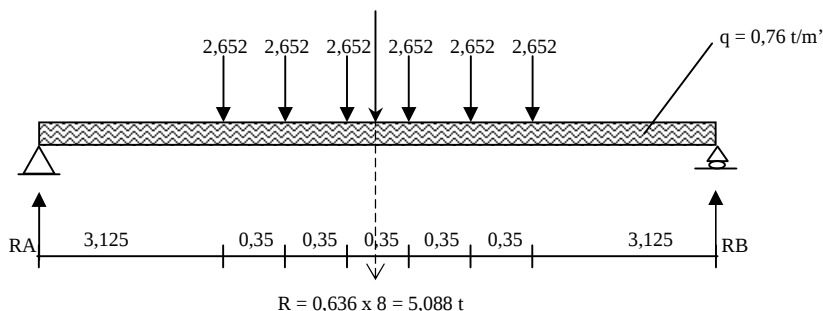
$$P \text{ Beban total tiap gelagar} = 212 \text{ kg/m}' \times 12 \text{ m}' = 2,54 \text{ ton}$$

$$\text{Beban rel dan bantalan} = 0,23 \text{ t/m}' \times 12 \text{ m}' = 2,76 \text{ ton}$$

$$\text{Total} = 5,3 \text{ ton (kondisi } 75 \% \text{)}$$

$$Q = \frac{5,3t}{12m'} = 0,442t / m'$$

$$R_A = R_B = \frac{1}{2} \cdot q \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 0,442 \cdot 12 = 2,652 \text{ ton}$$



Reaksi peletakan sendi tanpa beban kereta

$$R_A = R_B =$$

$$\frac{(2,65 \times 3,125) + (2,65 \times 3,475) + (2,65 \times 3,825) + (5,08 \times 4) + (2,65 \times 4,175) + (2,65 \times 4,525) + (2,65 \times 4,875)}{8}$$

$$= \frac{83,952}{8} = 10,494 \text{ ton.m}$$

$$M_{\max} = (2 \times R_A) - (P(0,875 + 0,525 + 0,175))$$

$$= (2 \times 10,494) - (2,65 \times (1,575))$$

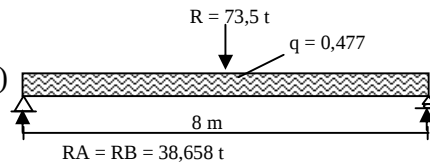
$$= 16,814 \text{ tm} = 1681,4 \text{ t.cm}$$

Reaksi akibat beban kereta

$$R_{\max} = 73,5 \text{ t}$$

$$M_{\max} = (38,658 \times 4) - (0,477 \times 4 \times 2)$$

$$= 150,816 \text{ tm} = 15081,6 \text{ t.cm}$$



Reaksi kombinasi

- $A_{ms} = 73,5 \text{ t} \times 1,6 = 117,6 \text{ ton}$
- $A(m + p) = 73,5 \text{ t} + 10,494 \text{ t} = 83,994 \text{ ton}$
- $A(ms + p) = 117,6 + 10,494 \text{ t} = 128,094 \text{ ton}$
- $M_s = 1,6 \times 150,816 \text{ tm} = 241,3056 \text{ t.cm}$
- $M(ms + p) = 241,3056 \text{ tm} + 16,814 \text{ tm} = 258,120 \text{ tm} = 25812,0 \text{ t.cm}$
- $M(m + p) = 150,816 \text{ tm} + 16,814 \text{ tm} = 167,63 \text{ tm} = 16763 \text{ t.cm}$

Masuk checking keamanan sebagai berikut :

Checking stabilitas

1. Terhadap tegangan lentur

$$\sigma = \frac{M}{3.W_x} \leq \sigma_b = 1,3 \text{ ton} / \text{cm}^2$$

Momen dengan kejut

$$M(p + ms) = 25812,0 \text{ t.cm}$$

$$\sigma = \frac{25812,0 \text{ ton/cm}}{3 \times 4838 \text{ cm}^3} = 1,778 \dots \text{ ton/cm}^2 > \bar{\sigma}b = 1,4 \text{ ton/cm}^2$$

$$\text{Kuat dengan SF} = \frac{1,3}{1,778} = 0,731 \dots \dots \dots \text{ tidak aman !!}$$

2. Terhadap lendut

$$f = \frac{5.M.I^2}{48.E.3.I} \leq \bar{f} = \frac{1}{600} . 1 = \frac{1}{600} . 400 = 0,66 \text{ cm'}$$

Momen tanpa kejut

$$\begin{aligned} M(p + m) &= 16763 \text{ ton. cm' } + 15081,6 \text{ ton . cm' } \\ &= 31844,6 \text{ ton . cm' } \end{aligned}$$

$$f = \frac{5 \times 31844,6 \text{ ton.cm' } \times (400 \text{ cm})^2}{48 \times 2100 \times 3 \times 120962 \text{ cm}^4} = 0,696 \text{ cm' } \leq \bar{f} = 0,66 \text{ cm'}$$

$$\text{Kuat dengan SF} = \frac{0,66}{0,696} = 0,948 \dots \dots \dots \text{ tidak aman !!}$$

3. Terhadap tegangan geser

$$\tau = \frac{D.S}{3.b.l} \leq \bar{\tau} . 0,6 \times \bar{\sigma}b = 0,6 \times 1,3 \text{ t/cm}^2 = 0,78 \text{ ton/cm}^2$$

D = bidang gaya lintang *(tanpa kejut)

$$A(p + m) = 83,994 \text{ ton } \dots \dots \dots (D)$$

$$\tau = \frac{83,994 \text{ ton} \times 6676 \text{ cm}^3}{3 \times 1,6 \text{ cm' } \times 120962 \text{ cm}^4} = 0,966 \text{ ton/cm}^2 \leq \bar{\tau} = 0,78 \text{ ton/cm}^2$$

$$\text{Kuat dengan SF} = \frac{0,78}{0,966} = 0,8075 \dots \dots \dots \text{ tidak aman !!}$$

Kesimpulan :

