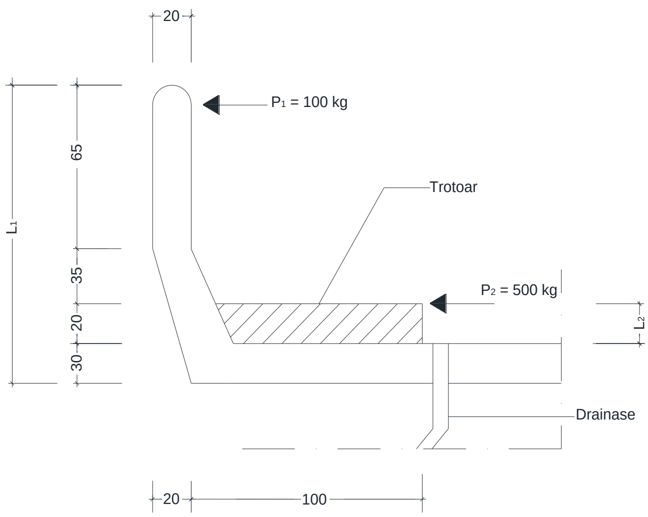
BAB III

PERHITUNGAN KONSTRUKSI BANGUNAN ATAS

3.1 Perhitungan Trotoar

3.1.1 Perhitungan Sandaran

a. Muatan yang diperhitungkan



Gambar 3.1 Penampang Melintang Tiang Sandaran

- Muatan horisontal pada sandaran P_1 = 100 kg, diperhitungkan pada ketinggian 100 cm di atas lantai trotoar.
- Muatan horisontal pada kerb (perhitungan pada tepi jalan) P_2 = 500 kg, yang bekerja pada ujung kerb.

b. Momen yang terjadi pada ujung sandaran :

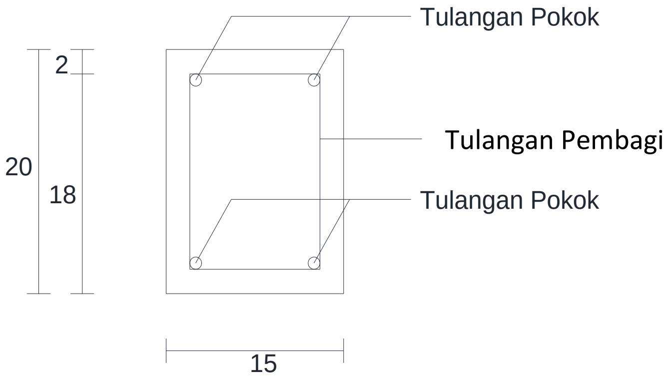
$M = P_1 . L_1 + P_2 . L_2$

$= 100. 120 + 500. 20$

$= 22000$ kgcm

$= 2,2 \times 10^6$ Nmm

Tiang sandaran direncanakan dengan ukuran 15/20



Gambar 3.2 Penulangan Tiang Sandaran

Dengan ketentuan sebagai berikut :

Mutu beton : fc' = 40 Mpa

fy = 400 Mpa

ht = 20 cm (tinggi total)

b = 15 cm

d = 4 cm

∅ Tul. Utama = 10 mm

∅ Tul. Pembagi = 8 mm

h = ht – d – ½ ∅ Tul. Utama - ∅ Tul. Pembagi

= 20 – 4 – ½.1,0 – 0,8

= 14,7 cm

Maka :

$$k = \frac{M}{\phi.b.h^2} = \frac{2,2(10)^6}{0,8.150.(147)^2} = 1,041 \quad MPa$$

Perhitungan Tulangan Sandaran

- **Tulangan Pokok**

  Dari tabel A-31 didapat p = 0,0035

  As = p.b. hx10^6

  = 0,0035 . 0,15 . 0,147x10^6

  Maka digunakan tulangan 4Ø 10 (As = 157,0 mm^2)

- **Tulangan Pembagi**

  Untuk perhitungan tulangan Pembagi (geser) dalam

  SK SNI T-15-1991-03 :

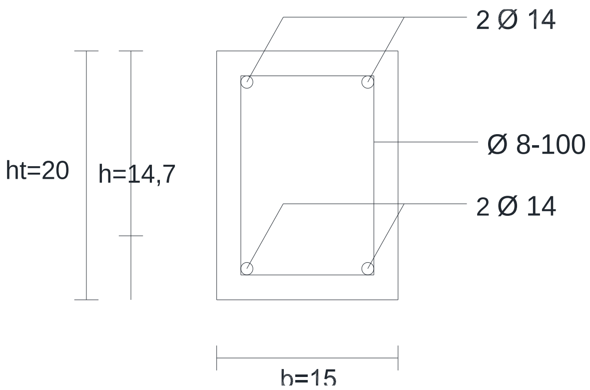
  Ø 8 = 50 mm^2

  Ø 10 = 79 mm^2

  Ø 12 = 113 mm^2

  As = $\frac{AV.3Fy}{b.} = \frac{50.3.400}{150} = 400 \quad mm^2$

  Maka dipakai tulangan Ø8-100 (As = 502,7 mm^2)



3.1.2 Perhitungan Plat Lantai Trotoar

Beban ditinjau selebar 1 meter.

a. Muatan mati pada trotoar

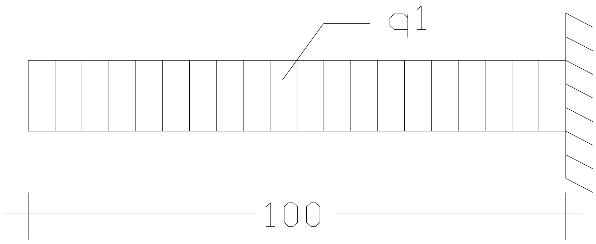
- Berat sendiri lantai = 0,20 . 1 .2400 = 480 kg/m
- Berat air hujan = 0,10 . 1. 1000 = 100 kg/m +

$\sum q_1$ = 580 kg/m

$Mq_1 = ½ . q_1 . L^2$

$= ½ . 580. 1^2$

= 290 kgm



b. Muatan terpusat

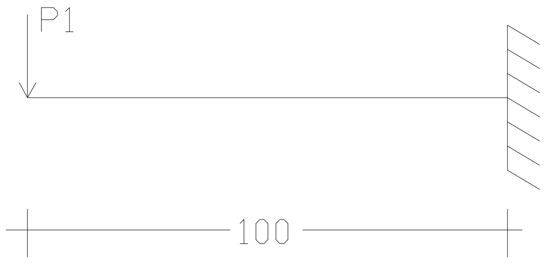
- Berat sendiri tiang sandaran= 0,15 . 0,20 . 1,20 . 2400 = 86,4 kg
- Berat pipa galvanis (diperkirakan) = 100 kg +

$\sum P_1$ = 186,4 kg

$Mp_1 = P_1. L$

= 186,4 . 1

= 186,4 kgm

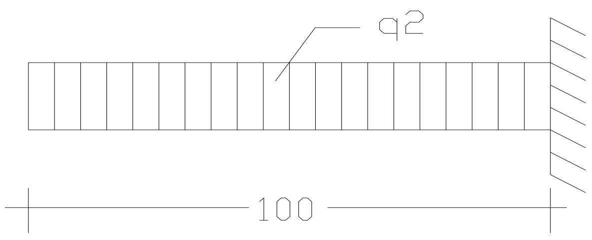


c. Muatan hidup

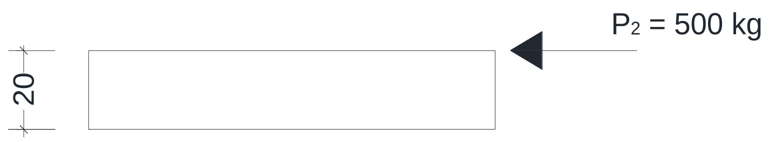
q_2 = 500 kg/m (beban hidup) diambil dari PPPJJR 1987. Hal. 10

Mq_2 = ½ . q_2 . L^2

= 250 gm



d. Akibat muatan horisontal pada puncak kerb



P_2 = 500 kg

Mp_2 = P_2 . h

= 500 0,2

= 100 kgm

e. M_{total} yang terjadi

M_{tot} = $M_{q1} + M_{p1} + M_{q2} + M_{p2}$

M_{tot} = 290 + 186,4 + 250 + 100

= 826,4 kgm = 82640 kgcm

f. Mencari gaya lintang

D = $(q_1 + q_2)$ L + P_1

= (580 + 500) 1 + 186,4

= 1266,4 kg

- **Perhitungan Tulangan Plat**

Direncanakan tebal plat trotoar :

(h_t)	= 20 cm
b	= 100 cm
d	= 4 cm
∅ tul. Utama	= 1,2 cm
∅ tul. Pembagi	= 0,8 cm

h = ht - d - ½ ∅ tul. Utama - ∅ tul. Pembagi

= 20 – 4 – ½ . 1,2 – 0,8

= 14,6 cm

Maka :

$$k = \frac{M}{\phi . b . h^2} = \frac{8{,}264(10)^6}{0{,}8.100.(146)^2} = 4{,}846 \quad MPa$$

- **Tulangan Pokok**

Dari tabel A-31 didapat p = 0,0131

As = p.b.h.10^6

= 0,01313. 1. 0,146x10^6

= 1912,6 mm^2

- **Tulangan Pembagi**

Untuk perhitungan tulangan pembagi (geser) dalam

SK SNI T-15-1991-03 :

