

# LEMBAR PENGESAHAN

## PERENCANAAN ULANG GEDUNG GAMA BOOK PLAZA JOGJAKARTA

(REDESIGN OF BUILDING STRUCTURE OF GAMA BOOK PLAZA JOGJAKARTA)



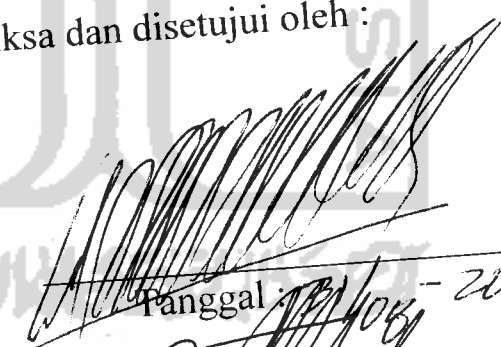
Dikerjakan Oleh :

**BAMBANG DWI ARTADI**

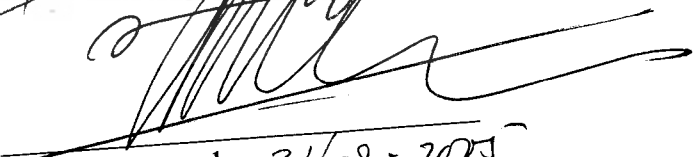
**96 310 270**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. A. Kadir Aboe, MS  
Dosen Pembimbing I

  
Tanggal : 27/06 - 2005

Ir. H. Fathkhurrohman, MT  
Dosen Pembimbing I

  
Tanggal : 31/08 - 2005

5. Bapak Ir. H. Munadhir, MS selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
6. Yang tercinta Bapak, Ibu, Paman, Kakak dan Adikku serta segenap keluarga yang telah memberikan dorongan dan do'a sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.
7. Rekan-rekan kampus, petugas fotokopi, penjaga parkir, semua yang membantu proses belajar, terima kasih atas bantuannya.
8. *Anggota Forum Malam Sunyi yang telah banyak memberi dukungan moral dikala sulit.*

Besar harapan penyusun semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penyusun maupun anda yang menggunakannya.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Jogjakarta, Agustus 2005

Penyusun

2.3.5	Portal .....	11
2.3.6	Tangga.....	12
2.4	Pembebanan .....	13
2.4.1.	Macam-macam Pembebanan .....	13
2.4.2.	Kombinasi Pembebanan.....	14
2.4.3.	Faktor Reduksi Pembebanan ( $\phi$ ).....	16
<b>BAB III LANDASAN TEORI.....</b>		<b>17</b>
3.1	Perencanaan Atap.....	17
3.1.1	Perencanaan Gording.....	17
3.1.2	Perencanaan Sagrod dan Tierod .....	18
3.1.3	Perencanaan Batang Tarik .....	19
3.1.4	Perencanaan Batang Desak.....	20
3.1.5	Perencanaan Sambungan .....	21
3.2	Perencanaan Pelat.....	22
3.3	Perencanaan Balok .....	26
3.3.1	Perencanaan Balok Tulangan Sebelah.....	26
3.3.2	Perencanaan Balok Tulangan Rangkap .....	29
3.3.3	Perencanaan Geser Balok .....	32
3.3.4	Perencanaan Torsi Balok .....	33
3.4	Perencanaan Kolom Tunggal .....	36
3.4.1	Perencanaan Kolom Pendek .....	36
3.4.2	Perencanaan Kolom Langsing .....	41
3.5	Perencanaan Portal .....	44
3.5.1	Distribusi Beban Mati dan Beban Hidup pada Lantai .....	44
3.5.2	Beban Gempa .....	45
3.5.2.1	Waktu Getar Alami Struktur .....	45
3.5.2.2	Koefisien Gempa Dasar (C).....	46