Penggunaan 3 x H₅₀ menghasilkan

a. Tegangan lentur

$$\sigma = 1,7805t / cm' < \bar{\sigma}b = 1,4t / cm^2 \dots\dots\dots \text{tidak aman !!}$$

$$SF = 0,787$$

b. Lendut

$$f = 0,696cm \leq \bar{f} = 0,66cm \dots\dots\dots \text{tidak aman !!}$$

$$SF = 0,948$$

c. Tegangan geser

$$\tau = 0,966t / cm^2 \leq \bar{\tau} = 0,78t / cm^2 \dots\dots\dots \text{tidak aman !!}$$

$$SF = 0,8075$$

Secara hasil analisis penggunaan 3 H₅₀ tidak aman dan tidak layak sebagai tumpuan pada gelagar balok memanjang 7 x H₅₀ pada jembatan darurat dengan bentang 12 meter di BH – 22 Dombo Sayung

Maka solusinya untuk bentang tumpuan balok melintang menggunakan 5 H₅₀

Pemecahan :

⊕ Momen maksimal yang timbul pada pikulan

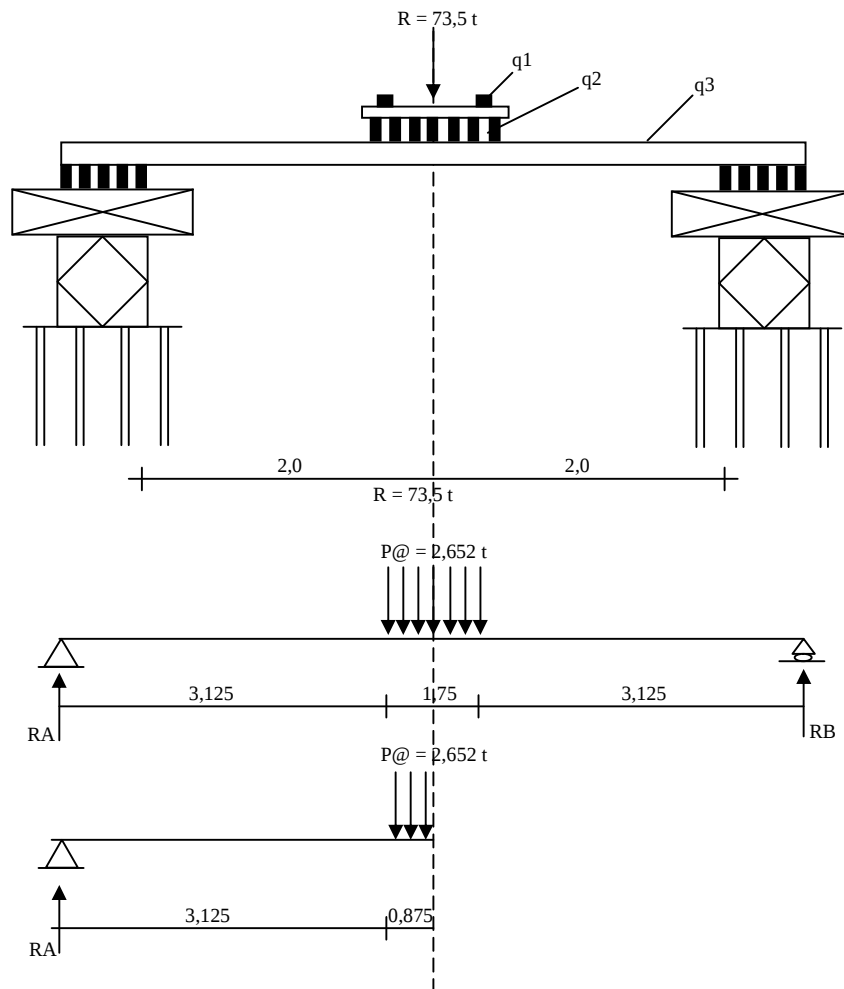
- Momen maksimal mobile tanpa kejut (Mm)

$$R = 73,5 t$$

$$q1 = 0,23 t/m'$$

$$q2 = 0,212 t/m'$$

$$q3 = 0,636 t/m'$$



Data gambar :

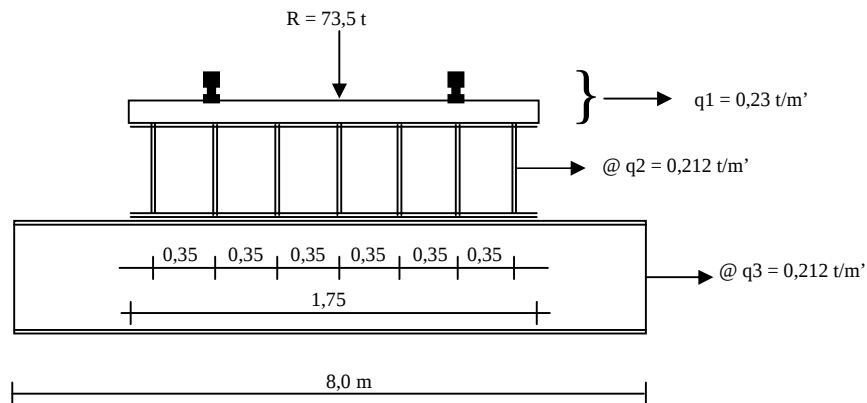
$$R = 73,5 \text{ t}$$

$$q_1 = 0,23 \text{ t/m'} \text{ (berat rel dan bantalan)}$$

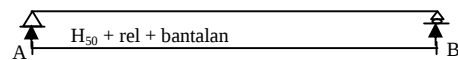
$$q_2 = 7 \times 212 \text{ kg/m'} = 1,484 \text{ t/m'}$$

$$q_3 = 5 \times 212 \text{ kg/m'} = 1,060 \text{ t/m'} \rightarrow \text{kondisi } 75 \% (0,75 \times 1,060 = 0,795 \text{ t/m'})$$

Reaksi tumpuan tiap gelagar



Beban $q1 \rightarrow$ beban titik :



Reaksi gelagar 12 m' :

