

Semoga seluruh amal dan kebaikan yang diberikan dapat diterima dan mendapatkan ridho dari Allah SWT, *amiin*.

Penyusun menyadari bahwa penulisan laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, mengingat keterbatasan ilmu, kemampuan dan pengalaman penyusun dalam penyusunan dan penulisan. Oleh karena itu saran dan kritik yang bersifat membangun sangat penyusun harapkan guna perbaikan dan pengembangan selanjutnya.

Akhir kata, penyusun berharap semoga laporan tugas akhir ini bermanfaat dan memberikan tambahan ilmu bagi kita semua. Semoga Allah SWT meridhoi kita semua, *amiin*.

Wassalamu 'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, April 2007

Penyusun

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Beban hidup terpusat T untuk lantai kendaraan.....	5
Gambar 1.2	Beban jalur D untuk balok.....	5
Gambar 1.3	Ketentuan penggunaan beban D	6
Gambar 1.4	Potongan memanjang Jembatan Kretek II.....	11
Gambar 1.5	Potongan melintang Jembatan Kretek II.....	11
Gambar 3.1	Struktur Jembatan.....	16
Gambar 3.2	Distribusi Tegangan Regangan Beton Bertulang Plat.....	22
Gambar 3.3	<i>Flow Chart</i> Perhitungan Pelat.....	24
Gambar 3.4	Distribusi tegangan tegangan balok bertulangan sebelah....	25
Gambar 3.5	Distribusi tegangan tegangan balok bertulangan rangkap....	28
Gambar 3.6	Balok portal dengan sendi plastis pada kedua ujungnya.....	34
Gambar 3.7	<i>Flow Chart</i> Perhitungan balok bertulangan sebelah.....	37
Gambar 3.8	<i>Flow Chart</i> Perhitungan balok bertulangan rangkap.....	38
Gambar 3.9	<i>Flow Chart</i> Momen tersedia pada balok.....	39
Gambar 3.10	<i>Flow Chart</i> momen kapasitas balok.....	40
Gambar 3.11	<i>Flow Chart</i> Penulangan geser balok.....	41
Gambar 3.12	Momen lentur sendi plastis pada kedua ujung balok.....	43
Gambar 3.13	Kuat geser pada kolom portal.....	45
Gambar 3.14	<i>Flow Chart</i> Diagram interaksi Mn-Pn.....	47
Gambar 3.15	<i>Flow Chart</i> Penulangan geser kolom.....	48
Gambar 3.16	Skets kepala jembatan.....	49
Gambar 3.17	Beban struktur atas dan bawah yang bekerja pada abutment	50
Gambar 3.18	Beban sekunder yang bekerja pada abutment.....	51
Gambar 4.1.a	<i>Flow Chart</i> penulisan tugas akhir.....	61
Gambar 4.1.b	<i>Flow Chart</i> penulisan tugas akhir.....	62
Gambar 5.1	Lengkung parabola.....	64
Gambar 5.2	Tiang sandaran.....	66
Gambar 5.3	Penampang tiang sandaran.....	66
Gambar 5.4	Tulangan sandaran.....	69

- **Beban Kejut**

Untuk memperhitungkan pengaruh-pengaruh getaran dan pengaruh-pengaruh dinamis lainnya, tegangan-tegangan akibat beban garis P harus dikalikan dengan koefisien kejut yang akan memberikan hasil maksimum, sedangkan beban merata q dan beban T tidak dikalikan dengan koefisien kejut.

Koefisien kejut ditentukan dengan rumus :

$$K = 1 + \frac{20}{50 + L} \quad (1.6)$$

K = Koefisien kejut, dan L = panjang bentang dalam meter.

B. Beban Sekunder

a. Beban Gempa

Pengaruh-pengaruh gempa bumi pada jembatan dihitung senilai dengan pengaruh suatu gaya horisontal pada konstruksi akibat beban mati konstruksi yang ditinjau.

Besarnya beban gempa dapat dinyatakan dalam :

$$V = C \cdot I \cdot K \cdot W_t \quad (1.7)$$

dengan

V = gaya geser dasar horisontal total akibat gempa,

C = koefisien gempa dasar,

I = faktor keutamaan,

4. beban yang harus didukung,
5. biaya dan tenaga kerja, dan
6. lingkungan sekitar bangunan.

Selain data di atas, ada persyaratan teknis lain yang harus diperhatikan dalam merencanakan pondasi antara lain :

1. tanah dasar harus mampu mendukung beban yang bekerja,
2. penurunan yang terjadi tidak begitu besar (dihindari penurunan lokal),
3. pondasi aman terhadap bahaya guling dan geser yang terjadi,
4. dapat menahan tekanan air yang mungkin terjadi, dan
5. dapat menyesuaikan terhadap kemungkinan terjadi gerakan-gerakan tanah, antara lain penyusutan tanah, tanah yang labil, atau pun gaya horizontal akibat beban gempa bumi (Suyono Sosrodarsono, 1990).

Berdasarkan data-data yang tersedia dan dengan berbagai pertimbangan teknis, kondisi di lapangan maupun biaya, maka Jembatan kretek II direncanakan menggunakan pondasi tiang bor (*bore pile*).

2.4 Dasar-Dasar Perencanaan

Dasar-dasar perencanaan dan analisa hitungan dalam pembangunan Jembatan Kretek II menggunakan peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia, antara lain :

1. Peraturan Umum Bahan Bangunan Indonesia, 1982.
2. Tata cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan, 2002

3. Tata cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan, 2002
4. Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, 1992 (PPTJ-1992), (Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga).
5. *Bridge Design Manual*, 1992 (BDM-1992), (*Directorate General of Highway, Ministry of Public Works, Republic of Indonesia*).
6. Peraturan Pembebanan Jembatan Jalan raya, 1987. (PPJIR-1987).



besar dari daktilitas yang tersedia, pada saat terjadi gempa kuat. Faktor ini tergantung pada jenis struktur dan bahan konstruksi yang digunakan.

3.3.2 Analisis Beban Statik Ekvivalen

Setiap struktur harus direncanakan untuk menahan suatu beban geser dasar akibat gempa (T_{EQ}). Besarnya T_{EQ} ditentukan menurut persamaan:

$$T_{EQ} = K_h . I . W_t \quad (3.4)$$

Dimana :

$$K_h = C . S \quad (3.5)$$

Dengan :

T_{EQ} = Gaya gempa/gaya geser total.

C = Koefisien gempa dasar yang berlaku untuk wilayah gempa tertentu dan untuk jenis tanah tertentu pula.