5.3	Pelat Lantai.....	225
5.4	Balok Anak.....	225
5.5	Balok Induk.....	226
5.6	Kolom.....	226
5.7	Tangga.....	227
5.8	Pondasi.....	227
<b>BAB VI PENUTUP.....</b>		<b>228</b>
6.1	Kesimpulan.....	228
6.2	Saran.....	225

**DAFTAR PUSTAKA**  
**LAMPIRAN-LAMPIRAN**



$F_v$	: Tegangan geser baja
$I_x$	: Inersia arah X
$I_y$	: Inersia arah Y
$K$	: Koefisien kelangsingan
$l$	: Panjang batang yang ditinjau
$L$	: Panjang pelat kuda-kuda
$L_b$	: Jarak antar gording
$M_{\perp}$	: Momen tegak lurus sumbu batang
$M_{//}$	: Momen sejajar sumbu batang
$n$	: Jumlah baut
$P$	: Gaya tekan yang bekerja
$P_{//}$	: Gaya tekan sejajar sumbu batang
$q_{\perp}$	: Beban merata tegak lurus sumbu batang
$q_{//}$	: Beban merata sejajar sumbu batang
$r$	: Jari-jari inersia = $i$
$S_s$	: Jarak beban sagrod
$S_x$	: Modulus elastis tampang arah sumbu x
$S_y$	: Modulus elastis tampang arah sumbu y
$T$	: Gaya tarik yang bekerja
$t_w$	: Tebal badan profil
$t_p$	: Tebal pelat
$W$	: Berat profil
$\alpha$	: Sudut kemiringan atap

## ABSTRAKSI

Untuk memperdalam pemahaman suatu ilmu dan pengaplikasiannya, termasuk konstruksi bangunan, dibutuhkan upaya maksimal diiringi masukan dari hal-hal yang masih terkait, sehingga pemahaman yang diperoleh lebih komprehensif, lebih **bagus** lagi jika dihubungkan dengan fenomena dan fakta aktual yang menjadikannya lebih kaya dan mendalam lagi. Di era globalisasi ini, untuk menjadi seorang sarjana teknik sipil yang berkualitas dan ahli, serta siap bersaing hingga tingkat internasional, dibutuhkan latihan untuk mengaplikasikan ilmunya di lapangan, bukan hanya memiliki kemampuan teoritis saja. Hal ini merupakan salah satu hal yang harus diupayakan sebaik-baiknya mulai sekarang dan sesegera mungkin.

Untuk membiasakan dengan masalah teknik yang sering dihadapi sarjana teknik, penyusun mengambil tugas akhir tentang perencanaan ulang (*Redesign*) struktur gedung *Gama Book Plaza* Jogjakarta sebagai salah satu upaya agar bisa merasakan pengaplikasian ilmu yang sebenarnya yang didapat di bangku kuliah sehingga mampu mendesain suatu bangunan sebagai bekal persiapan diri dalam dunia konstruksi.

Desain ulang struktur Gedung *Gama Book Plaza* Jogjakarta ini meliputi perencanaan :

- a. Rangka atap kuda-kuda baja, dipakai baja mutu B37 dimana dengan tegangan leleh ( $F_y$ ) = 2400 kg/cm<sup>2</sup> dan kuat tarik minimum ( $F_u$ ) = 3700 kg/cm<sup>2</sup>.  $F_u$  = 3700 kg/cm<sup>2</sup> dan perencanaan sambungan baut hitam/biasa mutu M16 dengan  $F_u$  = 4710 kg/cm<sup>2</sup> dan  $F_v$  = 2356 kg/cm<sup>2</sup>.

Gording dipakai profil *Light Lip Channel* 150x50x20x2,3

Sagrod dan Tierod dipakai baja tulangan diameter 7 mm dan 8 mm

Kuda-kuda dipakai : 2L35x35x4.