D 8 = 50 mm^2

D 10 =79 mm^2

D 12 =113 mm^2

$$As = \frac{AV.3Fy}{b.} = \frac{50.3.400}{100} = 600 \quad mm^2$$

Maka dipakai tulangan Ø 10-100 (As = 1005,3 mm^2)

3.2 Perhitungan Plat Lantai Jembatan

3.2.1 Data Teknis

- Tebal plat lantai (h_t) = 30 cm
- Tebal perkerasan (rata-rata) = 5 cm
- Jarak gelagar memanjang = 175 cm
- Kelas jalan = 1 (satu)
- Bentang jembatan = 2 x 50 m
- Lebar total jembatan = 9 m

3.2.2 Perhitungan Beban

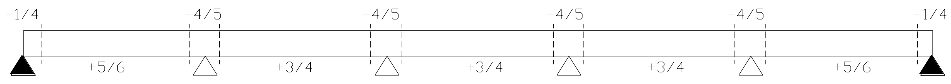
a. Beban Mati

- Berat sendiri lantai = 0,3. 1. 2400 = 720 kg/m
- Berat perkerasan aspal = 0,05. 1. 2400 = 120 kg/m
- Berat air hujan = 0,1. 1. 1000 = 100 kg/m +

q = 940 kg/m

b. Mencari Momen

Berdasarkan ikhtisar momen-momen gaya melintang menurut ps 13.2 PBBI 1971 : Halaman 200)



- Momen Lapangan (M^+) = 1/12 . Mo

= 1/12 . 1/10 . q. L^2

= 1/12. 1/10. 940. $1,75^2$

= 23,98 kgm

- Momen tumpuan (M^-) = 1/12. Mo

= 1/12. 1/14. Q. L^2

= 1/12. 1/14/ 940. 1.75^2

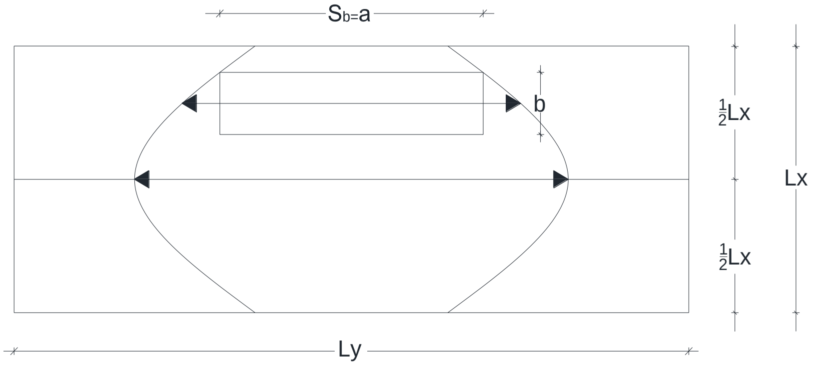
= 17,14 kgm

c. Beban Hidup

Plat lantai jembatan dianggap bertumpuan jepit pada arah Lx, sehingga untuk menghitung tulangan dipakai M_{1x} sebagai tulangan pokok dan pada arah M_{1y} sebagai tulangan bagi.

d. Lebar Plat Lantai

Lebar kerja maksimal ditengah-tengah bentang Lx ditentukan oleh rumus sebagai berikut :



Gambar 3.3 Pelat Menumpu pada 2 Tepi Sejajar yang Memikul Beban Terpusat

Gambar plat yang menumpu pada 2 tepi sejajar yang memikul beban terpusat r = 1/2 untuk plat yang terjepit penuh pada kedua tumpuannya.

Untuk Ly > 3r. Lx

Sa = ¾ . a + ¾ . r. Lx

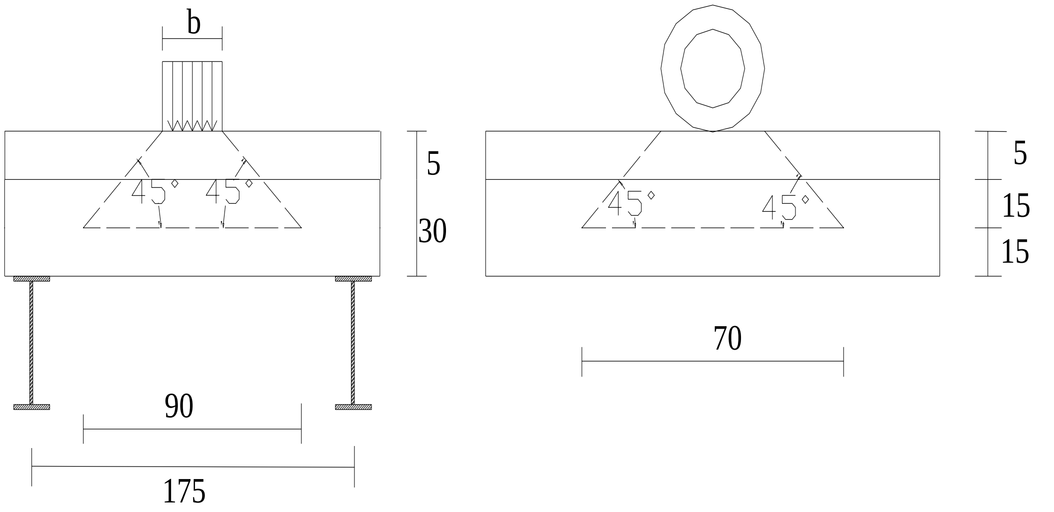
Sesuai PPPJJR ha1987 persamaan 1.2 (2.3) maka ditentukan :

a = 30 cm

b = 50 cm

Sa = ¾ .30 + ¾ . ½ . 175

= 88,125 cm



Gambar 3.4 Penyaluran Beban Oleh Roda

Keadaan I (As Roda Belakang)

P = ½ . tekanan as gandar

= ½ .30 ton

= 15 ton

a = 30 cm

b = 50 cm

a' = a+2(1/tg 45. 30)

= 30+60

a' = lebar penyaluran beban padaarah panjang ban dengan sudut 45°

b' = b+2.(1/tg 45.30)

= 50+60

= 110 cm

B = lebar penyaluran beban pada arah lebar ban pada plat lantai kerja

b' = lebar penyaluran beban pada arah ban dengan sudut 45°

$B \ = \sqrt{(a'+L)^2 + b'^2}$

$= \sqrt{(0,9 + 1,75)^2 + 1,1^2}$

= 2,869 m

$q \ = \dfrac{P}{a'.B} = \dfrac{15}{0,9.2,869} = 5,80 \text{ t/m}^2$

M = 1/2 .q . a'(1/2 . L - 1/4 .a')

= 1/2 . 5,80. 0,9(1/2 . 1,75 - 1/4 . 0,9)

= 1,697 tm

M^+ = Momen lapangan

= 1/12. M

= 1/12 . 1,697

= 0,1414 m

= 141,4 kgm

M^- = Momen tumpuan

= 1/12 . M

= 1/12 . 1,697

= 0,1414 tm

= 141,4 kgm

Keadaan II (As Roda Depan)

P = 1/4 . tekanan as garden

= 1/4 . 30 = 7,5 ton

a = 30 cm

b = 12,5 cm

L = 175 cm

a' = a + 2(1/tg 45 . 30)

= 30 + 60

= 90 cm

b' = b + 2(1/tg 45 . 30)

= 12,5 + 60

= 72,5 cm

B = $\sqrt{(a'+L)^2 + b'^2}$

= $\sqrt{(0{,}9 + 1{,}75)^2 + 0{,}725^2}$

= 2,75 m

q $= \dfrac{P}{a'.B} = \dfrac{7{,}5}{0{,}9.2{,}75} = 3{,}03 \;\; \text{t/m}^2$

M = 1/2 . q . a' . (1/2 . L - 1/4 . a’)

= 1/2 .3,03. 0,9 . (1/2 . 1,75 - 1/4 . 0,9)

= 0,886 tm

M^+ = Momen lapangan

= 1/12 . M

= 1/12 . 0,886

= 0,0738 tm

= 73,8 kgm

M^- = Momen tumpuan

= 1/12 . M

= 1/12 . 0,886

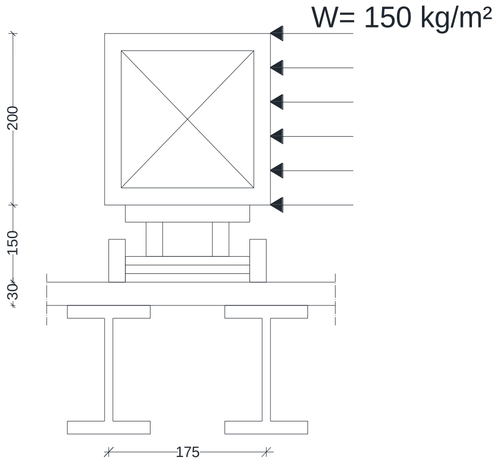
= 0,0738 tm

= 73,8 kgm

M^+ Hidup Total = M^+ (Keadaan I) + M^+(Keadaan II) = 215,2 kg.m

M^- Hidup Total = M^- (Keadaan I) + M^-(Keadaan II) = 215,2 kg.m

e. Akibat beban sementara



Gambar 3.5 Pembebanan Sementara pada Kendaraan

Keadaan I (As Roda Belakang)

H = W. (2.9)

= 150.(2.9)

= 2700 kg

H.h = P.x

$$P = \frac{H.h}{x} = \frac{2700.2,70}{1,75} = 4165,7 \quad kg$$

M = ¼. P.L

= ¼. 4165,7 . 1,75

= 1822,49 kgm

M^+ = 1/12 . M

= 1/12. 1822,49

= 151,87 kgm

M^- = 1/12. M

= 1/12 . 1822,49

= 151,87 kgm

Rekap momen total plat lantai :

M^+ (Momen Lapangan)

Muatan lantai	=23,98 kgm
Muatan hidup	=215,2 kgm
Muatan sementara	=152,87 kgm
M^+total	=392,05 kgm

Tabel 3.1 Rekap Momen Lapangan

M^- (Momen Tumpuan)

Muatan lantai	=17,14 kgm
Muatan hidup	=215,2 kgm
Muatan sementara	=152,87 kgm
M^-total	=385,21 kgm

Tabel 3.2 Rekap Momen Tumpuan

3.2.3 PERHITUNGAN TULANGAN PLAT LANTAI

a. Penualangan Lapangan

Tebal plat lantai 30 cm.