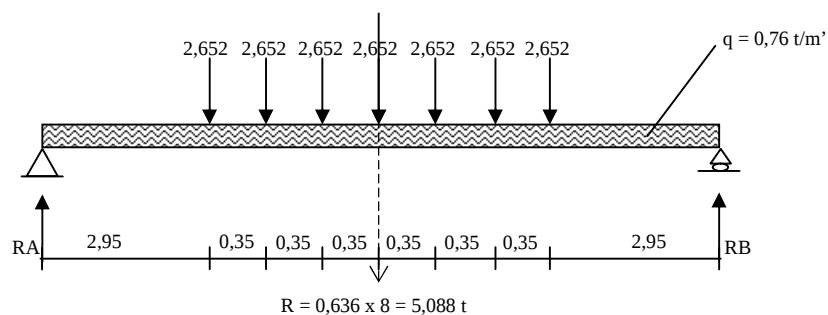
P Beban total tiap gelagar = $212 \text{ kg/m'} \times 12 \text{ m'}$ = $2,54 \text{ ton}$

Beban rel dan bantalan = $0,23 \text{ t/m'} \times 12 \text{ m'}$ = $2,76 \text{ ton}$

Total = $5,3 \text{ ton}$ (kondisi 75 %)

$$Q = \frac{5,3t}{12m'} = 0,442t / m'$$

$$RA = RB = \frac{1}{2} \cdot q \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 0,442 \cdot 12 = 2,652 \text{ ton}$$



Reaksi perletakan sendi tanpa beban kereta

$$R_A = R_B =$$

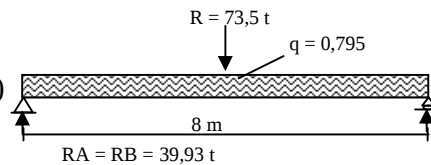
$$\frac{(2,65 \times 2,95) + (2,65 \times 3,3) + (2,65 \times 3,65) + (2,65 \times 4) + (5,08 \times 4) + (2,65 \times 4,35) + (2,65 \times 4,7) + (2,65 \times 5,05)}{8}$$
$$= \frac{94,52}{8} = 11,815 \text{ ton.m}$$

$$M_{\max} = (2 \times R_A) - (P(1,05 + 0,7 + 0,35))$$
$$= (2 \times 11,815) - (2,65 \times (2,1))$$
$$= 18,065 \text{ tm} = 1806,5 \text{ t.cm'}$$

Reaksi akibat beban kereta

$$R_{\max} = 73,5 \text{ t}$$

$$M_{\max} = (39,93 \times 4) - (0,795 \times 4 \times 2)$$
$$= 153,36 \text{ tm} = 15336 \text{ t.cm'}$$



Reaksi kombinasi

- $A_{ms} = 73,5 \text{ t} \times 1,6 = 117,6 \text{ ton}$
- $A(m + p) = 73,5 \text{ t} + 11,815 \text{ t} = 85,315 \text{ ton}$
- $A(ms + p) = 117,6 + 11,815 \text{ t} = 129,415 \text{ ton}$
- $M_s = 1,6 \times 153,36 \text{ tm} = 245,376 \text{ t.cm}$
- $M(ms + p) = 245,376 \text{ tm} + 18,065 \text{ tm} = 263,441 \text{ tm} = 26344,1 \text{ t.cm}$
- $M(m + p) = 153,36 \text{ tm} + 18,065 \text{ tm} = 171,425 \text{ tm} = 17142,5 \text{ t.cm}$

Masuk checking keamanan sebagai berikut :

Checking stabilitas

1. Terhadap tegangan lentur

$$\sigma = \frac{M}{5.W_x} \leq \sigma_b = 1,4 \text{ ton} / \text{cm}^2$$

Momen dengan kejut

$$M (p + ms) = 26344,1 \text{ t.cm}$$

$$\sigma = \frac{26344,1 \text{ ton.cm}}{5 \times 4838 \text{ cm}^3} = 1,089 \dots \text{ ton} / \text{cm}^2 < \sigma_b = 1,4 \text{ ton} / \text{cm}^2$$

$$\text{Kuat dengan SF} = \frac{1,4}{1,089} = 1,286 \dots \dots \dots \text{Aman.!!}$$

2. Terhadap lendut

$$f = \frac{5.M.I^2}{48.E.5.I} \leq \bar{f} = \frac{1}{600} . 1 = \frac{1}{600} . 400 = 0,66 \text{ cm'}$$

Momen tanpa kejut

$$\begin{aligned} M (p+m) &= 1806,5 \text{ ton.cm' } + 15336 \text{ ton.cm' } \\ &= 17142,5 \text{ ton.cm' } \end{aligned}$$

$$f = \frac{5 \times 17142,5 \text{ ton.cm' } \times (400 \text{ cm})^2}{48 \times 2100 \times 5 \times 120962 \text{ cm}^4} = 0,225 \text{ cm' } \leq \bar{f} = 0,66 \text{ cm'}$$

$$\text{Kuat dengan SF} = \frac{0,66}{0,225} = 2,933 \dots \dots \dots \text{Aman.!!}$$

3. Terhadap tegangan geser

$$\tau = \frac{D.S}{5.b.l} \leq \bar{\tau} . 0,6 \times \sigma_b = 0,6 \times 1,3 \text{ t} / \text{cm}^2 = 0,78 \text{ ton} / \text{cm}^2$$