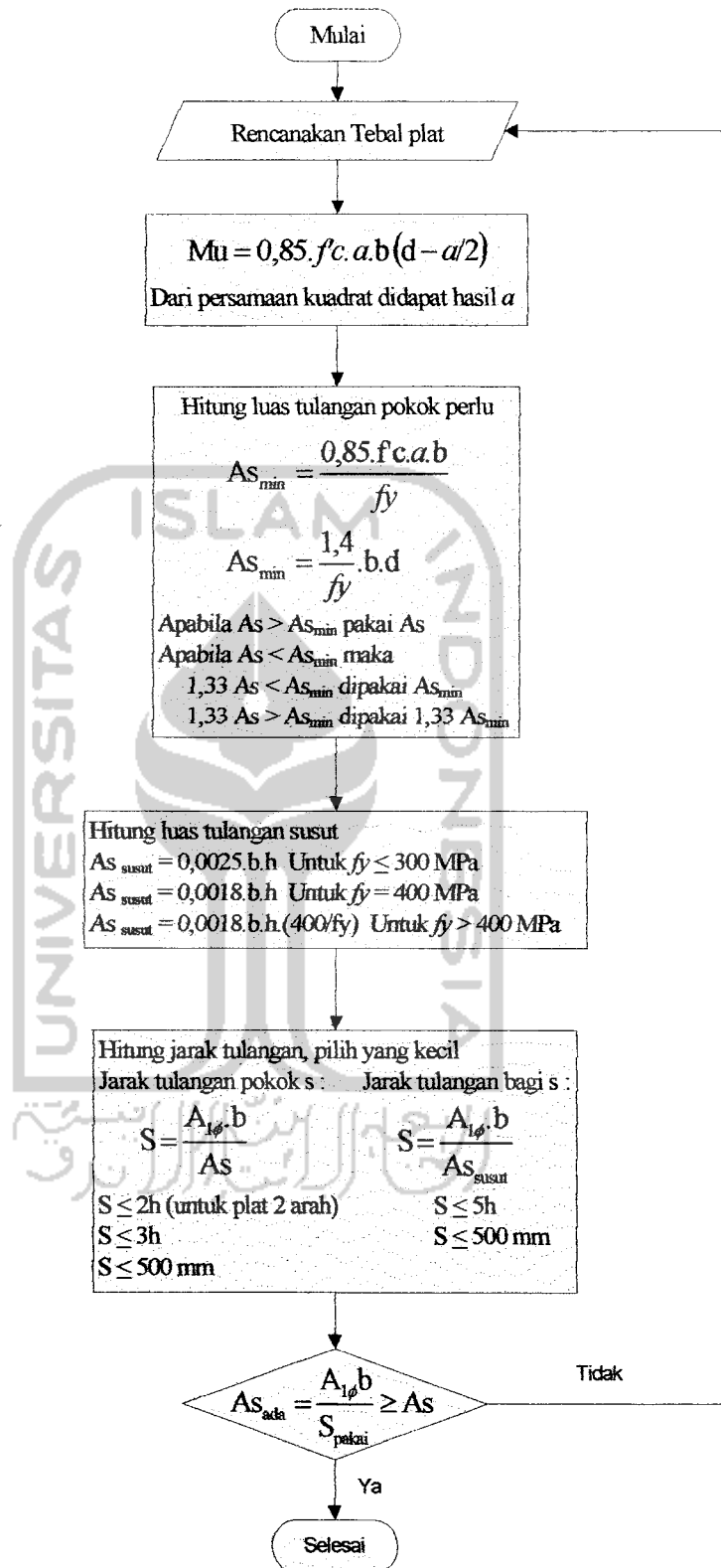
I = Faktor keutamaan.

S = Faktor jenis struktur

W_t = Berat total struktur kombinasi beban mati ditambah beban hidup yang direduksi.

3.4. Perencanaan Struktur Atas Jembatan

Perencanaan struktur atas jembatan Kretek II meliputi perencanaan balok/gelagar dan perencanaan kolom.



Gambar 3.3 Flow Chart Perhitungan Plat

- c = jarak serat tekan terluar ke garis netral,
 d' = jarak dari sisi tarik terluar beton ke pusat tulangan tarik,
 A_s = luas tulangan tarik,
 ϵ_s = regangan tarik beton,
 ϵ_c = regangan desak beton,
 C_c = gaya tekan yang diberikan beton tekan,
 T = gaya tarik baja tulangan,
 f_c' = mutu beton,

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta}{f_y} \cdot \frac{\epsilon_c \cdot E_s}{\epsilon_c \cdot E_s + f_y} \quad (3.11)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \quad (3.12)$$

$$\rho_{\text{mak}} = 0,75 \cdot \rho_b \quad (3.13)$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} \quad (3.14)$$

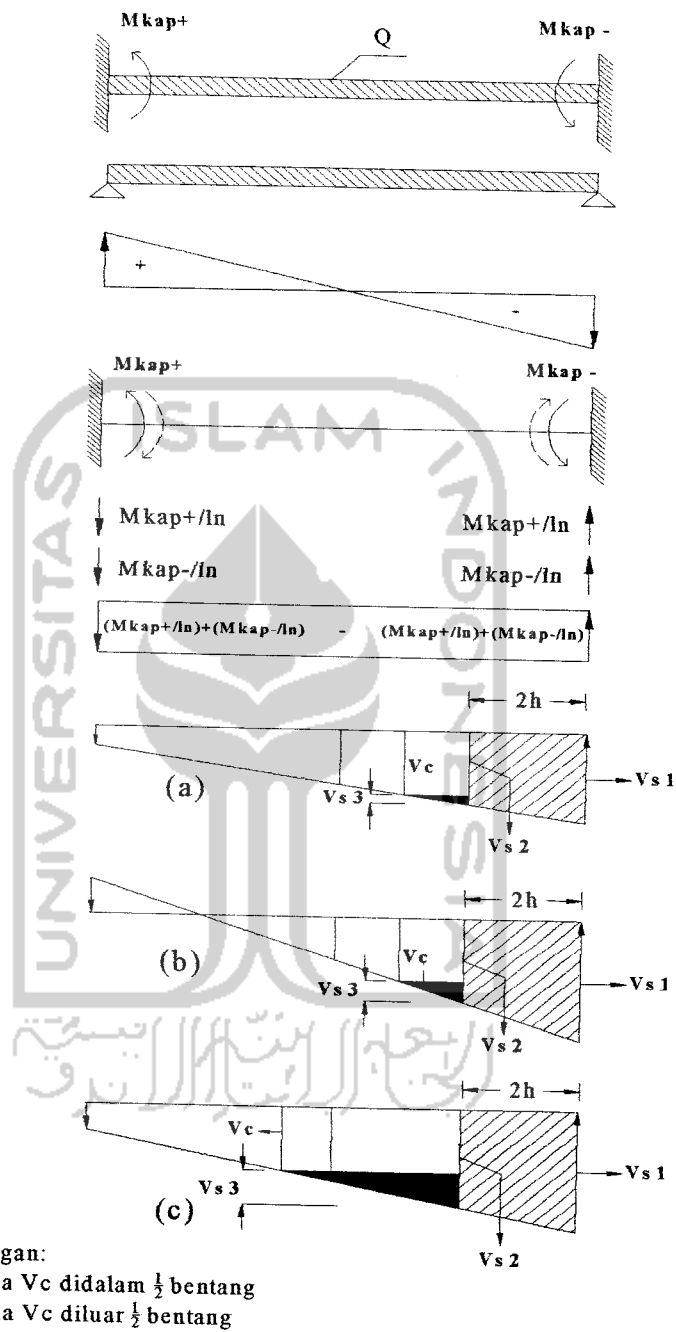
$$R_n = \rho \cdot f_y \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \rho \cdot m\right) \quad (3.15)$$

$$M_n = R_n \cdot b \cdot d^2 \quad (3.16)$$

Berdasarkan keseimbangan gaya $C_c = T_s$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a \quad (3.17)$$

$$T_s = A_s \cdot F_y \quad (3.18)$$



Gambar 3.6 Balok Portal Dengan Sendi Plastis Pada Kedua Ujungnya

Dasar pemikiran perencanaan penulangan geser adalah usaha menyediakan sejumlah tulangan baja untuk menahan tarik arah tegak lurus terhadap retak tarik diagonal sehingga mampu mencegah bukaan retak yang lebih besar. Perencanaan geser untuk komponen-komponen struktur lentur dilaksanakan berdasarkan anggapan bahwa beton menahan sebagian gaya geser, sedangkan selebihnya dilimpahkan ke tulangan baja. Kuat geser yang disumbangkan beton ditentukan dengan persamaan:

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot w \cdot d \quad (3.48)$$

Untuk daerah 2h dari muka kolom (sendi plastis) digunakan persamaan :

$$V_{s1} = \frac{V_u}{\phi} \quad (3.49)$$

sedangkan untuk daerah diluar 2h (luar sendi plastis) digunakan persamaan :