M^+ = 392,05 kgm = 3,9205 x 10^6 Nmm

h_t = 30 cm

b = 100 cm

∅ tul. Utama = 1,6cm

∅ tul. Pembagi = 0,8 cm

h = ht – d – ½ ∅ tul. Utama - ∅ tul. Pembagi

= 30 – 4 – ½ x 1,6 – 0.8 = 24,4 cm

Maka :

$$k = \frac{M}{\phi.b.h^2} = \frac{3{,}9205(10)^6}{0{,}8.1000.(244)^2} = 0{,}82 \quad MPa$$

- **Tulangan Pokok**

Dari tabel a-31 didapat p = 0,0035

As = p. b. hx10^6

= 0,0035. 1,0 . 24,4x10^6

= 854 mm^2

Maka dipakai tulangan D16 – 100 (As = 1005,3 mm^2)

- **Tulangan Pembagi**

Untuk perhitungan tulangan pembagi (geser) menurut

SK SNI T-15-1991-03 :

Ø 8 = 50 mm^2

Ø 10 = 79 mm^2

Ø 12 = 113 mm^2

$$As = \frac{AV.3Fy}{b.} = \frac{50.3.400}{100} = 600 \quad mm^2$$

Maka dipakai tulangan Ø 10-100 (As = 1005,3 mm^2)

b. Penulangan Tumpuan

M^- = 385,21 kgm = 3,8521x10^6

h = 24,4 cm

k $= \dfrac{M}{\phi.b.h^2} = \dfrac{3{,}8521(10)^6}{0{,}8.1000.(244)^2} = 0{,}81 \quad MPa$

- **Tulangan Pokok**

  Dari tabel A-31 didapat p = 0,0035

  As = p. b. Hx10^6

  = 0,0035. 1,0 . 0,244x10^6

  = 854 mm^2

  Maka dipakai tulangan D16-100 (As = 1005,3 mm^2)

- **Tulangan Pembagi**

  untuk perhitungan tulangan pembagi (geser) berdasrkan

  SK SNI T-15-1991-03 :

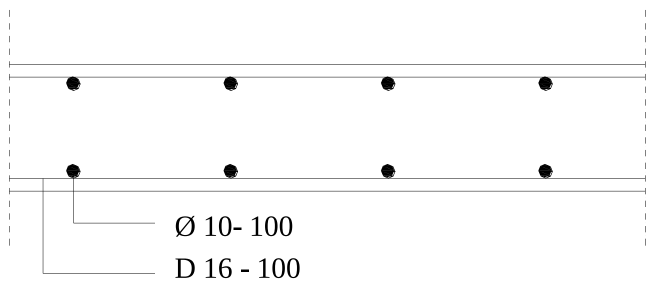
  D 8 = 50 mm^2

  D 10 =79 mm^2

  D 12 =113 mm^2

  As $= \dfrac{AV.3Fy}{b.} = \dfrac{50.3.400}{100} = 600 \quad mm^2$

  Maka dipakai tulangan Ø 10-100 (As = 1005,3 mm^2)



Gambar 3.6 Penulangan Plat Lantai

3.3 Perhitungan Gelagar Memanjang

3.3.1 Perhitungan Gelagar Memanjang

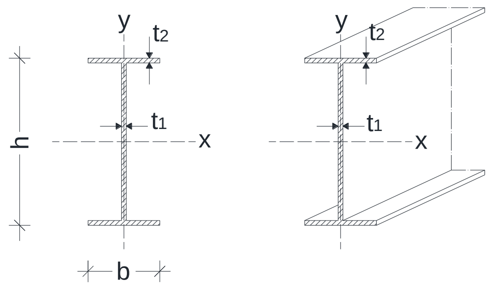
Syarat-syarat yang digunakan dalam perhitungan disesuaikam dengan syarat dari Direktorat Jendral Bina Marga, yaitu :

1. Lebar minimum sayap atas adalah 15 cm dan lebarnya tersebut sekaligus cukup untuk menempatkan penghalang gelagar.
2. Tebal minimum sayap tidak boleh kurang dari 10 mm.
3. Sambungan baja harus direncanakan untuk momen lentur dan juga geser pada titik sambungan.

a. Dimensi Gelagar Memanjang

Data profil IWF 700 x 300

- q = 185 kg/m	- t_1 = 13 mm
- t_2 = 24 mm	- h = 700 mm
- b = 300 mm	- r = 28 mm
- F = 235,5 cm^2	- Wx = 5760 cm^3
- Iy = 10800 cm^4	- Ix = 201000 cm^4
- ix = 29,3 cm	- iy = 6,78 cm



Gambar 3.7 Profil IWF 700 x 300

Bentang jembatan antar pilar = 25 m.

Lx = L – 2(0,3)

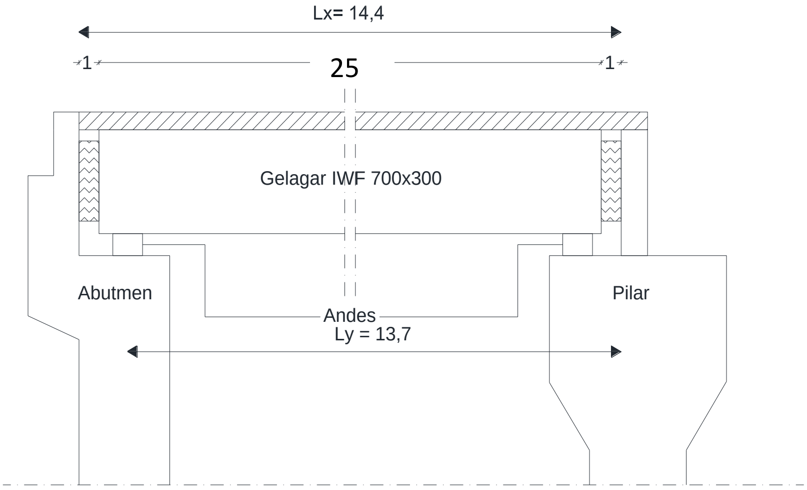
= 25 – 0,6

= 24,4 m

Lt = Lx – (L Perletakan + 20cm)

= 24,4 – (0,5+0,2)

= 23,7 m



Gambar 3.8Sketsa Potongan Jembatan

Tinjauan terhadap Penampang *Composite*

Lebar efektif dari lantai beton (*composite*)

¼ . Lt = ¼ . 23,7 m

= 5,925 m

Jarak gelagar = 1,75 m

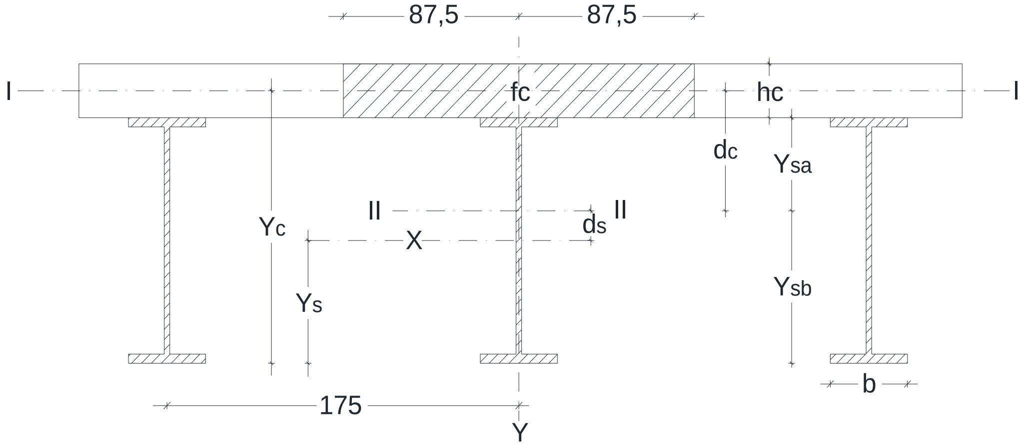
Modulus ration (n) $= \frac{E_s}{E_c} = \frac{2,1.10^6}{0,2.10^6} = 10,5$

(Es : modulus elastisitas baja PPBBBI 1984 ; Ec : modulus tekan beton SK SNI T-15-1991-03)

Luas beton (Fc) $= 175.\ 25$

$= 4375\ cm^2$

Luas pengganti **(**Fc') $= \dfrac{F_c}{n} = \dfrac{4375}{10,5} = 416,67\ cm^2$



b. Jarak Garis Netral Balok *Composite*

Gambar

BAHAN	F (cm^2)	y (cm)	F.y (cm^3)
Gelagar (s)	235,50	35	8242,5
Beton (c)	416,67	85	42500
Total	$\sum F = 735,5$	$\sum y = 120$	$\sum F.y = 50742,5$