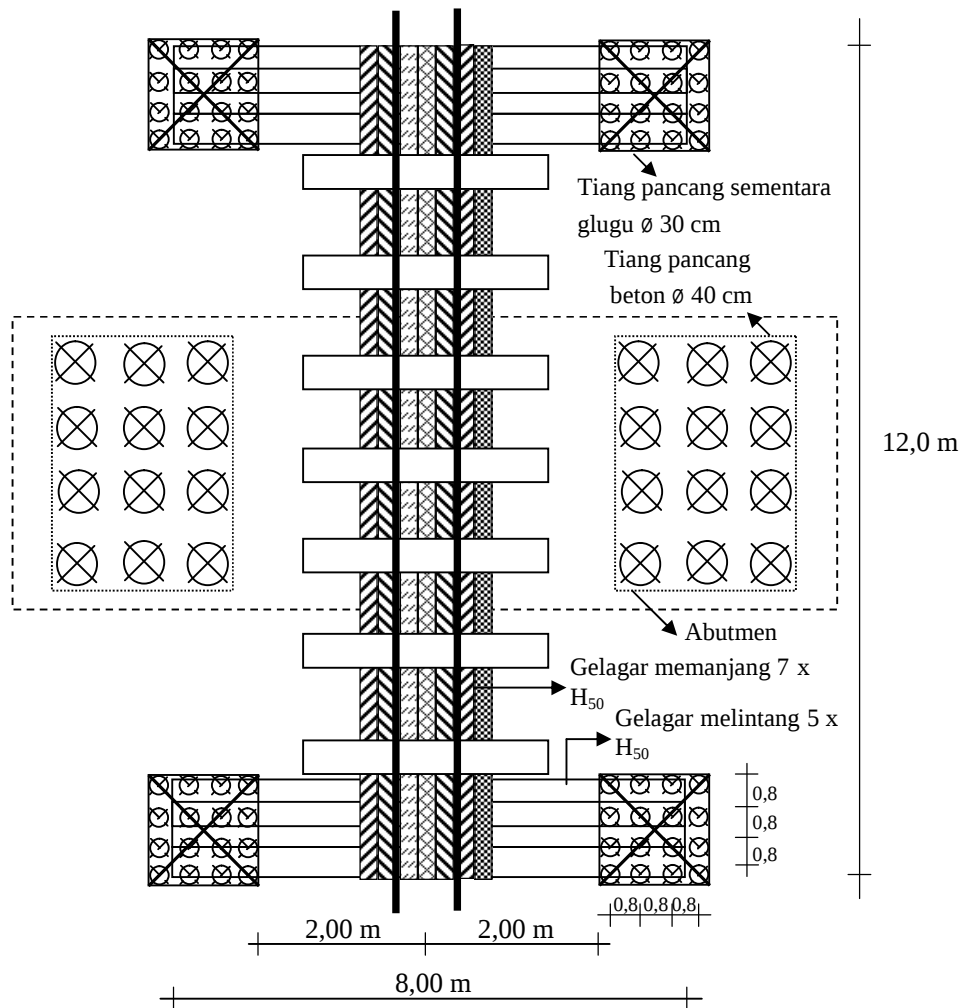
D = bidang gaya lintang *(tanpa kejut)

$$A (p + m) = 85,315 \text{ ton } \dots \dots \dots (D)$$

$$\tau = \frac{85,315 \text{ ton} \times 6676 \text{ cm}^3}{5 \times 1,6 \text{ cm' } \times 120962 \text{ cm}^4} = 0,5886 \text{ ton} / \text{cm}^2 \leq \bar{\tau} = 0,78 \text{ ton} / \text{cm}^2$$

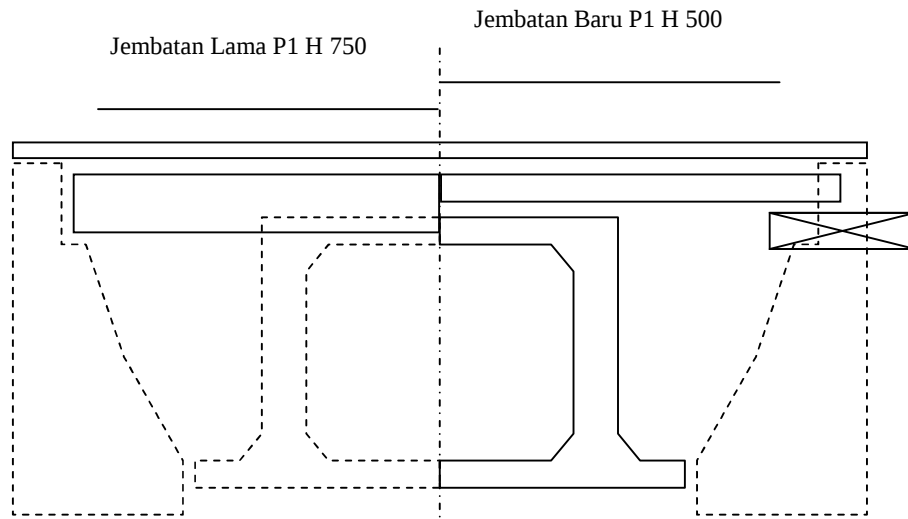
$$\text{Kuat dengan SF} = \frac{0,78}{0,5886} = 1,325 \dots \dots \dots \text{Aman.!!}$$

Perubahan terjadi pada jumlah balok memanjang H 500 x 350 dari 6 batang menjadi 7 batang dan balok melintang H 500 x 350 dari 3 batang menjadi 5 batang.