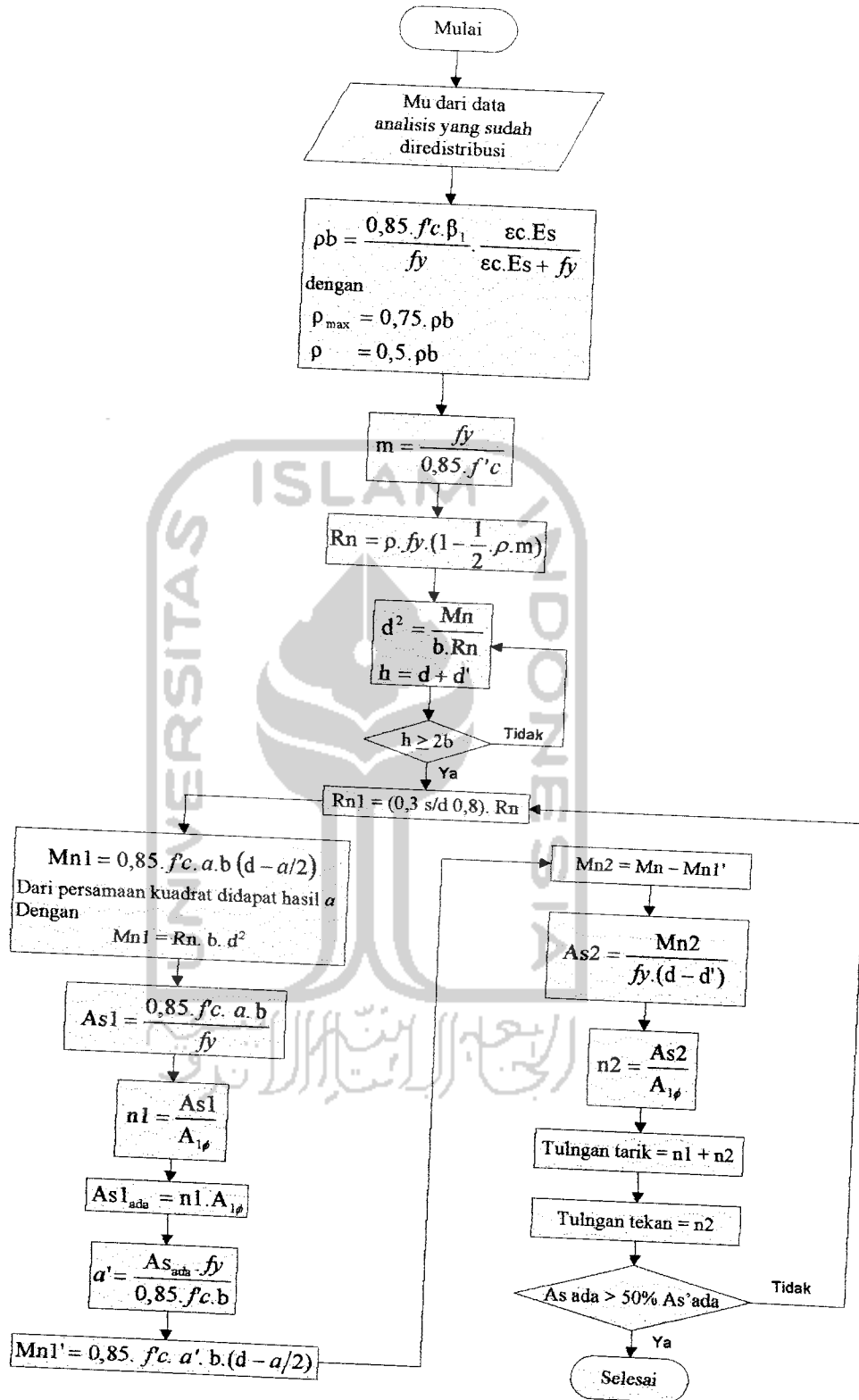
$$V_{s2} = \frac{V_{u2}}{\phi} - V_c \quad (3.50)$$

Jarak antar tulangan sengkang dapat dicari dengan persamaan :

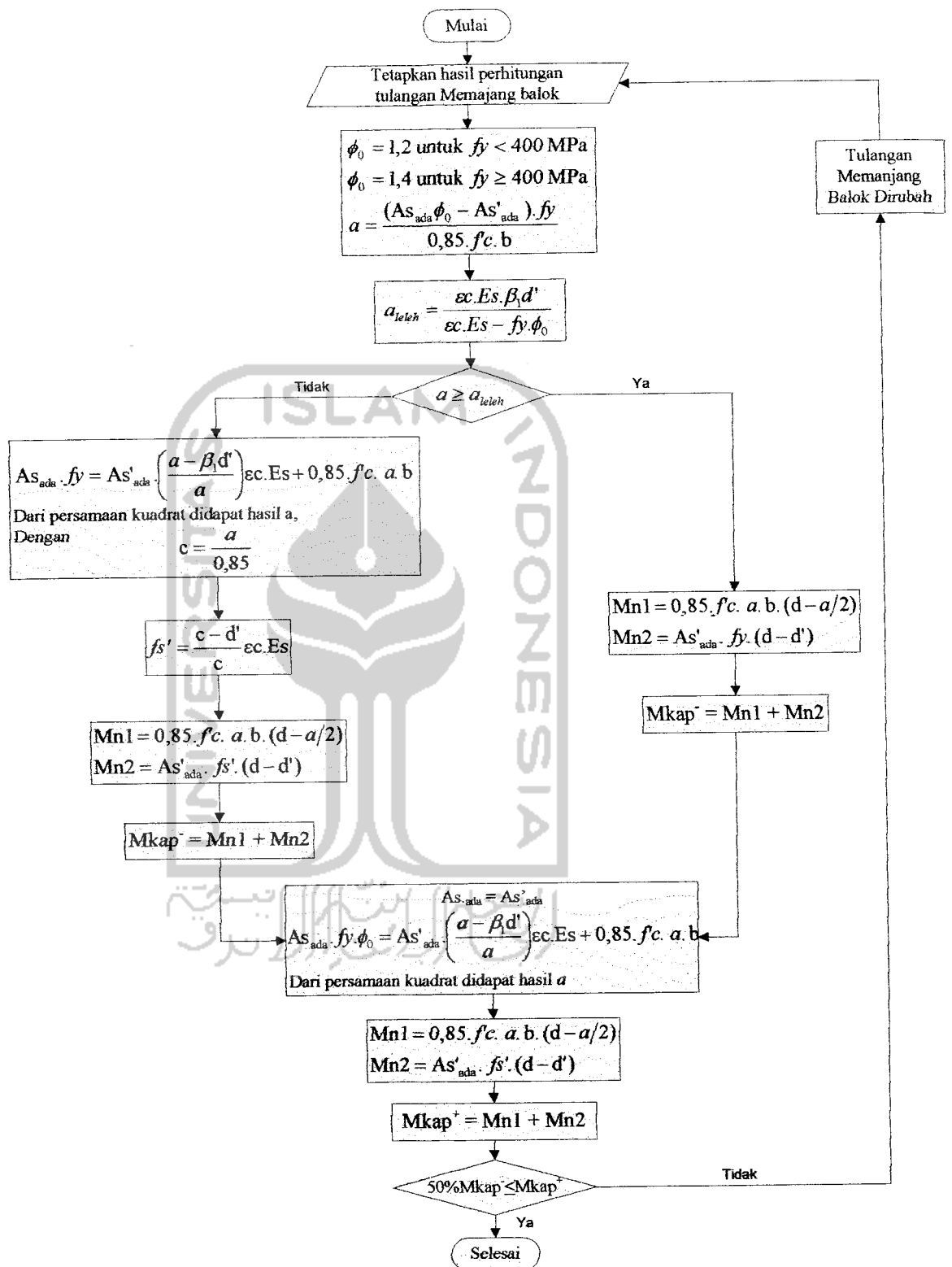
$$S = \frac{n \cdot A_{s\phi} \cdot f_y \cdot d}{V_s} \quad (3.51)$$

dimana n = jumlah kaki sengkang (minimal 2)