Ysb $= \dfrac{\sum F.y}{\sum F} = \dfrac{50742,5}{735,5} = 68,99$ cm

Ysa = hs – Ysb = 70 – 68,99 = 1,01 cm

dc = yc - ysb

= 85 – 68,99

= 16,01 cm

ds $= ysb - ys$

$= 68{,}99 - 35$

$= 33{,}99$ cm

Yc $= dc + ½ . hc = 16{,}01 + (1/2 . 30) = 31{,}01$ cm

Momen Inersia

$Ix_{total} = Ix + Fs. (ds)^2 + Ixc + Fc. (dc)^2$

$= 201000 + 235{,}5. (33{,}99)^2 + 1/12 . 175. (30)^3 + 416{,}67 . (16{,}01)^2$

$= 994987{,}93\ cm^4$

3.3.2 Muatan Gelagar Memanjang

Berdasarkan peraturan muatan jembatan jalan raya no.12 1970 dari Bina Marga ditentukan untuk L>60 m, maka didapatkan :

- q = 1,98 t/m
- P (Muatan garis) = 37,5 t/m
- Tiap jalur = 2,75 m
- Koefisien kejut (K) $= 1 + \frac{20}{50 + L}$

  $= 1 + \frac{20}{50 + 25} = 1{,}3$

a. Pembebanan

- Akibat Beban Mati (*Dead Load*)
  - Trotoar + Perlengkapan = (0,2. 1. 2400) + 100 = 580 kg/m
  - Plat lantai = 0,3. 1,75. 2400 = 1260 kg/m
  - Perkerasan = 0,05. 1,75. 2200 = 192,5 kg/m
  - Berat sendiri girder = 140% x 210 = 294 kg/m+

  q = 2326,5 kg/m

keterangan : pada girder diambil 140% telah termasuk berat angkur sambungan dan diafragma.

- Akibat Beban Hidup (*Life Load*)

Beban jalur per gelagar

Koefisien kejut (K) = 1,3

P $= 1{,}3 \times \frac{1{,}75}{2{,}75} \times 37{,}5 = 31{,}02$ t/m (Beban garis)

Q $= 1{,}3 \times \frac{1{,}75}{2{,}75} \times 1{,}98 = 1{,}63$ t/m (Beban jalur)

M pre *composite* $= \frac{1}{8} \times Q \times (Lt)^2$

$= \frac{1}{8} \times 1{,}63 \times (23{,}7)^2$

= 114,444 tm = 11444400 kg cm

M past *composite* $= \left(\frac{1}{4} \times P \times Lt\right) + \left(\frac{1}{8} \times q \times (Lt)^2\right)$

$= \left(\frac{1}{4} \times 31{,}02 \times 23{,}7\right) + \left(\frac{1}{8} \times 1{,}63 \times (23{,}7)^2\right)$

= 293,530 tm = 29353000 kg cm

b. Tegangan yang timbul

- Sebelum *composite*

$\sigma sa = \sigma sb = \frac{Mpre}{Wx}$

$= \frac{11444400}{5760} = 1986{,}875$ kg / cm^2

- Sesudah *composite*

$$\sigma sa = \frac{Mpast}{Itot} \times ysa$$

$$= \frac{29353000}{994987,93} \times 1,01 = 29,795 \text{ kg / cm}^2$$

$$\sigma sb = \frac{Mpast}{Itot} \times ysb$$

$$= \frac{29353000}{994987,93} \times 68,99 = 2035,205 \text{ kg / cm}^2$$

- Tegangan Total

- σsa = 1986,875 kg / cm^2 + 29,795 kg / cm^2 = 1965,67 kg / cm^2
- σsb = 1986,875 kg / cm^2 + 2035,205kg / cm^2 = 4022,085 kg / cm
- $\sigma total = \sqrt{(\sigma sa)^2 + (\sigma sb)^2}$

$$= \sqrt{(1965,67)^2 + (4022,085)^2} = 4476,715 \text{ kg/cm}^2$$

α total < α

4476,715kg/cm^2< 16660 kg/cm^2

Jadi profil IWF 700 x 300 cukup kuat dan aman digunakan.

c. Kontrol Lendutan

- Akibat Beban Mati

$$F1 = \frac{5 \times Mpast \times Lt^2}{48 \times Es \times Itot}$$

$$= \frac{5 \times 29353000 \times 2370^2}{48 \times 2,1 \times 10^6 \times 994987,93} = 0,82 \text{ cm}$$

$$F2 = \frac{5 \times Mpre \times Lt^2}{48 \times Es \times Itot}$$

$$= \frac{5 \times 11444400 \times 2370^2}{48 \times 2{,}1 \times 10^6 \times 994987{,}93} = 0{,}32 \text{ cm}$$

Ftot = F1+F2 = 0,82 + 0,32 = 1,14cm

F ijin = $\frac{1 \times 2370}{700}$ = 3,3 cm

Control: F tot < F ijin

1,14 cm <3,3 cm (aman)

d. Kontrol terhadap muatan sementara

Beban angin Wt = 150 kg/m

- Beban angin pada bidang vertical jembatan

q 1 = 30% x2,7x150 = 121,5 kg/m

- Pengaruh angin pada bidang muatan hidup

q 2 = wt x 1,00 = 150x1,00 = 150 kg/m

q tot = q 1 + q 2 = 121,5+150 = 271,5 kg/m

My $= \frac{1}{8} \times q \times l^2$

$= \frac{1}{8} \times 271{,}5 \times 23{,}7^2$ = 19062,979 kgm

Wy = Profil = Wc

$= \frac{Itot}{Ysb} = \frac{994987{,}93}{68{,}99} = 14422{,}205 \text{ cm}^3$

Wx =Profil = Wbc

$= \frac{Itot}{Ysa} = \frac{994987{,}93}{1{,}01} = 985136{,}56 \text{ cm}^3$

Muatan angin ditahan bersama-sama oleh 5 gelagar

$$\sigma 1 profil = \frac{My}{5 \times Wx}$$

$$= \frac{19062{,}979}{5 \times 985136{,}56} = 0{,}00387 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma 2 profil = \frac{My}{5 \times Wy}$$

$$= \frac{19062{,}979}{5 \times 14422{,}205} = 0{,}264 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma 1 + \sigma 2 = 0{,}00567 + 0{,}387 = 0{,}3933 \text{ kg/cm}^2$$

e. Gaya rem tiap-tiap gelagar

1. Besarnya gaya rem adalah 5% dari muatan “D” yang bekerja setinggi 1,8 m (PPJJR tahun 1987 hal. 15) yang memenuhi semua jalur lalu lintas tanpa koefisien kejut.

   Qr $= 5\% \times \left(\frac{lebarper \ker asan}{koefisienkejut} \times q \times lt \right) + P$

   Qr $= 5\% \times \left(\frac{7}{1{,}2} \times 1630 \times 23{,}7 \right) + 2982 = 14249{,}37$ kg

2. Gaya rem tiap gelagar

   P $= \frac{1}{5} \times Qr = \frac{1}{5} \times 14249{,}37 = 2849{,}87$ kg

   M rem = P x Y

   = 2849,87 x 70

   = 199491,2 kg cm

$$\sigma besi = \frac{Mrem}{Wbc} + \frac{P}{\sum F}$$

$$= \frac{199491,2}{985136,56} + \frac{2849,87}{735,5} = 4,077 \text{kg/cm}^2$$

$$\sigma beton = \frac{Mrem}{Wc} + \frac{P}{\sum F}$$

$$= \frac{199491,2}{14422,205} + \frac{2849,87}{735,5} = 17,706 \text{ kg/cm}^2$$

Kontrol tegangan :

$$\sigma besi = sesudahkomposit + \sigma angin + \sigma rem$$

$= 4476,715 + 0,0163 + 4,077$

$= 4480,808$ kg/cm^2

αBesi < α

4480,808 kg/cm^2 < 16660 kg/cm^2 (aman)

Jadi tegangan yang diijinkan cukup aman untuk menahan tegangan yang timbul.

$$\sigma beton = \sigma 2\, profil + \sigma beton$$

$= 0,264 + 17,706$

$= 17,970$ kg/cm^2 < 75 kg/cm^2

Jadi IWF 700 x 300 dapat digunakan sebagai gelagar memanjang dan relatif cukup aman.