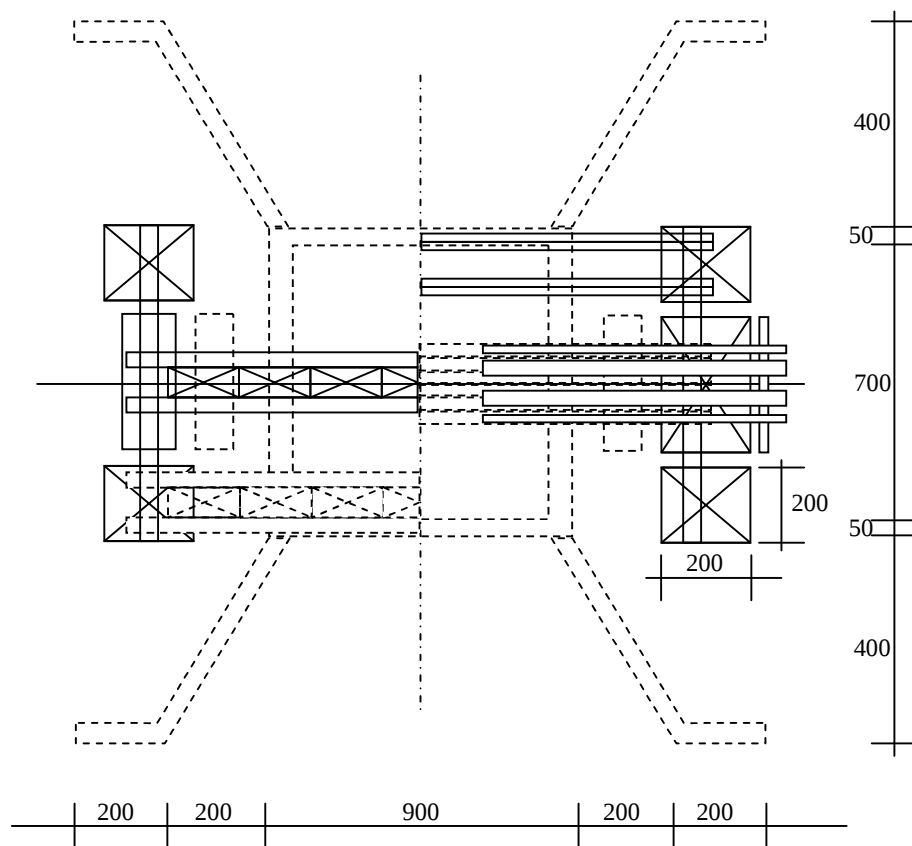


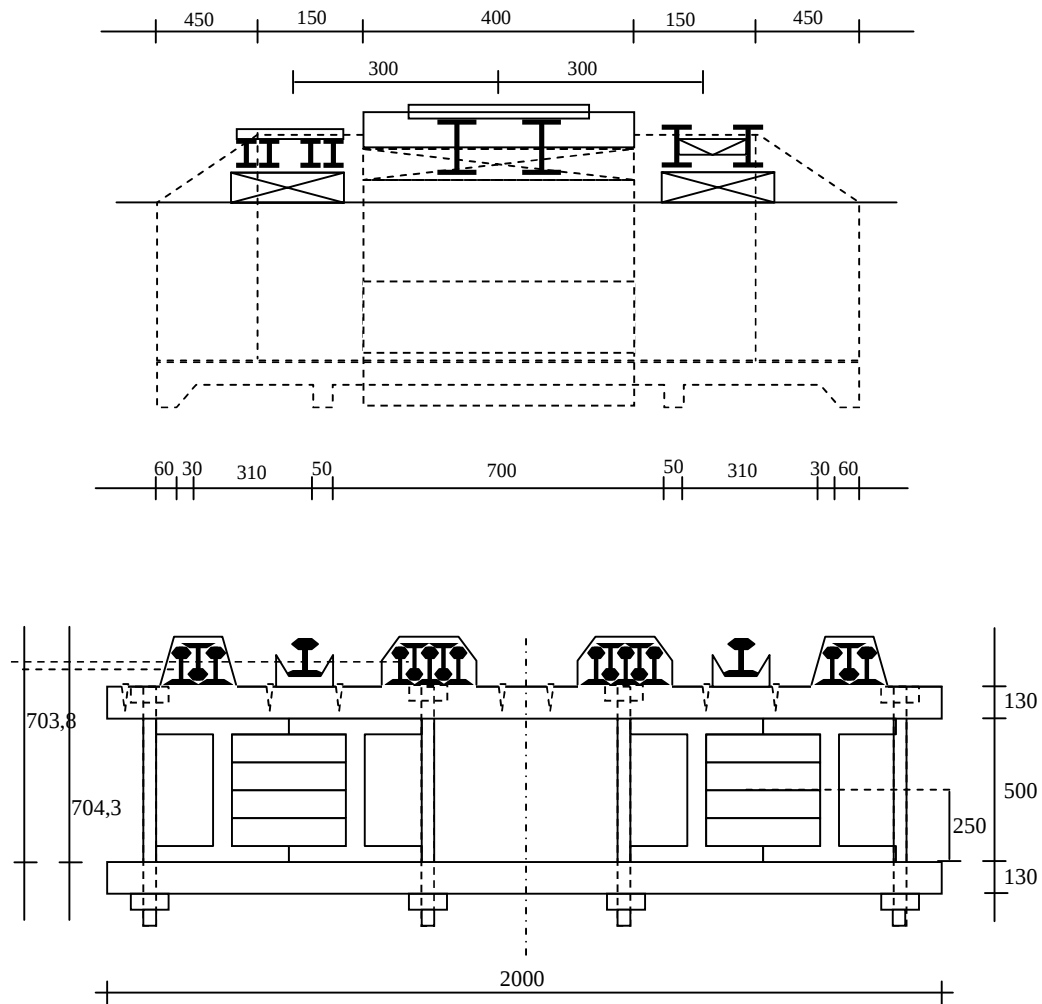
Gambar 4.2 Review Design Konstruksi Jembatan Darurat BH – 22

4.7 Evaluasi Perhitungan Temporary Bridge BH – 21



Gambar 4.3 Desain Jembatan Box Culvert

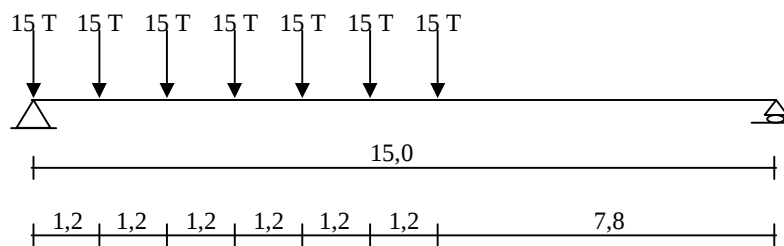




* Mencari muatan geser (reaksi tumpuan)