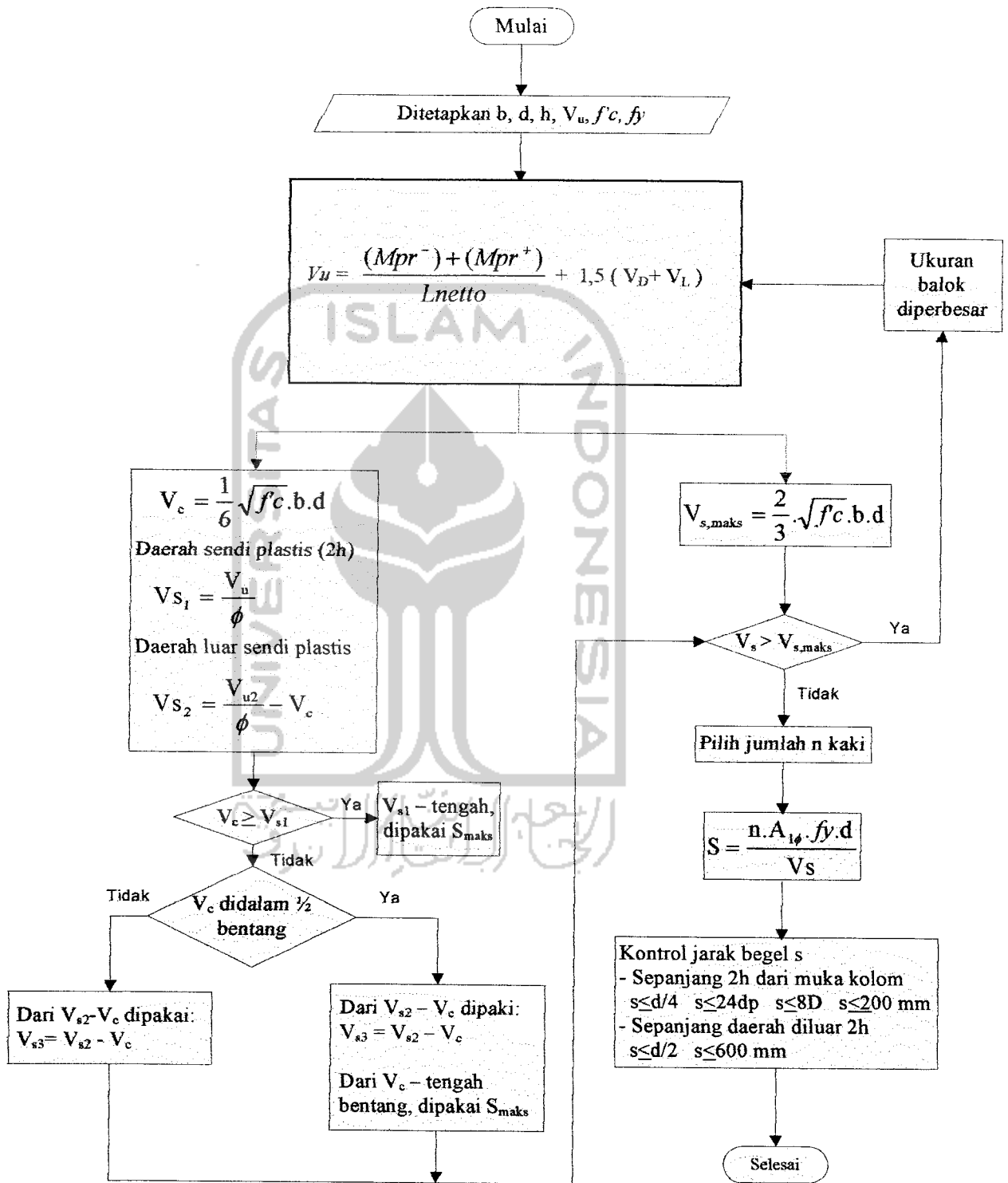
Untuk komponen struktur tahan gempa sengkang tertutup harus dipasang dalam daerah sejauh dua kali tinggi komponen struktur pendukung kearah tengah bentang. Sengkang pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm



Gambar 3.8 Flow Chart Perhitungan Balok Bertulangan Rangkap



Gambar 3.10 Flow Chart Momen Kapasitas Balok



Gambar 3.11 Flow Chart Penulangan Geser Balok

dengan :

r = rasio tulangan,

n = jumlah tulangan kolom,

b, h = ukuran kolom.

d. Gaya geser rencana kolom

Pada kuat geser kolom portal dengan daktilitas penuh berdasarkan terjadinya sendi-sendi plastis pada ujung-ujung balok yang bertemu pada kolom tersebut, harus dihitung dengan persamaan:

$$V_{u.k} = \frac{M_{u.k.atas} + M_{u.k.bawah}}{h'} \quad (3.58)$$

dan tidak boleh lebih dari persamaan:

$$V_{u.k} = 1,5 \left(V_{D.k} + V_{L.k} + \frac{4}{K} \cdot V_{E.k} \right) \quad (3.59)$$

dengan:

$M_{u.k.atas}$ = Momen rencana kolom pada ujung atas dihitung pada muka balok.

$M_{u.k.bawah}$ = Momen rencana kolom pada ujung bawah.

$V_{D.k}$ = Gaya geser kolom akibat beban mati.

$V_{L.k}$ = Gaya geser kolom akibat beban hidup.

$V_{E.k}$ = Gaya geser kolom akibat beban gempa.

tetapi s tidak perlu lebih besar dari :

1. $\frac{1}{4}$ dimensi komponen struktur terkecil,
2. 8 kali diameter tulangan longitudinal,
3. 100 mm.

dengan :

S = Jarak antar tulangan geser

$A_1 \phi$ = Luas tulangan geser

V_s = Gaya geser tulangan

V_u = Gaya geser rencana

ϕ = Faktor reduksi kekuatan geser, $\phi = 0,65$

Sedangkan untuk penulangan geser diluar sendi plastis gaya geser beton V_c ikut diperhitungkan. Besar gaya geser yang disumbangkan beton dapat dihitung dengan persamaan:

$$V_c = \left[1 + \frac{P_{u,k}}{14.A_g} \left(\frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \right) b.d \right] \quad (3.62)$$

Sehingga gaya geser tulangan V_s dapat dihitung dengan

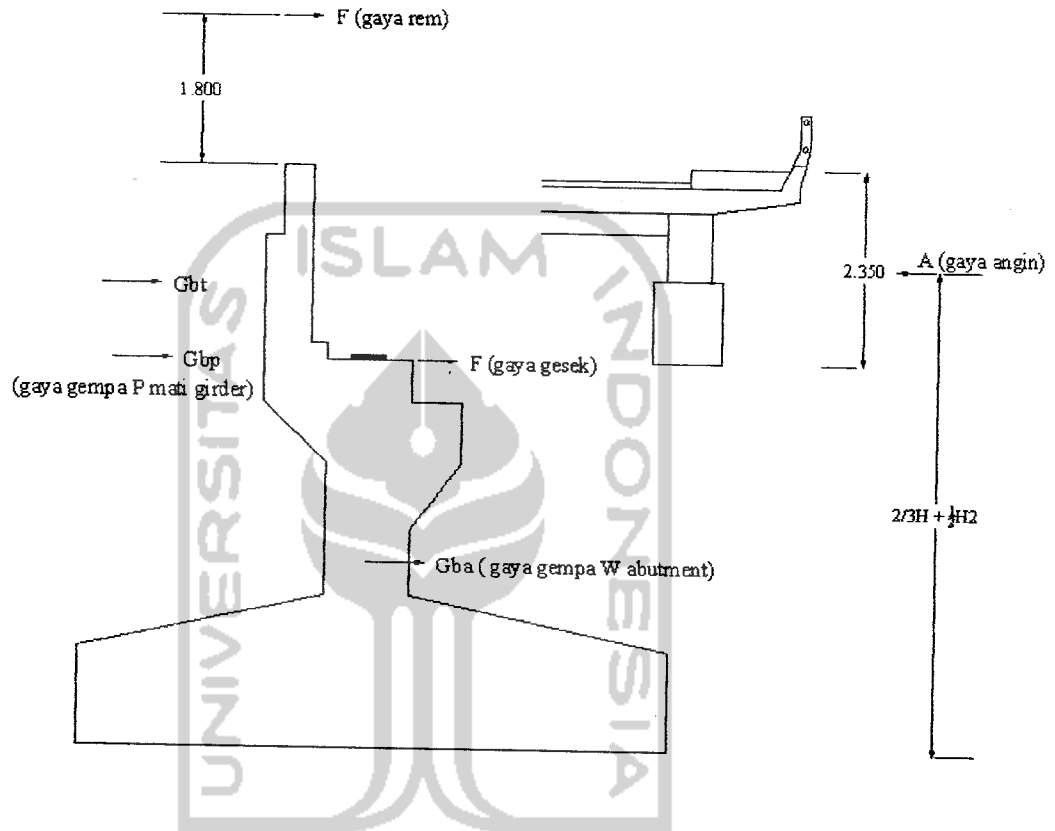
$$V_{s2} = \frac{V_{u2}}{\phi} - V_c \quad (3.63)$$

dengan :