3.4 Perhitungan Pengaruh Geser

3.4.1 Rencana Penghubung Geser

- Penghubung geser harus direncanakan penempatannya sesuai dengan gaya geser maksimal, antara lantai beton dan balok baja yang terjadi karena macam-macam kombinasi.
- Penghubung geser harus direncanakan untuk mengatasi gaya geser dan menghindari terangkatnya lantai beton.
- Jarak maksimal antara penghubung geser tidak boleh lebih besar dari 3 x tebal plat beton atau maksimal 60 cm, dan minimal 10 cm.
- Gaya geser yang bekerja pada penghubung geser disesuaikan tempatnya serta dapat dihitung dengan rumus :

$$\tau = \frac{D.s}{Ix.d}$$

Dimana :

τ = tegangan geser (kg/cm^2)

D = gaya rintang maksimal di tempat tersebut (kg)

S = statis momen dari plat beton (cm^3)

Ix = momen inersia penampang gabungan (cm^4)

d = tebal badan profil

3.4.2 Perhitungan

a. Untuk penghubung geser direncanakan dengan stud Ø 20 mm,H = 100 mm

I_{tot} =994987,93 cm^4

q_{tot} = beban mati + beban hidup

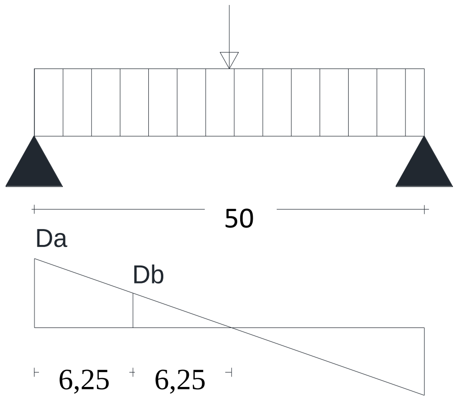
= 2326,5 + 1400

$= 3726{,}5$ kg/m

P $= 1008$ kg (beban garis)

$S_{tot} = \frac{1}{n} \times Fc \times dc$

$= \frac{1}{10{,}5} \times 4500 \times 16{,}01 = 6861{,}429\ cm^3$



Mencari D_{max} masing-masing bagian A

Da $= P + (\frac{1}{2} \cdot q_{tot} \times Lt)$

$= 1008 + (\frac{1}{2} \cdot 3726{,}5 \times 23{,}7)$

$= 45167{,}025$ kg

Db $= \frac{45167{,}025 X 15}{25}$

$= 27100{,}215$ kg

Jadi Dmax = Da = 45167,025 kg

Direncanakan menggunakan *shear connector* paku bulat dihubungkan dengan las listrik, sedangkan tinggi paku 10 cm dan diameter 2,2 cm.

b. Kekuatan *Shear connector*

$$\frac{H}{d} \angle 6{,}5$$

Berdasarkan peraturan untuk Merencanakan JembatanKontruksi Baja(VOSB-1903)Hal. 21

$$\frac{10}{2{,}2} \angle 6{,}5 \text{(ok)}$$

maka : qa $= 10 \times d \times h \times \sqrt{\sigma b}$

$=10 \times 2{,}2 \times 10 \times \sqrt{75}$

=1905,25 kg

c. Jarak *Shear connector* (s)

- $\tau gs =$ Tegangan geser (kg/cm^2)
- S = Jarak *shear connector* (cm)
- Ca = Jumlah *shear connector*
- Stot= Statis momen total (cm^3)
- Itot = Momen Inersia total (cm^4)

Untuk daerah "A"

Tegangan geser (τa) = $\dfrac{Stot}{Itot \times d} \times Da$

$$= \frac{6861{,}429}{994987{,}93 \times 2{,}2} \times 45167{,}025$$

= 141,57 kg/cm^2

Jarak *shear connector*

Sa = $\frac{qa}{\tau a} = \frac{1905,25}{141,57}$ = 13,458 cm diambil 15 cm

Jumlah *shear connector*

Ca = $\frac{\frac{1}{2} \times L}{Sa} = \frac{\frac{1}{2} \times 3000}{15}$ = 100 buah

Untuk daerah "B"

Tegangan geser (τb) = $\frac{Stot}{Itot \times d} \times Db$

$= \frac{6861,429}{994987,93 \times 2,2} \times 27100,215$

= 84,946kg/cm^2

Jarak *shear connector*

Sb = $\frac{qa}{\tau b} = \frac{1905,25}{84,946}$ = 22,42cm diambil 25 cm

Jumlah *shear connector*

Ca = $\frac{\frac{1}{2} \times L}{Sa} = \frac{\frac{1}{2} \times 3000}{25}$ = 60 buah

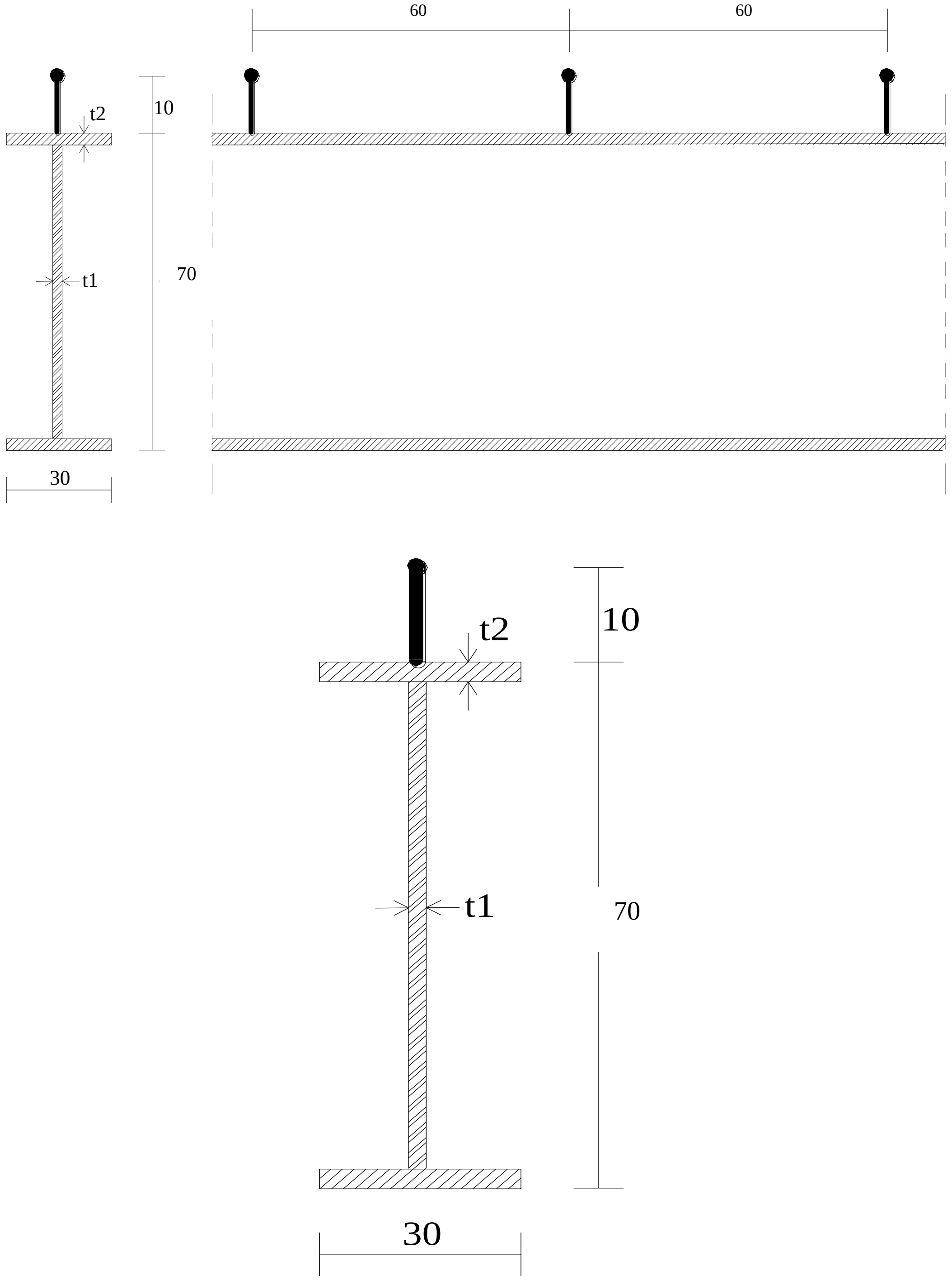
d. Gaya yang ditahan oleh *Shear Connector*

$$Da = \frac{Itot \times qa}{Stot \times Sa} > P$$

Untuk Sa = 10 cm

Da = $\frac{994987,93 \times 1905,25}{6861,429 \times 10} \rangle P$

= 27628,199 kg > 1008 kg (aman)



Gambar 3.9 Penghubung Geser

3.5 Perhitungan Diafragma (Perkakuan)

3.5.1 Dimensi Diafragma (Perkakuan)

Diafragma berfungsi sebagai perkakuan antara gelagar memanjang pada arah melintang. Gaya yang mempengaruhi :