Beban kereta

- Alternatif I dengan 7 gambar @ 15 ton



$$\sum MA = 0$$

$$RB \cdot 15 = (7,2 \times 15) + (6 \times 15) + (4,8 \times 15) + (3,6 \times 15) + (2,4 \times 15) + (1,2 \times 15)$$

$$RB = \frac{378}{15} = 25,2 \text{ ton.m (}\uparrow\text{)}$$

$$\sum MB = 0$$

$$RA \cdot 15 = (15 \times 15) + (15 \times 13,8) + (15 \times 12,6) + (15 \times 11,4) + (15 \times 10,2) + (15 \times 9) + (15 \times 7,8)$$

$$RA = \frac{1197}{15} = 79,8 \text{ ton.m (}\uparrow\text{)}$$

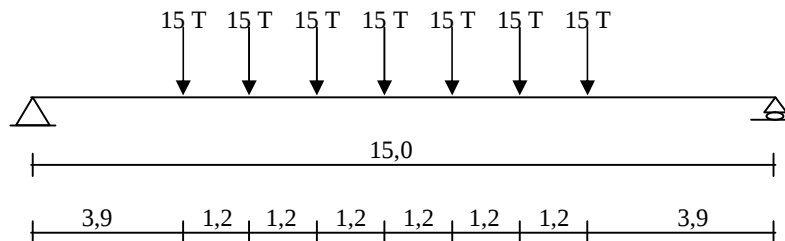
Checking

$$RA + RB - (7 \times 15t) = 0$$

$$25,2 + 79,8 - 105 = 0$$

Dari hasil perhitungan didapat $D_{max} : 79,8 \text{ ton.m (}\uparrow\text{)}$

Mencari momen max :



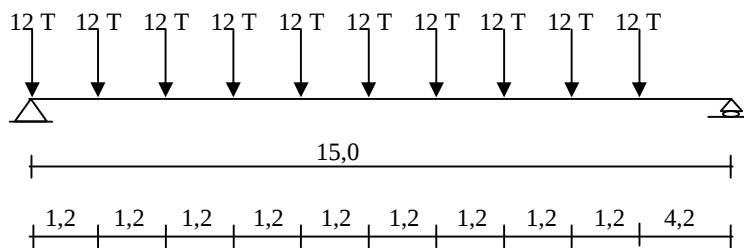
$$\sum MA = 0$$

$$RB \cdot 15 = (11,1 \times 15) + (9,9 \times 15) + (8,7 \times 15) + (7,5 \times 15) + (6,3 \times 15) + (5,1 \times 15) + (3,9 \times 15)$$

$$RA = RB = \frac{787,5}{15} = 52,5 \text{ ton.m (}\uparrow\text{)}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= RA \cdot 7,5 - ((15 \times 1,2) + (15 \times 2,4) + (15 \times 3,6)) \\ &= 52,5 \cdot 7,5 - (18 + 36 + 54) \\ &= 393,75 - (153) = 240,75 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

- Alternatif 2 dengan 10 gandar @ 12 ton



$$\sum MA = 0$$

$$\begin{aligned} RB \cdot 15 &= (12 \times 10,8) + (12 \times 9,6) + (12 \times 8,4) + (12 \times 7,2) + (12 \times 6) + \\ &+ (12 \times 4,8) + (12 \times 3,6) + (12 \times 2,4) + (12 \times 1,2) \end{aligned}$$

$$RB = \frac{648}{15} = 43,2 \text{ ton.m (}\uparrow\text{)}$$

$$\sum MB = 0$$

$$\begin{aligned} RA \cdot 15 &= (12 \times 15) + (12 \times 13,8) + (12 \times 12,6) + (12 \times 11,4) + (12 \times 10,2) \\ &+ (12 \times 9) + (12 \times 7,8) + (12 \times 6,6) + (12 \times 5,4) + (12 \times 4,2) \end{aligned}$$

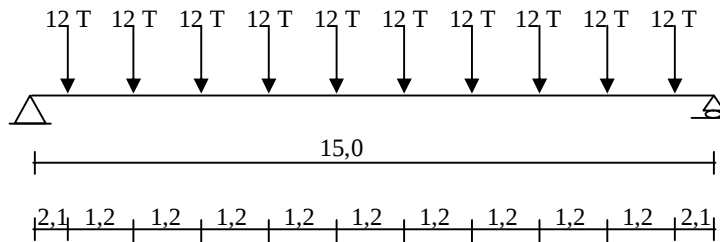
$$RA = \frac{1152}{15} = 76,8 \text{ ton.m (}\uparrow\text{)}$$

Checking

$$RA + RB - (10 \times 12t) = 0$$

$$76,8 + 43,2 - 120 = 0 \dots\dots\dots \text{ok !!}$$

Mencari momen max :



$$\sum MA = 0$$

$$RB \cdot 15 = (12,9 \times 12) + (11,7 \times 12) + (10,5 \times 12) + (9,3 \times 12) + (8,1 \times 12) + (6,9 \times 12) + (5,7 \times 12) + (4,5 \times 12) + (3,3 \times 12) + (2,1 \times 12)$$

$$RA = RB = \frac{900}{15} = 60 \text{ ton.m}$$

$$M_{\max} = RA \cdot 7,5 - ((12 \times 1,2) + (12 \times 2,4) + (12 \times 3,6) + (12 \times 4,8))$$

$$= 450 - 144 = 306 \text{ ton.m}$$

Kesimpulan 1

Beban kereta yang timbul pada jembatan darurat bentang 15 m' ditumpu oleh 2 tumpuan akan menghasilkan reaksi maksimal di titik A (tumpuan kiri)

$$\text{Dimana : } RA = A \text{ maks} = 79,8 \text{ ton.m}$$

$$M_{\max} = 306 \text{ ton.m} = 30600 \text{ t.cm}$$

* Mencari muatan geser (reaksi tumpuan)

Beban H. Beam 4 x H₅₀

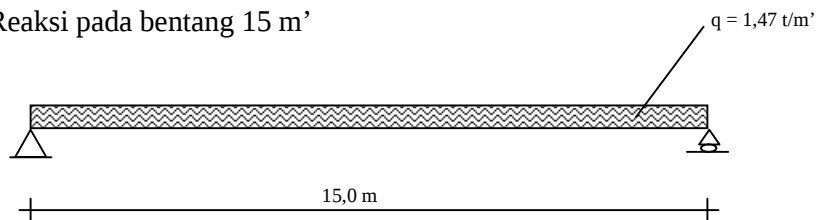
- Berat H₅₀ : 6 x 212 kg/m x 15 = 12.720 kg
- Beban rel : (54,43 kg/m x 15) x 2 = 1.560 kg
- Berat rel R.54 (54,43 kg/m x 15 m) x 2 = 10.080 kg