$P_{u,k}$ = Gaya aksial kolom

A_g = Luas kotor dimensi kolom

Beban-beban sekunder yang bekerja pada abutment dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.18 Beban sekunder yang bekerja pada *abutment*

b. Pembesian tulangan geser *pile cap, breast wall, back wall, corbell dan wing wall*

Gaya geser ultimit rencana, V_u = Faktor beban ultimit. V_r

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot (\sqrt{f'c}) \cdot b \cdot d \quad (3.92)$$

Jika $\Phi \cdot V_c < V_u$ maka perlu tulangan geser

Jika $\Phi \cdot V_c > V_u$ maka tidak perlu tulangan geser

$$\Phi \cdot V_s = V_u - \Phi \cdot V_c \quad (3.93)$$

$$V_s = \frac{\Phi \cdot V_s}{0,6} \quad (3.94)$$

$$A_1 \phi = \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 \quad (3.95)$$

$$\text{Jarak tulangan yang diperlukan (s)} = \frac{A_1 \phi \cdot f_y \cdot d}{V_s} \quad (3.96)$$

3.5.2 Perencanaan Pondasi Tiang

3.5.2.1 Kontrol gaya pada pondasi tiang bor

Gaya aksial yang diderita satu tiang bor :

$$P_{max} = \frac{\sum v}{n} + \frac{M_x \cdot X}{\sum X^2} + \frac{M_x \cdot Y}{\sum Y^2} < P_{ijin} \quad (3.100)$$

Gaya lateral yang diderita satu tiang bor:

$$H_{max} = \frac{\sum H}{n} < H_{ijin} \quad (3.101)$$

2. Daya dukung ijin tiang bor berdasarkan kekuatan tanah

a. Daya dukung tiang menurut *Terzaghi* (data pengujian lab)

$$Q_{ult} = 1,3. C. N_c + y. D_f. N_q + 0,6. y. R. N_g \quad (3.106)$$

D_f = Kedalaman tiang bor

R = Jari – jari penampang tiang

A = Luas tampang tiang bor

$y, \Phi, C,$ = Parameter kekuatan tanah di ujung tiang bor (*end bearing*) :

$$\text{Daya dukung ijin tiang bor, } P_{ijin} = \frac{A.Q_{ult}}{SF} \quad (3.107)$$

b. Daya dukung tiang bor menurut *Meyerhoff* (data pengujian *SPT*)

$$Q_{ult} = 40. N \quad (3.108)$$

N = Nilai *SPT*

$$\text{Daya dukung ijin tiang bor, } P_{ijin} = \frac{A.Q_{ult}}{SF} \quad (3.109)$$

c. Daya dukung tiang bor menurut *Bagement* (data pengujian *CPT*)

$$P_{ijin} = A. \frac{qc}{3} + K. L. \frac{qf}{4} \quad (3.110)$$

qc = Nilai konus rata-rata

qf = Nilai hambatan lekat rata-rata

$$\text{Luas tampang tiang bor, } A = \frac{1}{4} \pi. D^2 \quad (3.111)$$

K = Keliling penampang tiang bor = $\pi. ds$

L = Panjang tiang bor

Tabel 5.3 Perhitungan Beban hidup trotoar

Beban Hidup pada Trotoar				
No	Jenis Beban	Gaya (Ton)	Lengan (m)	Momen (Ton-m)
1	Beban horisontal pada railing (H1)	0,1	1,125	0,1125
2	Beban horisontal pada kerb (H2)	0,5	0,325	0,1625
3	Beban vertikal terpusat (P)	2	0,875	1,75
4	Beban vertikal merta =q x b2	0,5	0,875	0,438
Momen akibat beban hidup pada pelat trotoar :			Mh =	2,463

Faktor beban ultimit untuk beban mati = 1,3

Faktor beban ultimit untuk beban hidup = 2

Momen ultimit rencana pelat trotoar =

$$Mu = 1,3. Mm + 2. Mh$$

$$Mu = 1,3. 1,746 + 2. 2,463 = 7,196 \text{ Ton-m}$$

Pembesian Pelat trotoar :

Mutu beton = K - 300

Kuat tekan beton, f_c' = 24,9 Mpa

Tegangan leleh baja, f_y = 390 Mpa

Tebal Pelat, h = 250 mm

Jarak tulangan terhadap sisi luar beton = 30 mm

Modulus elastis baja (E_s) = 200000 Mpa

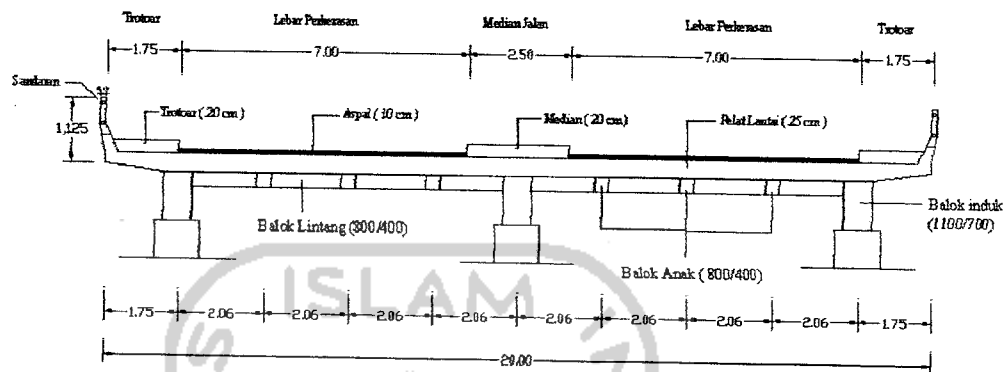
Faktor bentuk distribusi tegangan beton (β_1) = 0,85

Faktor reduksi kekuatan lentur ϕ = 0,8

Faktor reduksi kekuatan geser ϕ = 0,6

5.3. Perencanaan Pelat Lantai Jembatan

Tampang pelat lantai dapat dilihat pada gambar 5.7.



Gambar 5.7 Tampang pelat lantai jembatan

Tebal pelat (h)	= 0,25 m
Tebal lapisan aspal + overlay (ta)	= 0,1 m
Tebal genangan air hujan	= 0,1 m
Jarak antara penyangga (Lx)	= 2,06 m
Lebar jalur lalu-lintas	= 7 m
Lebar trotoar	= 1,75 m
Lebar median	= 2,5 m
Mutu beton	= K - 300
Mutu baja	= U - 390
BJ beton	= 2,5 Ton/m ³
BJ aspal	= 2,20 Ton/m ³
BJ air	= 1,00 Ton/m ³

Modulus keruntuhan lentur beton, $f_r = 0,7 \times \sqrt{24,9} = 3,492993$ Mpa

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{23452,953} = 8,53$$

$$\text{Jarak garis netral terhadap sisi atas beton, } c = \frac{n.A_s}{b} = \frac{8,53.2010}{1000} = 17,15 \text{ mm}$$