- Berat sendiri profil
- Beban berguna
- 5 % dari beban D_{max}

a. Berat plat = 0,3. 2,0. 2,4 = 1,44 t/m

b. Berat perkerasan = 0,05. 2,0. 2,2 = 0,22 t/m

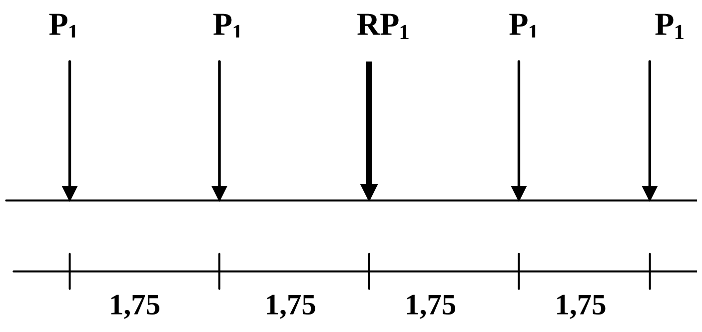
c. Berat diafragma = 0,2 t/m +

q_{total} = 1,86 t/m

$P_2 = q_{totsl} \cdot 1,75$

$= 1,86 \cdot 1,75$

$= 3,255$ ton = 3255 kg



P_1 = 5% . D_{max}

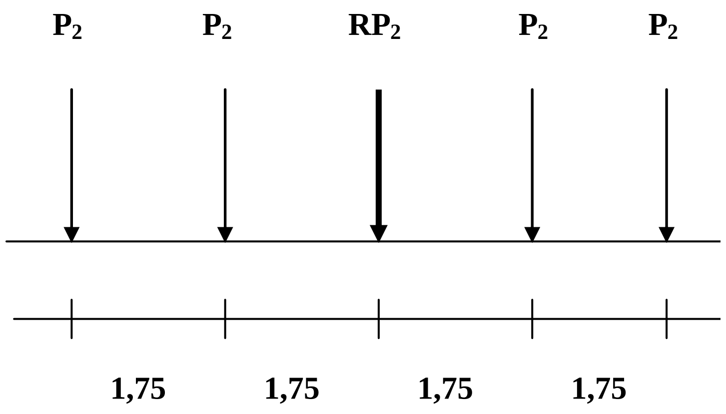
= 5% . 45167,025

= 2258,351 kg

$\sum P_1 = 5.P_1$

= 5 x 2710,03

= 13550,150 kg



P_2 = 3255 kg

$\sum P_2 = 5.P_2$

= 5 . 3255

= 16275 kg

q (berat profil IWF 300 x 300) = 94 kg/m

M_{max} = $\frac{1}{8}.q.L^2 + \frac{1}{4}.\sum P_1.L + \frac{1}{4}.\sum P_2.L$

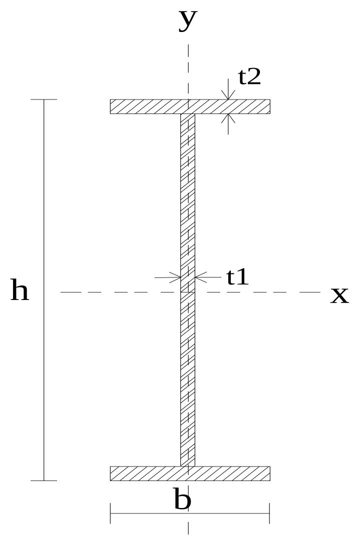
= 1/8 . 94. $(1,75)^2$ + 1/4 .13550,150. 1,75 + 1/4 . 16275 . 1,75

= 13084,487 kgm = 1308448,7 kg cm

$$W = \frac{M}{\sigma} = \frac{1308448{,}7}{1666} = 785{,}383\ cm^3$$

$W \leq W_{profil} \Rightarrow 785{,}383\ cm^3 \leq 1360\ cm^3$ (aman)

Jadi profil IWF 300 x 300 aman dipakai



Gambar 3.10 Profil IWF 300 x 300

- q = 94 kg/m	- t_1 = 10 mm
- t_2 = 15 mm	- h = 300 mm
- b = 300 mm	- r = 18 mm
- F = 119,8 cm^2	- Wx = 1360 cm^3
- Iy = 6750 cm^4	- Ix = 20400 cm^4
- iy = 7,51 cm	- ix = 13,1 cm

3.5.2 Sambungan Gelagar memanjang dengan Diafragma

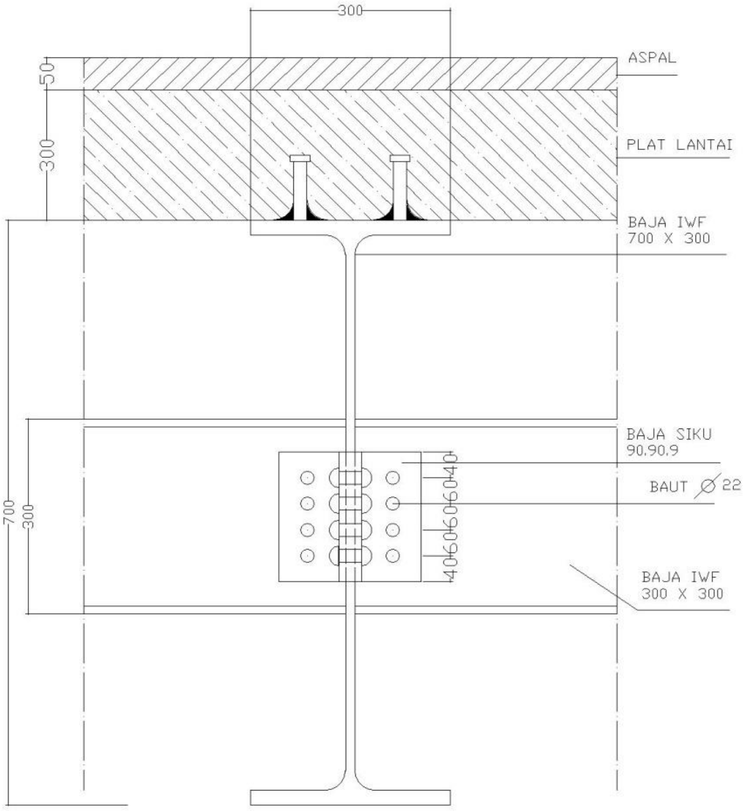
1. Sambungan antara Baja siku dengan Diafragma

Jarak diafragma = 2,0 m

Diameter buat = 22 mm

S_1 = (1,5 - 2) d = 33 mm ~ 44 mm ⇒ diambil 40 mm

U = (2,5- 7) d = 55 mm ~ 154 mm ⇒ diambil 60 mm



Gambar 3.11Sambungan antara Baja Siku dengan Diafragma

$$R1 = (\frac{1}{2}.q.L) + (\frac{1}{2}.(P_1 + P_2))$$

= (1/2 . 94 . 1,75) + (1/2 . (2258,351 + 3255))

= 2838,925 kg

e = ½ . tebal profil IWF 700 x 300 + eksentrisitas L 90.90.9

$= (\frac{1}{2}.1{,}3) + 5 = 5{,}65$ cm

M = R1 . e = 2838,925 .5,65

= 16039,929 kgcm

$$K_H = \frac{M \times Y2}{2 \times \left(Y1^2 + Y2^2\right)} = \frac{16039{,}929 \times 9}{2 \times \left(3^2 + 9^2\right)} = 801{,}996 kg$$

$$K_V = \frac{M}{n} = \frac{16039{,}929}{4} = 4009{,}982 \text{ kg}$$

$$K = \sqrt{K_H{}^2 + K_V{}^2}$$

$$= \sqrt{(801{,}996)^2 + (4009{,}982)^2}$$

= 4010,081 kg

Kontrol Tegangan

$$\tau_{gs} = \frac{K}{2.\frac{1}{4}.\pi.d^2} = \frac{4010{,}081 \text{kg}}{2.\frac{1}{4}.3{,}14.2{,}2^2} = 527{,}642 \text{ kg/cm}^3$$

$$\tau_{gs} \le \tau_{gs} \rightarrow 527{,}642 \text{ kg/cm}^3 < 0{,}8.1666 \text{ kg/cm}^3$$

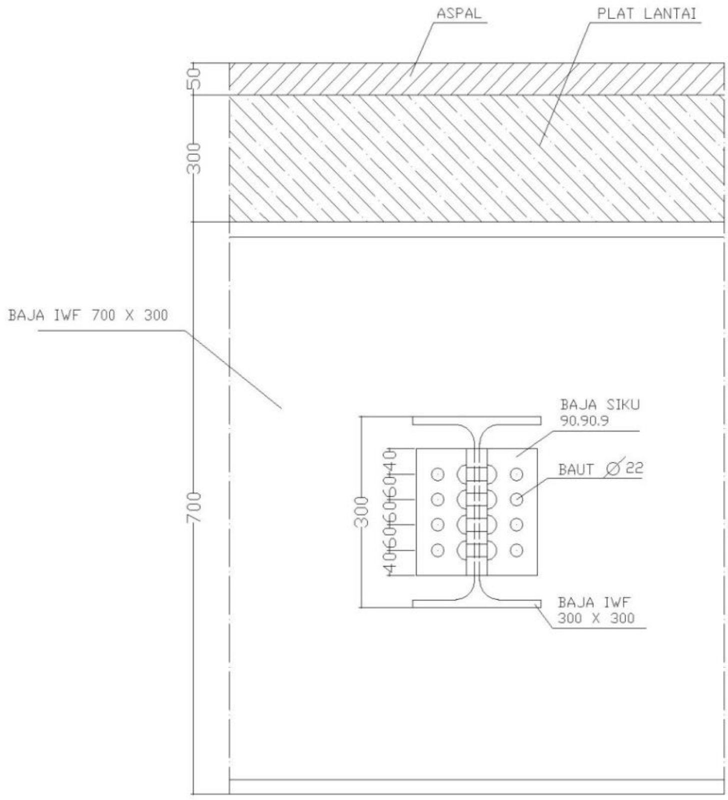
$$527{,}642 \text{kgm/cm}^3 < 1332{,}8 \text{ kg/cm}^3 \text{ (aman)}$$

$$\tau_{ds} = \frac{K}{\delta.d} = \frac{4010{,}081}{1{,}8.2{,}2^2} = 460{,}293 \text{ kg/cm}^3$$