- b. Balok, Kolom dan Pelat Lantai serta fondasi

Perencanaan struktur menggunakan baja tulangan polos (BJTP) untuk  $\phi \leq 12$  mm dengan tegangan leleh ( $F_y$ ) = 240 MPa, sedangkan

perencanaan struktur baja tulangan ulir/*Deform* (BJTD) untuk  $\phi > 12$  mm dengan tegangan leleh ( $f_y$ ) = 400 MPa. Metode yang digunakan mengacu pada SK-SNI T-15-1991-03

Fondasi diperhitungkan berdasarkan data karakteristik tanah yang ada dengan menggunakan jenis fondasi telapak (*foot plate*) atau *staud*.

- c. Tangga utama dengan Eskalator (tangga berjalan), sedang tangga darurat menggunakan konstruksi beton bertulang.



ilmu dan wawasan baru bagi mahasiswa dalam bidang perencanaan khususnya dalam menganalisis struktur pada suatu proyek konstruksi bangunan gedung bertingkat.

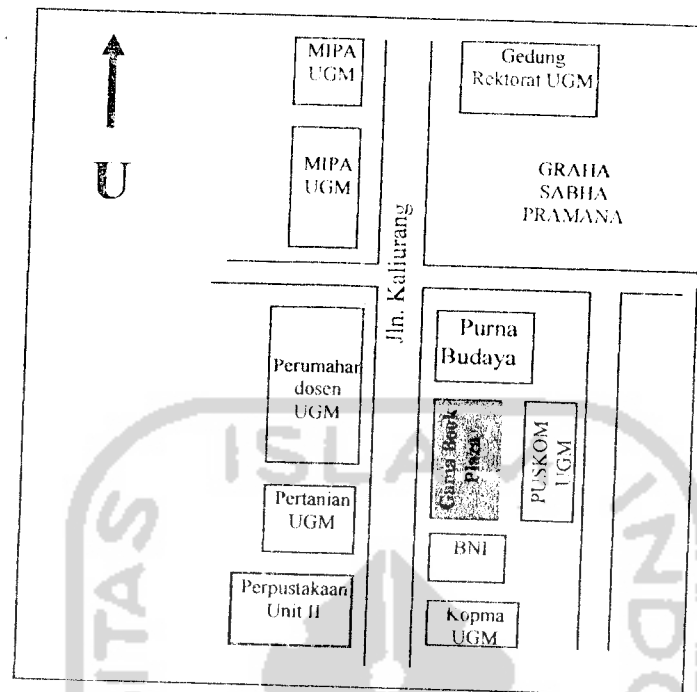
### 1.3 Batasan Perencanaan

Sebagai batasan perencanaan ulang / *redesign* Gedung Gama Book Plaza

adalah:

- a. Perencanaan meliputi perhitungan struktur dari atas sampai bawah, tanpa Rencana Anggaran Biaya (RAB).
- b. Perencanaan atap menggunakan mutu baja profil, pelat buhul, dan baut BJ 37 dengan tegangan leleh baja ( $f_y$ ) = 300 MPa.
- c. Perencanaan pelat lantai, pelat atap, balok, kolom, dan tangga menggunakan mutu beton dengan kuat desak rencana ( $f_c'$ ) 25 MPa dengan kombinasi pembebanan yang disesuaikan dengan fungsi struktur.
- d. Perencanaan pelat lantai, pelat atap, balok, kolom, dan tangga menggunakan baja tulangan polos (BJTP) untuk  $\varnothing \leq 12$  mm dengan tegangan leleh ( $f_y$ ) = 240 Mpa, sedangkan baja tulangan ulir (BJTD) untuk  $\varnothing \geq 12$  mm dengan tegangan leleh ( $f_y$ ) = 400 MPa.
- e. Perencanaan pondasi diperhitungkan berdasarkan data karakteristik tanah yang ada dengan menggunakan jenis pondasi telapak beton bertulang. Digunakan mutu beton dengan kuat desak rencana ( $f_c'$ ) = 25 MPa dan baja tulangan polos (BJTP) untuk  $\varnothing \leq 12$  mm dengan tegangan leleh ( $f_y$ ) = 240 MPa sedangkan baja tulangan ulir (BJTD) untuk  $\varnothing \leq 12$  mm dengan tegangan leleh ( $f_y$ ) = 400 MPa.