Inersia penampang retak yang ditransformasikan ke beton =

$$I_{cr} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot c^3 + n \cdot A_s \cdot (d - c)^2 = \frac{1}{3} \cdot 1000 \cdot 17,15^3 + 8,53 \cdot 2010 \cdot (210 - 17,15)^2 =$$

$$I_{cr} = 639334353 \text{ mm}^4$$

$$Y_t = \frac{h}{2} = \frac{250}{2} = 125 \text{ mm}$$

$$\text{Momen retak, } M_{cr} = \frac{f_r \cdot I_g}{Y_t} = \frac{3,492993 \cdot 1302083333}{125} = 36385343,74 \text{ N-mm}$$

Momen maksimum akibat beban (tanpa factor beban) =

$$M_a = \frac{1}{8} \cdot Q \cdot Lx^2 + \frac{1}{4} \cdot P \cdot Lx = \frac{1}{8} \cdot 0,945 \cdot 2,06^2 + \frac{1}{4} \cdot 13,84 \cdot 2,06 =$$

$$M_a = 7,63 \text{ Ton-m} = 76300000 \text{ N-mm}$$

Inersia efektif untuk perhitungan lendutan =

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \times I_g + \left(1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right) \times I_{cr} =$$

$$I_e = \left(\frac{36385343,74}{76300000} \right)^3 \times 1302083333 + \left(1 - \left(\frac{36385343,74}{76300000} \right)^3 \right) \times 639334353 =$$

$$I_e = 711205602 \text{ mm}^4$$

$$\text{Beban terpusat, } P = 13,84 \text{ Ton} = 138400 \text{ N}$$

$$\text{Beban merata, } Q = 0,945 \text{ Ton/m} = 9,45 \text{ N/mm}$$

Lendutan elastis seketika akibat beban mati dan beban hidup =

$$\delta_e = \frac{5}{384} \cdot \frac{Q \cdot Lx^4}{E_c \cdot I_e} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P \cdot Lx^3}{E_c \cdot I_e} =$$

$$\text{Mutu beton} = K - 300$$

$$\text{Kuat tekan beton, } f_c' = 24,9 \text{ Mpa}$$

Tegangan geser *pons* yang disyaratkan =

$$f_v = 0,3 \times \sqrt{f_c'} = 0,3 \times \sqrt{24,9} = 1,497 \text{ Mpa}$$

$$\text{Faktor reduksi kekuatan geser } \phi = 0,75$$

$$\phi \cdot f_v = 0,75 \cdot 1,497 = 1,123 \text{ Mpa}$$

$$P = 13,84 \text{ Ton} = 138400 \text{ N}$$

$$h = 0,25 \text{ m}$$

$$t_a = 0,1 \text{ m}$$

$$a = 0,3 \text{ m}$$

$$b = 0,5 \text{ m}$$

$$u = a + 2 \cdot t_a + h = 0,3 + 2 \cdot 0,1 + 0,25 = 0,75 \text{ m} = 750 \text{ mm}$$

$$v = b + 2 \cdot t_a + h = 0,5 + 2 \cdot 0,1 + 0,25 = 0,95 \text{ m} = 950 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal efektif pelat, } d = 210 \text{ mm}$$

Luas bidang geser =

$$A_v = 2 \cdot (u + v) \cdot d = 2 \cdot (750 + 950) \cdot 210 = 714000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Faktor beban } \textit{ultimit} = 2$$

$$P_u = 2 \times 138400 = 276800 \text{ N}$$

Tegangan geser *pons ultimit* yang terjadi =

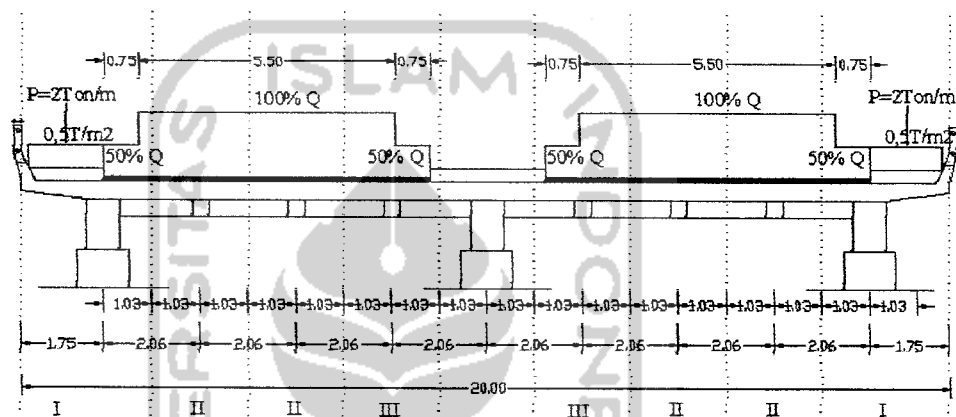
$$f_{vu} = \frac{P_u}{A_v} = \frac{276800}{714000} = 0,388 \text{ Mpa} < \phi \cdot f_v = 0,75 \cdot 1,497 = 1,123 \text{ Mpa}$$

Aman (Ok)

$$= \frac{1,51}{2,75} \times \left(\frac{7-5,5}{2} \right) \times 50 \%$$

$$= \left(\frac{1,51}{2,75} \times 0,75 \times 50 \% \right) = 0,206 \text{ Ton/m}$$

Distribusi beban hidup untuk tiap gelagar dapat dilihat pada gambar 5.9



Gambar 5.15 Distribusi beban hidup tiap gelagar

Distribusi beban D untuk tiap gelagar dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{balok I} = \left(\frac{1,51}{2,75} \times 0,75 \times 50 \% \right) + \left(\frac{1,51}{2,75} \times 0,28 \times 100 \% \right) + 2,875$$

$$= 0,206 \text{ Ton/m} + 0,154 \text{ Ton/m} + 2,875 \text{ Ton/m} = 3,234 \text{ Ton/m}$$

$$\text{balok II} = \left(\frac{1,51}{2,75} \times 2,06 \times 100 \% \right) = 1,13 \text{ Ton/m}$$

$$\text{balok III} = \left(\frac{1,51}{2,75} \times 1,09 \times 100 \% \right) + \left(\frac{1,51}{2,75} \times 0,75 \times 50 \% \right) = 0,805 \text{ Ton/m}$$

Beban garis

$$P = 12 \text{ Ton}$$

$$\text{Faktor kejut} = 1 + \frac{20}{50+L} = 1 + \frac{20}{50+80} = 1,1538$$

$$\text{Bagian I} = P \ 50 \%$$

$$\begin{aligned} &= \frac{P}{2,75} \times \left(\frac{\text{lebar perkerasan} - 5,5}{2} \right) \times 50 \% \times K \\ &= \frac{12}{2,75} \times \left(\frac{7 - 5,5}{2} \right) \times 50 \% \times 1,1538 \\ &= \left(\frac{12}{2,75} \times 0,75 \times 50 \% \right) \times 1,1538 = 1,888 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\text{Bagian II} = P \ 100 \%$$

$$\begin{aligned} &= \frac{P}{2,75} \times 5,5 \times 100 \% \times K \\ &= \frac{12}{2,75} \times 5,5 \times 100 \% \times 1,1538 \\ &= 27,691 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\text{Bagian III} = P \ 50 \%$$

$$\begin{aligned} &= \frac{P}{2,75} \times \left(\frac{\text{lebar perkerasan} - 5,5}{2} \right) \times 50 \% \times K \\ &= \frac{12}{2,75} \times \left(\frac{7 - 5,5}{2} \right) \times 50 \% \times 1,1538 \\ &= \left(\frac{12}{2,75} \times 0,75 \times 50 \% \right) \times 1,1538 = 1,888 \text{ Ton} \end{aligned}$$

K2	1,2	1,2	25	1,445	6	312,12
K3	0,7	0,7	25	1,049	6	77,1015
K3	0,7	0,7	25	0,902	6	66,297
K3	0,7	0,7	25	1	6	73,5
K2	1,2	1,2	25	1,344	6	290,304
K2	1,2	1,2	25	1,935	6	417,96
K2	1,2	1,2	25	2,777	6	599,832
K2	1,2	1,2	25	3,873	6	836,568
K2	1,2	1,2	25	5,245	6	1132,92
K2	1,2	1,2	25	6,864	6	1482,624
K2	1,2	1,2	25	8,781	6	1896,696
Total berat kolom						18276,81