- Berat bantalan kayu (200 x 22 x 13) kayu kelas 1 Bj : 0,97 = 63,92 x 2
(atas bawah) = 125,84 kg
- Berat kayu pengisi WF (0,684 x 0,444 x 15) x 0,97 = 5.010 kg
- Total = 29.495,84 kg

Kondisi 75 % berat $\approx 22.121,88 \text{ kg} = 22,12 \text{ ton}$

$$\text{Beban merata} = \frac{22,12}{15} = 1,47 \text{ t/m'}$$

Reaksi pada bentang 15 m'



$$\begin{aligned} R_A = R_B &= \frac{1}{2} \cdot q \cdot l \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1,47 \cdot 15 \\ &= 11,025 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

Checking :

$$R_A + R_B - (q \cdot l) = 0$$

$$11,025 + 11,025 - (1,47 \cdot 15) = 0 \dots\dots\dots \text{Ok !!}$$

Kesimpulan 2

Beban permanent rel + bantalan + H_{50} bentang 15 meter ditumpu oleh 2 tumpuan menghasilkan reaksi maksimal di A dan B

$$\text{Dimana : } R_A = R_B = A_p = 11,025 \text{ ton.m}$$

Rekapitulasi :

$$A_p = 11,025 \text{ ton.m}$$

$$A_{maks} = 79,8 \text{ ton}$$

$$\text{Kefisien kejut} \quad \varphi = 1,2 + \frac{25}{(\ell + 50)}$$

$$\varphi = 1,2 + \frac{25}{(15 + 50)} = 1,58$$

$$A_{ms} = 79,8 \text{ ton} \times 1,58 = 126,084 \text{ ton}$$

$$A(p + m) = 11,025 \text{ ton} + 79,8 = 90,825 \text{ ton}$$

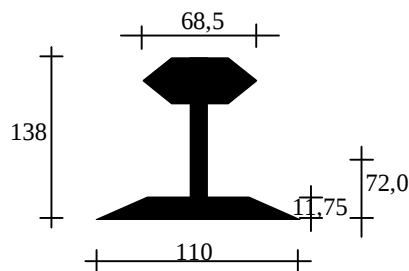
$$A(p + ms) = 11,025 + 126,084 = 137,11 \text{ ton}$$

Evaluasi Gelagar Memanjang

Pada gelagar memanjang digunakan 4 H₅₀ dengan panjang 15 meter ditumpu oleh dua tumpuan, disini akan diulas apakah 4 H₅₀ dan rail bendel mampu menahan beban

Mencari Ix gabungan profil

Dimensi Geometri rel 42



Ix gabungan bendel 3 buah



Dipergunakan rel R42

Dimensi besaran rel

$$A = 54,26 \text{ cm}^2$$

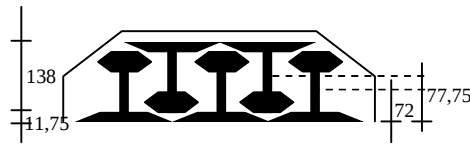
$$Y_b = 68,5 \text{ mm}$$

$$I_x = 1.369,0 \text{ cm}^4$$

$$Y_c = \frac{2 \cdot A_1 \cdot Y_1 + A_2 \cdot Y_2}{A_{total}} = \frac{2 \times (54,26 \times 7,2) + (54,26 \times 7,775)}{3 \times 54,26} = 7,38 \text{ cm}$$

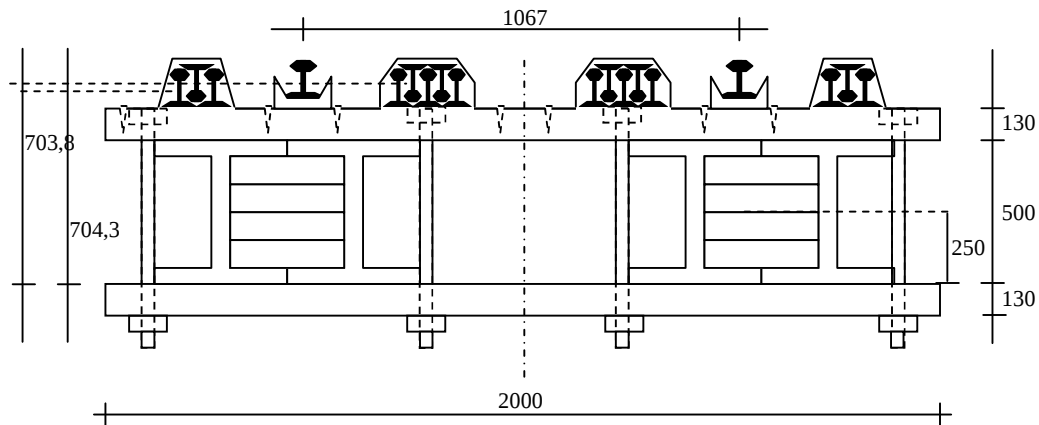
$$\begin{aligned} I_x \text{ gabungan} &= 2(I_{x_1} + A_1 \times (Y_1 - Y_c)^2) + (I_{x_2} + A_2 \times (Y_2 - Y_c)^2) \\ &= 2(1369,0 + 54,26 \times (7,2 - 7,38)^2) + (1369,0 + 54,26 \times (7,775 - 7,38)^2) \\ &= 2741,52 + 1377,47 \\ &= 4118,99 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Ix gabungan bendel 5 buah



$$Y_c = \frac{3 \cdot A_1 \cdot Y_1 + 2 \cdot A_2 \cdot Y_2}{A_{total}} = \frac{3 \times (54,26 \times 7,2) + 2(54,26 \times 7,775)}{5 \times 54,26} = 7,43 \text{ cm}$$