Gambar 1.1 Denah lokasi

Struktur bawah gedung menggunakan pondasi telapak, sedangkan pada struktur atas gedung dengan plat beton dan rangka kuda-kuda penutup void dengan baja profil.

### 1.5 Metode Perencanaan

Dalam merencanakan Gama Book Plaza, metode perencanaan dibagi menjadi beberapa langkah, yaitu:

- Mengumpulkan data, yang berupa denah situasi, denah ruang, data tanah.
- Mengumpulkan literatur sebagai dasar perencanaan.
- Merencanakan spesifikasi struktur yang akan direncanakan.
- Menganalisis spesifikasi struktur yang direncanakan.
- Menggambar penulangan elemen struktur.

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1. Perencanaan Atap

Dalam perencanaan ulang Gama Book Plaza Jogjakarta, perencanaan atap mengacu pada metode *Allowable Stress Design* dari AISC.

##### 3.1.1. Perencanaan Gording

- **Kontrol Tegangan**

$$\frac{f_{bx}}{0,66 \cdot f_y} + \frac{f_{by}}{0,75 \cdot f_y} \leq 1,0 \quad (3.1)$$

$$f_{bx} = \frac{M_{\perp \max}}{S_x} \quad (3.2)$$

$$f_{by} = \frac{M_{\parallel \max}}{S_y} \quad (3.3)$$

Dimana:

$f_{bx}$  : tegangan lentur arah sumbu x (Mpa)

$f_{by}$  : tegangan lentur arah sumbu y (Mpa)

$f_y$  : tegangan leleh baja (Mpa)

$S_x$  : Modulus elastis tampang arah sumbu x ( $m^3$ )

$S_y$  : Modulus elastis tampang arah sumbu y ( $m^3$ )

$M_{\perp}$  : momen tegak lurus sumbu batang (kNm)

$M_{\parallel}$  : momen sejajar sumbu batang (kNm).

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b : \rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \quad \dots\dots\dots (3.43)$$

dimana:

0,75.  $\rho_b$  = rasio penulangan keadaan seimbang, dimana jumlah tulangan baja tarik tidak boleh melebihi 75% dari jumlah tulangan tarik yang diperlukan untuk mencapai keseimbangan regangan.

$f_y$  = Kuat tarik baja (Mpa)

$f_c'$  = Kuat tekan beton (Mpa)

$\beta_1$  = Konstanta yang merupakan fungsi dari kelas kuat beton.

Pada pelat dua arah, tulangan momen positif untuk kedua arah dipasang saling tegak lurus. Karena momen positif untuk kedua arah dipasang saling tegak lurus. Karena momen positif arah bentang pendek ( $x$ ) lebih besar, maka tulangan bentang pendek diletakkan pada lapis bawah agar memberikan *tinggi manfaat* ( $d$ ) yang besar.

$$d_x = h - P_b - 1/2 \Phi_{tulangan\ x} \quad \dots\dots\dots (3.44)$$

$$d_y = h - P_b - \Phi_{tulangan\ y} - 1/2 \Phi_{tulangan\ y} \quad \dots\dots\dots (3.45)$$

$d_y$  untuk tulangan tumpuan arah  $y$  ( $t_y$ ) sama dengan  $d_x$  untuk tulangan tumpuan arah  $x$  ( $t_x$ ).

- **Menentukan Luas Tulangan ( $A_s$ ) Arah X dan Y**

$$R_n = \frac{M_u / \phi}{b \cdot d^2} \quad \dots\dots\dots (3.46)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \quad \dots\dots\dots (3.47)$$

= 0,003 bersamaan dengan regangan baja mencapai leleh  $\epsilon_s = \epsilon_y$ .