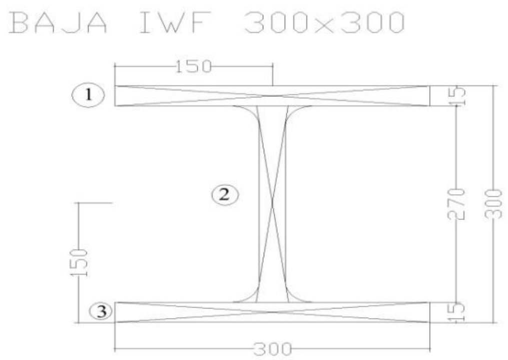
$$\tau_{ds} \le \tau_{ds} \rightarrow 460{,}293 \text{ kg/cm}^3 < 0{,}68 \text{ . } 1666 \text{ kg/cm}^3$$

$$460{,}293 \text{kg/cm}^3 < 1132{,}88 \text{ kg / cm}^3 \text{ (aman)}$$

2. Sambungan antara Baja Siku dengan Rasukan Memanjangb



Gambar 3.12Sambungan antara Baja Siku dengan Rasuk Memanjang



F 1	=	t_2 x 300	= 15 x 300	= 4500 mm^2
F 2	=	t_1 x 270	= 10 x 270	= 2700 mm^2
F 3	=	t_2 x 300	= 15 x 300	= 45000 mm^2 +
			F total	= 11700 mm^2

$$x = \frac{F1.150 + F2.150 + F3.150}{Ftotal}$$

$$= \frac{4500.150 + 2700.150 + 4500.150}{11700} = \frac{1755000}{11700} = 150 \quad mm$$

$$y = \frac{F1.292{,}5 + F2.150 + F3.7{,}5}{Ftotal}$$

$$= \frac{4500.292{,}5 + 2700.150 + 4500.7{,}5}{11700} = \frac{1755000}{11700} = 150 \quad mm$$

$$\text{Ix}_1 = \frac{1}{12}.300.(15)^3 + 4500.(292{,}5 - 150)^2 = 91462500 \quad mm^4$$

$$\text{Ix}_2 = \frac{1}{12}.10.(270)^3 + 2700.(150 - 150)^2 = 16402500 \quad mm^4$$

$$\text{Ix}_3 = \frac{1}{12}.300.(15)^3 + 4500.(7{,}5 - 150)^2 = 91462500 \quad mm^4 \quad +$$

Ix total = 199327500 mm^4 = 19932,75 cm^4

$$\tau = \frac{M.y}{Itotal}$$

$$M = \frac{\tau.Itotal}{y} = \frac{1666.19932{,}75}{15} = 2213864{,}1 \quad kgcm^4$$

$$\tau_x = \frac{M}{Wx} = \frac{2213864{,}1}{1360} = 1627{,}84. \quad {}^{kg}\!/_{cm^2}$$

$\tau_x \leq \tau \rightarrow 1627{,}84 \leq 1666$ kg/cm^2 (aman)

- **Beban yang mempengaruhi**

R' = beban pre *composite*

= ½ . W. L

= ½ . 2326,5.1,75

= 2035,68 kg

R = beban post *composite*

= ½ . W. L

= ½ . (1850 + 380). 1,75

= 2951,25

P = R' + R

= 2035,68 + 2951,25

= 3986,93 kg

M = P.e (e = 0 karena beban tidak bergeser tetap pada *center* as rasuk memanjang)

= 3986,93 . 0

= 0

Pv = $\frac{1}{n}.P = \frac{1}{4}.3986{,}93 = 996{,}73 \quad kg$

$$P = \sqrt{{P_H}^2 + {P_V}^2} = \sqrt{0^2} + 996{,}73^2 = 996{,}73 \quad kg$$

Pv = $\frac{1}{n}.D\max = \frac{1}{4}.54483{,}275 = 13620{,}818 kg$

PH = $\frac{M}{n.\gamma} = \frac{0}{4.(0{,}6)} = 0 \quad kg$

$$P = \sqrt{{P_H}^2 + {P_V}^2} = \sqrt{0^2} + 12620{,}818^2 = 12620{,}818 \quad kg$$

- **Sambungan Irisan Tunggal**

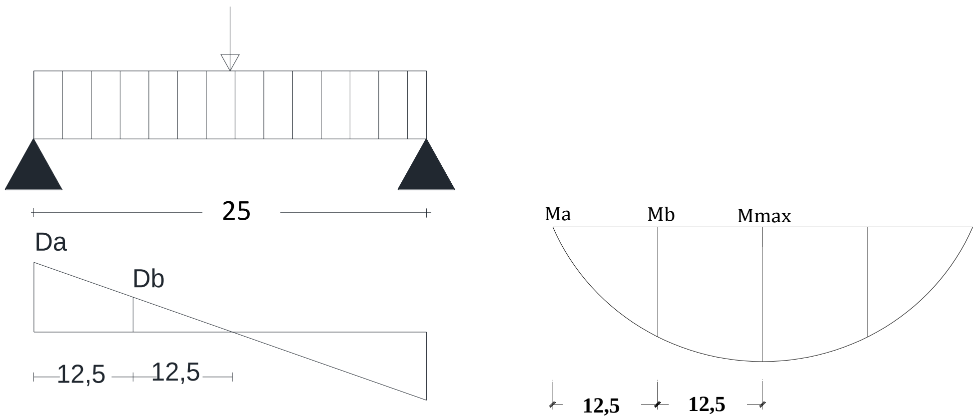
t = 10 mm

Ø = 22 mm

d = 22 + 1=23 mm

$$jumlah \quad baut \quad (n) = \frac{P}{\delta . d . \ \tau} = \frac{12620{,}818}{1.2{,}3.(1666)} = 3{,}293 \quad \approx 4 \quad buah$$

3.6 Perhitungan Sambungan Gelagar



Da = P + (½ . q_{tot}. Lt)

= 1008 + (½ . 3726,5. 23,7)

= 45167,025 kg

Db $= \dfrac{45167{,}025 \text{ X}7{,}5}{25}$

= 13550,107 kg

Jadi Dmax = Da = 45167,025 kg

Diketahui beban gelagar utama 45167,025 kg yang dipikul oleh masing-masing gelagar utama, sehingga masing-masing menerima :

D = 45167,025 kg

M_b = Da . x – qtot . x . ½ . x

= 45167,025 x 3,75 – 3726,5 x 3,75 x ½ x 3,75

= 134.174,390 kgcm

Ix_c = 994987,93 cm^4 (Ix composite)

Ix_p = 201000 cm^4 (Ix profil)

$$M_p = \frac{M_b}{Ix_c}.Ix_p$$

$$= \frac{134.174,390}{994987,93}.201000$$

= 28923,016 kgcm

Ix_{bd} = 1/12 . 1,3(70 - 2 . 2,4)^3

= 30026,51 cm^4

Ix_{sy} = Ix_p - Ix_{bd}

= 201000 - 30026,51

= 170973,49 cm^4

$$M_{bd} = \frac{I_{bd}}{I_p}.M_p$$

$$= \frac{30026,51}{201000} x\ 28923,016$$

= 4320,682 kgcm

M_{sy} = M_p - M_{bd}

= 28923,016 – 4320,682

= 24602,334 kgcm

- Sambungan Badan

Direncanakan sambungan menggunakan baut diameter 22 mm

- Menentukan tinggi maksimal penyambung

h' max $= h-(2.t_2) - (2.r)$

$= 70 - (2.\ 2{,}4) - (2.\ 2{,}8)$

$= 59{,}6$ cm ~ 60 cm

- Menentukan tebal plat penyambung

$I_{pp} \geq I_{bd}$

$2 \cdot 1/12 \cdot t \cdot h^3 = 2 \cdot 1/12 \cdot t_1 \cdot h^3$

$2 \cdot 1/12 \cdot t \cdot 59^3 = 2 \cdot 1/12 \cdot 1{,}3 \cdot (70)^3$

$$t = \frac{74316{,}67}{34229{,}83} = 2{,}171 \text{ cm} \infty 2{,}5 \text{ cm.}$$

Jarak baut ke tepi plat (S_1) :

$1{,}5d \leq S_1 \leq 3d \rightarrow 33 \leq S_1 \leq 66$

diambil jarak (S_1) = 40 mm

1. Untuk arah horisontal diambil jarak (S) = 60 mm
2. Untuk arah vertikal diambil jarak (U) = 100 mm

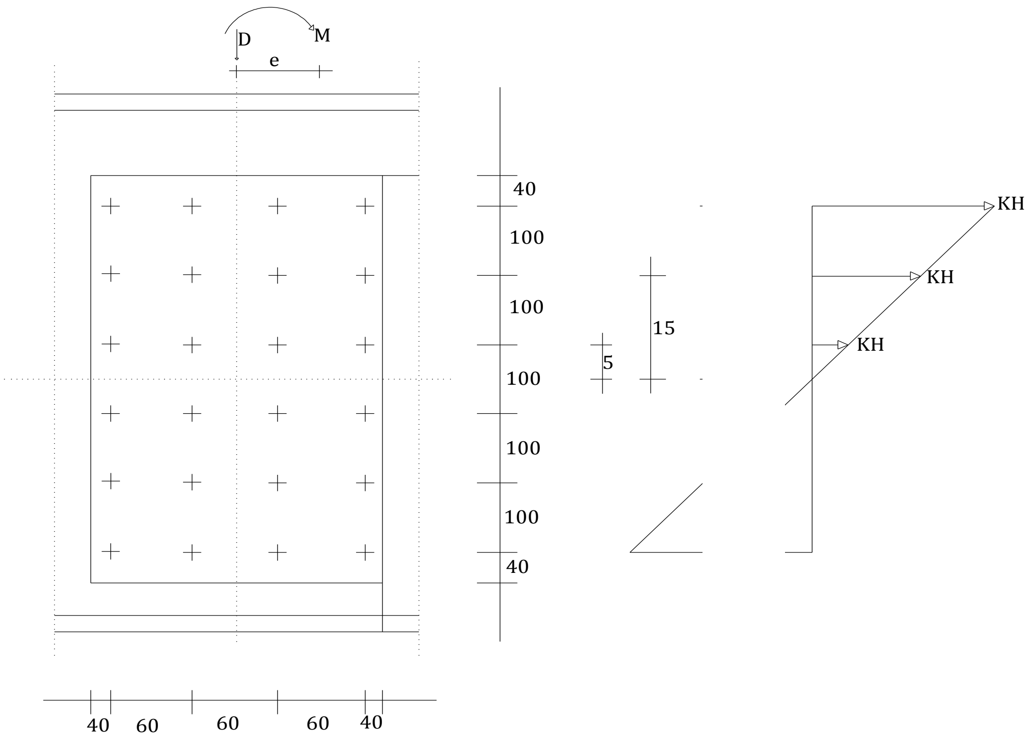
Dimana :