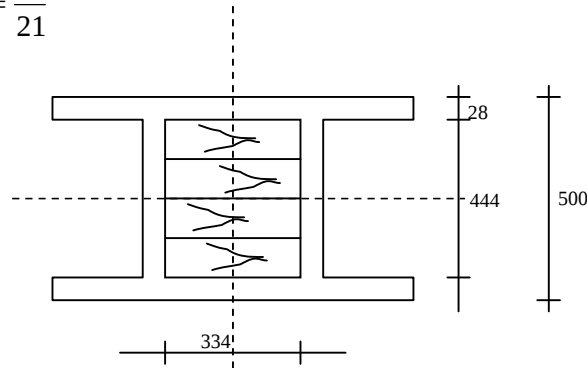
$$\begin{aligned} I_x \text{ gabungan} &= 3(I_{x_1} + A_1 \times (Y_1 - Y_c)^2) + 2(I_{x_2} + A_2 \times (Y_2 - Y_c)^2) \\ &= 3(1369,0 + 54,26 \times (7,2 - 7,43)^2) + 2(1369,0 + 54,26 \times (7,775 - 7,43)^2) \\ &= 4115,61 + 2750,92 \\ &= 6866,53 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$



Modulus elastis kayu = $E_k = 1 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$

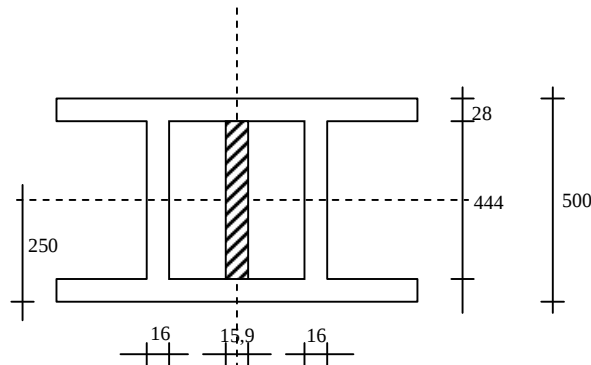
Modulus elastis baja = $E_{bj} = 21 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$

$$n = \frac{E_k}{E_{bj}} = \frac{1}{21}$$



$$A_{\text{kayu}} = 33,4 \times 44,4 = 1482,96 \text{ cm}^2$$

$$B_{\text{konversi kayu ke baja}} = \frac{1}{21} \times 334 = 15,9047$$



$$Y_c = \frac{2 \cdot A_1 \cdot Y_1 + A_2 \cdot Y_2}{2A_1 + A_2} = \frac{2 \times (276,04 \times 25) + (1482 \times 25)}{(2 \times 276,04) + 1482} = 25 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} I_x \text{ gabungan} &= 2 \left(I_{x_1} + A_1 \times (Y_1 - Y_c)^2 \right) + n \left(\frac{1}{12} b \times h^3 + A_2 \times (Y_2 - Y_c)^2 \right) \\ &= 241924 + 11600,98 \\ &= 253524,98 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Maka untuk komposit :

$$\begin{aligned} Y_c \text{ tot} &= \frac{2.A_1.Y_1 + 2A_2.Y_2 + 2A_3.Y_3}{2A_1 + 2A_2 + 2A_3} \\ &= \frac{2 \times (162,78 \times 7,38) + 2(271,3 \times 7,43) + 2 \times (604,7 \times 25)}{325,56 + 542,6 + 1209,4} \\ &= \frac{2402,63 + 4031,52 + 30235}{2077,56} \\ &= 17,65 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_x \text{ gab tot} &= 2(I_{x_1} + A_1 \times (Y_1 - Y_c)^2) + 2(I_{x_2} + A_2 \times (Y_2 - Y_c)^2) + \\ &\quad 2(I_{x_3} + A_3 \times (Y_3 - Y_c)^2) \\ &= 2(4118,99 + 162,78 \times (7,38 - 17,65)^2) + 2(6866,53 + 271,3 \times (7,43 - 17,65)^2) \\ &\quad + 2(253524,48 + 604,7 \times (25 - 17,65)^2) \\ &= 42575,74 + 70406,76 + 572383,77 \\ &= 685366,27 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

1. Terhadap tegangan lentur:

$$\sigma = \frac{M.Y_c}{I_x} \leq \sigma_b = 1,4 \text{ ton} / \text{cm}^2$$

Momen dengan kejut

$$M (p + ms) = 48.960 \text{ t.cm}$$

$$\sigma = \frac{48.960 \times 17,65 \text{ ton.cm}}{685366,27 \text{ cm}^3} = 1,261 \dots \text{ton} / \text{cm}^2 < \sigma_b = 1,4 \text{ ton/cm}^2$$

$$\text{Kuat dengan SF} = \frac{1,4}{1,261} = 1,110 \dots \dots \dots \text{Aman.!!}$$

2. Terhadap lendut:

$$f = \frac{5.M.I^2}{48.E.I} \leq \bar{f} = \frac{1}{600} \cdot 1 = \frac{1}{600} \cdot 1500 = 2,5 \text{ cm}'$$

Momen tanpa kejut

$$M (p + m) = 30.600 \text{ ton.cm'}$$

$$f = \frac{5 \times 30.600 \text{ ton.cm'} \times (1500 \text{ cm})^2}{48 \times 2100 \times 685366,27 \text{ cm}^4}$$

$$= 1,032 \text{ cm' } \leq \bar{f} = 2,5 \text{ cm'}$$

$$\text{Kuat dengan SF} = \frac{2,5}{1,032} = 2,42 \dots\dots\dots \text{Aman.!!}$$

3. Terhadap tegangan geser:

$$\tau = \frac{D.S}{b.l} \leq \bar{\tau} \cdot 0,6 \times \bar{\sigma} b = 0,6 \times 1,3 \text{ t} / \text{cm}^2 = 0,78 \text{ ton} / \text{cm}^2$$

D = bidang gaya lintang *(tanpa kejut)

$$A (p + m) = 90,825 \text{ ton} \dots\dots (D)$$

$$S = 17,65 \times 2077,56$$

$$= 36668,93 \text{ cm}^2$$

$$\tau = \frac{90,825 \text{ ton} \times 36668,93 \text{ cm}^3}{9,58 \text{ cm' } \times 685366,27 \text{ cm}^4} = 0,507 \text{ ton} / \text{cm}^2 \leq \bar{\tau} = 0,78 \text{ ton} / \text{cm}^2$$

$$\text{Kuat dengan SF} = \frac{0,78}{0,507} = 1,54 \dots\dots\dots \text{Aman.!!}$$