2. Beban hidup

Beban hidup = koef reduksi x q_l x luas bangunan

$$= 0,3 \times ((0,5 \text{ t/m}^2 \times 1,75 \text{ m} \times 2 \times 240 \text{ m}) + (\frac{2,2 \text{ t/m}}{2,75 \text{ m}} \times 14 \text{ m} \times 240 \text{ m}))$$

$$= 10764 \text{ kN}$$

Berat bangunan Total (W_{tot}) = $W_m + W_l$

$$= 33518,25 \text{ kN} + 63050,316 \text{ kN} + 18276,81 \text{ kN} + 10764 \text{ kN} = 125610 \text{ kN}$$

$$T_{EQ} = C \cdot S \cdot I \cdot W_t$$

$$T_{EQ} = 0,18 \times 1 \times 1,2 \times 125610 \text{ kN} = 27131,76 \text{ kN}$$

Distribusi beban gempa pada pertemuan balok kolom lantai jembatan adalah :

$$\text{untuk joint tengah} = \frac{27131,76}{49} = 554 \text{ kN}$$

$$\text{untuk joint tepi} = \frac{554}{2} = 277 \text{ kN}$$

Bidang vertikal yang ditiup angin merupakan bidang samping kendaraan yang mempunyai tinggi 2 m di atas lantai jembatan.

$$\text{Jarak antara roda kendaran, } x = 1,75 \text{ m}$$

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

$$\text{Gaya angin, } A = p \times h = 0,15 \text{ Ton/m}^2 \times 2 \text{ m} = 0,3 \text{ Ton/m}$$

$$Va = \frac{1/2 \cdot h}{x \cdot A} \times 2 = \left(\frac{1/2 \cdot 2}{1,75 \cdot 0,3} \right) \times 2 = 0,343 \text{ Ton/m}$$

5.4.4. Beban Rem dan Traksi

Gaya rem pada arah memanjang jembatan diperhitungkan sebesar 5 % beban D (beban hidup tanpa koefisien kejut)

Beban jalur D untuk bentang $L = 80 \text{ m}$

Beban hidup merata dan beban garis tanpa koefisien kejut :

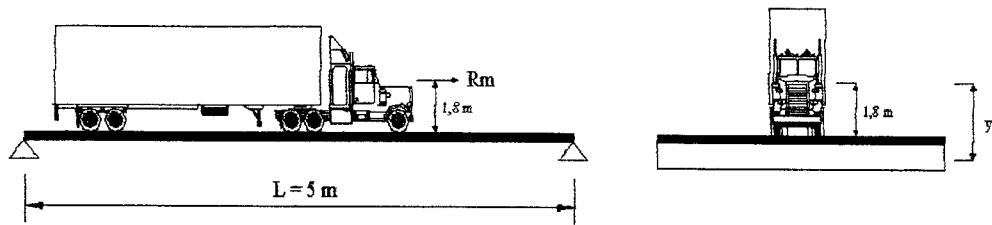
Pada daerah 100 % (selebar 5,5 m)

$$\begin{aligned} = Q \ 100 \% &= \frac{q}{2,75} \times 5,5 \times 100 \% \times L \\ &= \frac{1,51}{2,75} \times 5,5 \times 100 \% \times 80 &= 241,6 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} = P \ 100 \% &= \frac{P}{2,75} \times 5,5 \times 100 \% \\ &= \frac{12}{2,75} \times 5,5 \times 100 \% &= 24 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\text{Total beban hidup D tanpa kejut pada daerah 100 \%} = 265,6 \text{ Ton}$$

R_m pada daerah 100 % = 5 % x Beban hidup D tanpa koefisien kejut



Gambar 5.17 Gaya rem pada jembatan

5.4.5. Beban Temperatur

Untuk memperhitungkan tegangan maupun deformasi struktur yang timbul akibat perbedaan temperatur antara bagian jembatan, diambil perbedaan temperatur antara bagian jembatan, diambil perbedaan temperatur maksimum 15°C .

$$\Delta T = 15^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Mutu beton} = K-300$$

$$\text{Kuat tekan beton, } f_c' = 24,9 \text{ Mpa}$$

$$\text{Koefisien muai panjang untuk beton, } \epsilon = 100000 / ^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Modulus elastis beton, } E_c = 4700 \times \sqrt{f_c'} = 4700 \times \sqrt{24,9} = 23452,953 \text{ Mpa}$$

5.4.6. Beban Susut dan Rangkak

Pengaruh rangkak dan susut terhadap konstruksi jembatan diperhitungkan senilai dengan gaya yang timbul akibat turunnya suhu sebesar 15°C .

$$\Delta T = 15^{\circ}\text{C}$$

Mutu beton	= K- 300
Kuat tekan beton, f_c'	= 24,9 Mpa
Modulus elastisitas beton, E_c	$= 4700 \times \sqrt{f_c'} = 4700 \times \sqrt{24,9} = 23452,953$ Mpa

5.4.7. Beban aliran air dan hanyutan

Return periode banjir = 100 tahun

Kecepatan aliran, diambil $V_a = 3$ m/det

Koefisien seret untuk bentuk permukaan pier bundar, $C_d = 0,7$

Tekanan air, $p = 0,5 \times C_d \times V_a^2 = 0,5 \times 0,7 \times 3^2 = 3,15$ Ton/m²

Lebar bidang kontak aliran air = 1,4 m

Gaya akibat aliran air, $A_h = 3,15$ Ton/m² x 1,4 m = 4,41 Ton /m

Perencanaan beban horisontal diambil yang terbesar antara beban gempa, angin, rem dan traksi, beban temperatur dan beban susut dan rangkai, sehingga beban sekunder yang digunakan adalah beban gempa.

Kombinasi Pembebanan :

$$COMB 1 = 1,3 MD + 2 (MQL + MPL)$$

$$COMB 2 = 1,3 MD + 2 (MQL + MPL) + 1 MEX$$

$$COMB 3 = 1,3 MD + 2 (MQL + MPL) + 1 MEY$$

$$\begin{aligned}\rho_{max} &= 0,75 \times \rho b \\ &= 0,75 \times 0,028 = 0,0210\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= 0,5 \times \rho_{Max} \\ &= 0,5 \times 0,021 = 0,0105\end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{390}{0,85 \times 24,9} = 18,4266 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}R_1 &= \rho \times f_y \times (1 - (0,5 \times \rho \times m)) \\ &= 0,0105 \times 390 \times (1 - (0,5 \times 0,0105 \times 18,4266)) \\ &= 3,6938 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

$$b d^2 = \frac{M_u / \phi}{R_1} = \frac{(1833,620 / 0,8) \times 10^6}{3,6938} = 620,5123 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

Ambil $b = 700 \text{ mm}$

$$d = \sqrt{\frac{b \cdot d^2}{b}} = \sqrt{\frac{620,5123 \times 10^6}{700}} = 941,513 \text{ mm}$$