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \quad \dots\dots\dots (3.54)$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \quad \dots\dots\dots (3.55)$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b \quad \dots\dots\dots (3.56)$$

Dalam perencanaan dipakai nilai  $\rho = \rho_{pakai} = 0,5 \rho_{maks}$  ..... (3.57)

Dimana:

$\rho_b$  = rasio tulangan terhadap beton efektif dalam keadaan seimbang

$\rho_{maks}$  = rasio tulangan maksimum

$\rho_{min}$  = rasio tulangan minimum

**Menentukan tinggi efektif (d) dan lebar (b) penampang beton**

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \quad \dots\dots\dots (3.58)$$

$$R_n = \rho \cdot f_y \left( 1 - \frac{1}{2} \rho \cdot m \right) \quad \dots\dots\dots (3.59)$$

$$b \cdot d_{perlu} = \frac{M_n}{R_n} \quad \dots\dots\dots (3.60)$$

$$d_{perlu} = \sqrt{\frac{M_n}{R_n \cdot b}} \quad \dots\dots\dots (3.61)$$

Dimana:  $m$  = perbandingan isi tulangan memanjang

$R_n$  = koefisien tahanan untuk perencanaan kuat (Mpa)

$d$  = tinggi efektif penampang balok (mm)

$M_n$  = kapasitas lentur nominal yang terjadi (Nmm)

Menentukan diameter ( $\phi_{tul. rencana}$ ) dan penutup beton ( $P_b$ )

3. Bila  $\phi V_c < V_u \leq \phi(3V_c)$ , maka diperlukan tulangan geser untuk menahan gaya geser kelebihan:

$$V_{s_{perlu}} = V_u - \phi V_c \quad \dots\dots\dots (3.90)$$

$$S = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{V_s} \quad \dots\dots\dots (3.91)$$

Dengan spasi:  $s \leq \frac{d}{2}$  atau  $s \leq 600 \text{ mm}$  \dots\dots\dots (3.92)

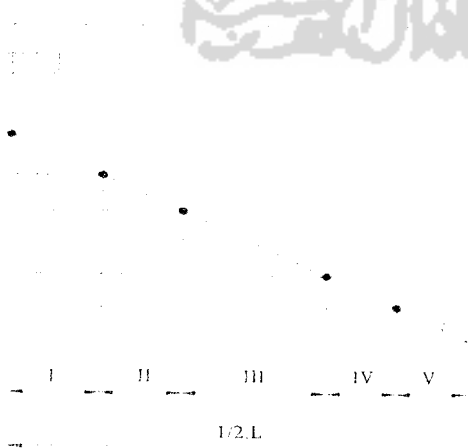
4. Bila  $\phi(3V_c) < V_u \leq \phi(5V_c)$ , maka diperlukan tulangan geser untuk menahan gaya geser kelebihan:

$$V_{s_{perlu}} = V_u - \phi V_c \quad \dots\dots\dots (3.93)$$

$$S = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{V_s} \quad \dots\dots\dots (3.94)$$

Dengan spasi:  $s \leq \frac{d}{4}$  atau  $s \leq 300 \text{ mm}$  \dots\dots\dots (3.95)

5. Jika  $V_u > \phi(5V_c)$  pada kejadian ini ukuran penampang balok harus diperbesar.



Gambar 3.3 Diagram Gaya Geser Balok

#### D. Kontrol kapasitas lentur yang terjadi:

$$\rho = \frac{As_{ada}}{b.d} \dots\dots\dots(3.80)$$

$$\rho' = \frac{As'_{ada}}{b.d} \dots\dots\dots(3.81)$$

$$\rho_1 = (\rho - \rho') \dots\dots\dots(3.82)$$

$$fs' = 600 \left( 1 - \frac{0.8 \cdot fc' \cdot \beta_1 \cdot d'}{\rho_1 \cdot fy \cdot d} \right) \dots\dots\dots(3.83)$$