1,5 d < S1 < 3d (mm)

2.5 d < S < 7d (mm)

d = diameter baut (mm)

Jadi plat penyambung 580 . 260 . 22



Gambar 3.13 Sambungan Badan dengan Baut

D = 45167,025 kg

ΔM = D . e

= 45167,025. 0,6

= 27100,215 kgcm

$M_L = M + \Delta M$

= 143.174,390 + 27100,215

= 175864,355 kgcm

$M_d = M_L$

$M_d = 2{,}2\ k_H \cdot 5 + 2{,}2 \cdot k_H \cdot 15 + 2{,}2 \cdot k_H \cdot 25$

$= 99\ K_H$

$$175864{,}355 = 99\ K_H$$

$$k_H = \frac{350544{,}043}{99} = 3540{,}898\ \text{kg}$$

$$K_V = \frac{D}{n} = \frac{54483{,}275}{12} = 3763{,}939\ \text{kg}$$

$$K = \sqrt{K_H{}^2 + K_V{}^2}$$

$$= \sqrt{(1776{,}407)^2 + (3763{,}939)^2}$$

$$= 4162{,}073\ \text{kg}$$

- **Kontrol Terhadap Tegangan Ijin**

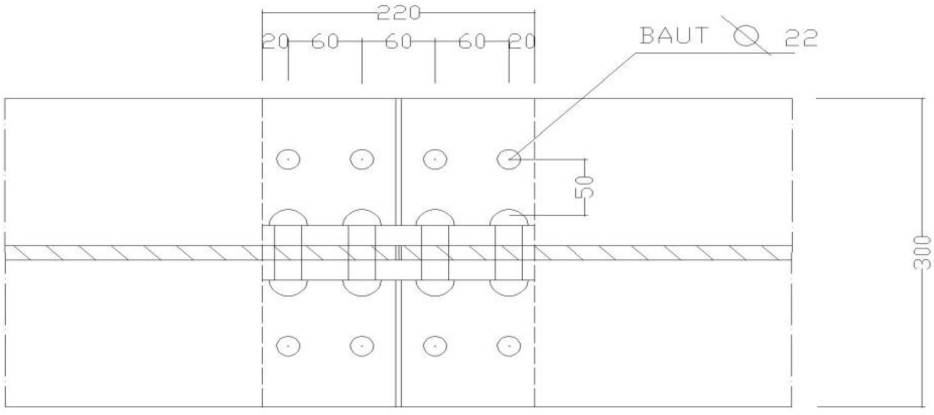
$$\tau_{gs} = \frac{K}{2.\frac{1}{4}.\pi.d^2} = \frac{4162{,}073}{2.\frac{1}{4}.3{,}14.2{,}2^2} = 547{,}727\ \text{kg/cm}^3$$

$$\tau_{gs} \le \tau_{gs} \rightarrow 547{,}727\ \text{kg/cm}^3 \le 1332{,}8\ \text{kg/cm}^3 (\text{aman})$$

$$\tau_{tr} = \frac{K}{\delta.d} = \frac{4162{,}073}{1{,}2.2{,}2} = 1576{,}542\ \text{kg/cm}^3$$

$$\tau_{tr} \le \tau_{tr} \rightarrow 1576{,}542\ \text{kg/cm3} \le 3200 \text{kg/cm}^3 (\text{aman})$$

- **Sambungan Sayap**



Gambar 3.14Sambungan Sayap Dengan Baut

I_{sy} = 170973,49 cm^4
M_{sy} = 2735731,89 kgcm

$$W_{sy} = \frac{I_{sy}}{ds'}$$

ds' = h - Y_{sb} - 1/2 . t_2

= 70,8 – 68,99 - 1,2

= 0,61 cm

$$W_{sy} = \frac{170973{,}49}{0{,}61}$$

= 280284,41 cm^3

$$\tau_{sy} = \frac{M_{sy}}{W_{sy}} = \frac{2735731{,}89}{280284{,}41}$$

$= 9{,}760 \ kg/cm^3$

$F_{pp} \geq F_{sy} \rightarrow F_{sy}$ = 30 . 2,4

= 72 cm^2

105,6 cm2 $\geq$ 72 cm^2

Dalam hal ini luas plat penyambung (F_{pp}) diambil 33,0 . 3,2 = 105,6 cm^2

$K = \sigma_{sy} . F_t$

= 9,760 . 105,6

= 1030,65 kg

Beban per paku

$$K = \frac{1030{,}65}{15}$$

= 68,710 kg

Sambungan irisan 1

Menggunakan paku d = 22 mm

- **Kontrol Terhadap Tegangan Ijin**

$$\tau_{gs} = \frac{K}{2.\frac{1`}{4}.\pi.d^2} = \frac{68,710}{2.\frac{1}{4}.3,14.2,2^2} = 9,042 \text{ kg/cm}^3$$

$\tau_{gs} \leq \tau_{gs} \rightarrow 9,042$ kg/cm3 < 1332,8 kg/cm^3(aman)

$$\tau_{tr} = \frac{K}{\delta.d} = \frac{68,710}{1,9.2,2} = 16,44 \text{ kg/cm}^3$$

$\tau_{tr} \leq \tau_{tr} \rightarrow 16,44$ kg/cm^3< 3200kg/cm^3(aman)

3.7 Perhitungan Andas (Perletakan)

- Pembebanan

Akibat beban mati (q_1) = 2326,5 kg

Akibat beban hidup (q_2) = 1400 kg

Akibat beban garis (P_1) = (2 . 1008) = 2016 kg

$$Vtotal = (\frac{1}{2}.(q_1 + q_2).L) + P_1.\frac{1}{2}$$

= (1/2 . (2326,5 + 1400) . 50) + 2016 . 1/2

= 94170,5 kg

Maka :

1. Gaya vertikal = V total = 94170,5 kg = 941,71 kN
2. Gaya horisontal (Hr) sebesar 5% beban D tanpa koefisien kejut

   Hr = 5% x 94170,5 kg = 4708,525 kg = 47,08 kN

Direncanakan digunakan Elastomeric Bearing :

- Ukuran 6 in x 12 in (15,2 cm x 30,48 cm)
- Beban vertikal maks (Vmaks) = 144 kips = 640,512 kN

Maka dibutuhkan jumlah (n) Elastomer :

$$n = \frac{Vtotal}{Vmaks} = \frac{941,71}{640,512} = 1,47 \quad \approx \quad 2 \quad buah$$

Kontrol yang diperlukan :

- Kontrol terhadap gelincir :

Untuk balok gelagar beton digunakan rumus :

$$\frac{Hr_{maks}}{Vtotal} \leq \quad 0,2$$

Dimana : Hr_{maks} = Gaya horizontal

V total = Gaya vertikal

$$\frac{Hr_{maks}}{Vtotal} = \frac{47,08}{941,71} = \quad 0,049 \leq \quad 0,2 \quad \left(aman \quad terhadap \quad gelincir \right)$$

- Kontrol terhadap dimensi :

digunakan rumus :

$$s = \frac{axb}{2(a+b)xt_e} \rightarrow \quad 4 = \frac{6x12}{2(6+12).t_e} \rightarrow \quad t_e = 0,5 \quad in$$

t_e = 0,5 in $\longrightarrow$ tebal total diambil 1 in (dipasang 1 lapis)

Dimana : s = faktor bentuk = 4 (syarat ≥ 4)

a = lebar pad searah gelagar (in)

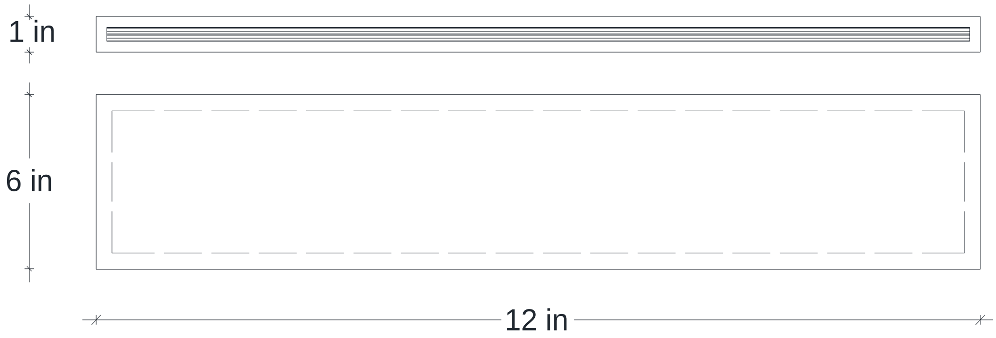
b = panjang pad tegak lurus gelagar (in)

t_e = tebal satu lapis pad (in)

syarat :

$a \geq 4\ t_e \longrightarrow 6 \geq 4\ (0,5)$

$b \geq 4\ t_e \longrightarrow 12 \geq 4\ (0,5)$ ......(Oke



Gambar 3.15 *Elastomeric Bearing*