$$d' = 60 \text{ mm}$$

$$z = 75 \text{ mm}$$

$$h = d + z = 941,513 \text{ mm} + 75 \text{ mm}$$

$$= 1016,513 \text{ mm} \rightarrow h \text{ ambil} = 1000 \text{ mm}$$

$$d = h - z = 1000 \text{ mm} - 75 \text{ mm} = 925 \text{ mm}$$

Tulangan Desak

Ambil $\gamma = 0,40$

$$R_2 = \gamma \times R_1$$

$$= 0,4 \times 3,6938 = 1,4775 \text{ Mpa}$$

115	800 / 400	12 D 22	8 D 22	7 D 22	4 D 22	2D10-90	2D10-170
116	800 / 400	12 D 22	8 D 22	7 D 22	4 D 22	2D10-90	2D10-170
117	800 / 400	12 D 22	8 D 22	7 D 22	4 D 22	2D10-90	2D10-170
131	800 / 400	12 D 22	8 D 22	7 D 22	4 D 22	2D10-90	2D10-170
132	800 / 400	12 D 22	8 D 22	7 D 22	4 D 22	2D10-90	2D10-170
172	800 / 400	12 D 22	8 D 22	7 D 22	4 D 22	2D10-90	2D10-170
189	800 / 400	12 D 22	8 D 22	7 D 22	4 D 22	2D10-90	2D10-170
322	800 / 400	12 D 22	8 D 22	7 D 22	4 D 22	2D10-90	2D10-170
330	800 / 400	12 D 22	8 D 22	7 D 22	4 D 22	2D10-90	2D10-170
334	800 / 400	12 D 22	8 D 22	7 D 22	4 D 22	2D10-90	2D10-170
335	800 / 400	12 D 22	8 D 22	7 D 22	4 D 22	2D10-90	2D10-170
374	800 / 400	12 D 22	8 D 22	7 D 22	4 D 22	2D10-90	2D10-170
387	800 / 400	12 D 22	8 D 22	7 D 22	4 D 22	2D10-90	2D10-170
402	800 / 400	12 D 22	8 D 22	7 D 22	4 D 22	2D10-90	2D10-170
403	800 / 400	12 D 22	8 D 22	7 D 22	4 D 22	2D10-90	2D10-170
691	800 / 400	12 D 22	8 D 22	7 D 22	4 D 22	2D10-90	2D10-170
723	800 / 400	12 D 22	8 D 22	7 D 22	4 D 22	2D10-90	2D10-170
724	800 / 400	12 D 22	8 D 22	7 D 22	4 D 22	2D10-90	2D10-170
740	800 / 400	12 D 22	8 D 22	7 D 22	4 D 22	2D10-90	2D10-170
761	800 / 400	12 D 22	8 D 22	7 D 22	4 D 22	2D10-90	2D10-170
762	800 / 400	12 D 22	8 D 22	7 D 22	4 D 22	2D10-90	2D10-170
918	800 / 400	12 D 22	8 D 22	7 D 22	4 D 22	2D10-90	2D10-170
922	800 / 400	12 D 22	8 D 22	7 D 22	4 D 22	2D10-90	2D10-170
926	800 / 400	12 D 22	8 D 22	7 D 22	4 D 22	2D10-90	2D10-170
927	800 / 400	12 D 22	8 D 22	7 D 22	4 D 22	2D10-90	2D10-170
930	800 / 400	12 D 22	8 D 22	7 D 22	4 D 22	2D10-90	2D10-170
931	800 / 400	12 D 22	8 D 22	7 D 22	4 D 22	2D10-90	2D10-170
938	800 / 400	12 D 22	8 D 22	7 D 22	4 D 22	2D10-90	2D10-170
939	800 / 400	12 D 22	8 D 22	7 D 22	4 D 22	2D10-90	2D10-170
946	800 / 400	12 D 22	8 D 22	7 D 22	4 D 22	2D10-90	2D10-170
966	800 / 400	12 D 22	8 D 22	7 D 22	4 D 22	2D10-90	2D10-170
967	800 / 400	12 D 22	8 D 22	7 D 22	4 D 22	2D10-90	2D10-170

Tabel 6.8 Tabel tulangan balok lintang bagian bawah

Elemen	Ukuran Balok	TULANGAN POKOK				TULANGAN GESER	
		Tulangan Tumpuan		Tulangan Lapangan		Tumpuan	Lapangan
		Tarik	Desak	Tarik	Desak		
SEMUA BALOK LINTANG	800 / 400	6 D 22	4 D 22	6 D 22	4 D 22	D10-100	D10-200

218 dan 346	1000x1600	68D25	2 D13-100	2D13-200
219 dan 347	1000x1600	68D25	2 D13-100	2D13-200
221 dan 348	1000x1600	68D25	2 D13-100	2D13-200
236 dan 349	1000x1600	68D25	2 D13-100	2D13-200
235 dan 350	1000x1600	68D25	2 D13-100	2D13-200
224 dan 351	1000x1600	68D25	2 D13-100	2D13-200
231 dan 352	1000x1600	68D25	2 D13-100	2D13-200
230 dan 326	1000x1600	68D25	2 D13-100	2D13-200
227 dan 325	1000x1600	68D25	2 D13-100	2D13-200
187 dan 324	1000x1600	68D25	2 D13-100	2D13-200
167 dan 323	1000x1600	68D25	2 D13-100	2D13-200

Tabel 6.10 Tulangan balok lengkung tengah

Elemen	Ukuran Balok	Tulangan Pokok	TULANGAN GESER	
			Tumpuan	Lapangan
549 dan 630	1000x1600	72D25	2 D13-100	2D13-200
548 dan 631	1000x1600	68D25	2 D13-100	2D13-200
563 dan 632	1000x1600	68D25	2 D13-100	2D13-200
772 dan 633	1000x1600	68D25	2 D13-100	2D13-200
771 dan 634	1000x1600	68D25	2 D13-100	2D13-200
547 dan 635	1000x1600	68D25	2 D13-100	2D13-200
546 dan 636	1000x1600	68D25	2 D13-100	2D13-200
545 dan 637	1000x1600	68D25	2 D13-100	2D13-200
566 dan 629	1000x1600	68D25	2 D13-100	2D13-200
567 dan 618	1000x1600	68D25	2 D13-100	2D13-200
568 dan 619	1000x1600	68D25	2 D13-100	2D13-200
569 dan 620	1000x1600	68D25	2 D13-100	2D13-200
570 dan 621	1000x1600	68D25	2 D13-100	2D13-200
571 dan 622	1000x1600	68D25	2 D13-100	2D13-200
572 dan 623	1000x1600	68D25	2 D13-100	2D13-200
573 dan 624	1000x1600	68D25	2 D13-100	2D13-200
579 dan 625	1000x1600	68D25	2 D13-100	2D13-200
578 dan 626	1000x1600	68D25	2 D13-100	2D13-200
574 dan 627	1000x1600	68D25	2 D13-100	2D13-200

Tabel 6.12 Tulangan kolom tengah

Elemen	Ukuran Kolom	Tinggi Kolom	Tulangan Pokok	TULANGAN GESER	
				Tumpuan	Lapangan
551 dan 663	1200x1200	0,359	60D25	2D13-50	2D13-70
555 dan 662	1200x1200	0,875	60D25	2D13-80	2D13-130
613 dan 661	1200x1200	1,549	72D25	2D13-40	2D13-50
773 dan 666	1200x1200	2,383	88D25	2D13-50	2D13-60
560 dan 665	1200x1200	3,378	88D25	2D13-100	2D13-200
561 dan 664	1200x1200	4,538	88D25	2D13-70	2D13-130
562 dan 670	1200x1200	5,866	88D25	2D13-90	2D13-180
544 dan 673	1400x1400	7,365	80D25	2D13-100	2D13-200
43 dan 4	1200x1200	5,624	60D25	2D13-100	2D13-200
606 dan 676	1200x1200	4,172	60D25	2D13-100	2D13-200
607 dan 679	1200x1200	2,999	60D25	2D13-90	2D13-170
601 dan 678	1200x1200	2,093	60D25	2D13-50	2D13-70
602 dan 682	1200x1200	1,445	60D25	2D13-40	2D13-50
605 dan 654	700x700	1,049	56D25	2D13-30	2D13-40
585 dan 653	700x700	0,902	20D25	2D13-60	2D13-70
586 dan 652	700x700	1	24D25	2D13-50	2D13-60
587 dan 655	1200x1200	1,344	60D25	2D13-40	2D13-60
588 dan 649	1200x1200	1,935	60D25	2D13-50	2D13-70
589 dan 648	1200x1200	2,777	60D25	2D13-70	2D13-120
590 dan 644	1200x1200	3,873	60D25	2D13-100	2D13-200
591 dan 642	1200x1200	5,245	60D25	2D13-100	2D13-200
596 dan 642	1200x1200	6,864	60D25	2D13-100	2D13-200
597 dan 641	1200x1200	8,781	60D25	2D13-100	2D13-200
543	1400x1400	11	80D25	2D13-100	2D13-200