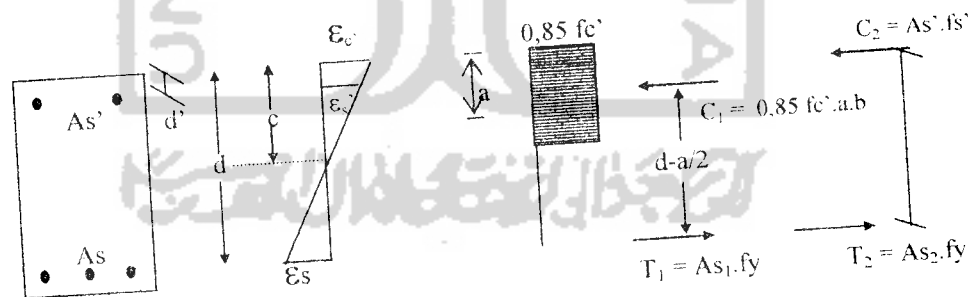
Jika:  $fs' \geq fy$ , maka  $fs' = fy$

$fs' < fy$ , maka dipakai  $fs' = fs'$

$$a = \frac{As_1 \cdot fy - As' \cdot fs'}{0.85 \cdot fc' \cdot b} \dots\dots\dots(3.89)$$

$$Mn_1 + Mn_2 = Mn$$

$$(As_1 \cdot fy - As' \cdot fs') \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right) + As' \cdot fs' \cdot (d - d') \geq Mn = \frac{Mu}{\phi} \dots\dots\dots(3.85)$$



**Gambar 3.2.** Analisis Balok Tulangan Rangkap

Dimana:

$C_1$  = resultante gaya tekan oleh beton (Kn)

$C_2$  = resultante gaya tekan oleh tulangan baja tekan (Kn)

$T_1$  = resultante gaya tarik oleh tulangan baja tarik (Kn)

Apabila struktur mengalami gaya aksial cukup besar,  $T_c$

$$\text{dikalikan } 1 + 0,3 \cdot \frac{N_u}{A_g} \quad \dots\dots\dots (3.101)$$

$$\text{Jika } \frac{T_u}{\phi} \leq T_c \rightarrow \text{ torsi diabaikan}$$

$$\text{Jika } \frac{T_u}{\phi} > T_c \rightarrow \text{ perlu tulang torsi}$$

$$\text{Jika } \frac{T_u}{\phi} > 4T_c \rightarrow \text{ tampang diperbesar}$$

6. Menghitung kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh tulang torsi ( $T_s$ ),  $T_s = T_n - T_c$  ..... (3.102)

Dihitung nilai:

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_s}{a_1 \cdot x_1 \cdot y_1 \cdot f_y} \quad \dots\dots\dots (3.103)$$

$$\text{dengan koefisien } \alpha_1 = \frac{1}{3} \left( 2 + \frac{y_1}{x_1} \right) \quad \dots\dots\dots (3.104)$$

7. Hitung tulang geser (sengkang)

Bila  $V_c < \frac{V_u}{\phi}$ , maka diperlukan tulang geser

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad \dots\dots\dots (3.105)$$

$$V_c = \frac{\left( \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \right)}{\sqrt{a + \left( 2,5 \cdot C_t \cdot \frac{T_u}{V_u} \right)^2}} \quad \dots\dots\dots (3.106)$$

Dapat total luas sengkang:

dimana:

$C_c$  = Gaya tekan oleh beton

$C_s$  = Gaya tekan oleh tulangan baja tekan dan beton

Dengan nilai  $f_s'$  sebagai berikut:

$$f_s' = \frac{xb - d'}{xb} \cdot 600 \quad \dots\dots\dots (3.125)$$

Jika  $f_s' \geq f_y$ ;  $f_s' = f_y$

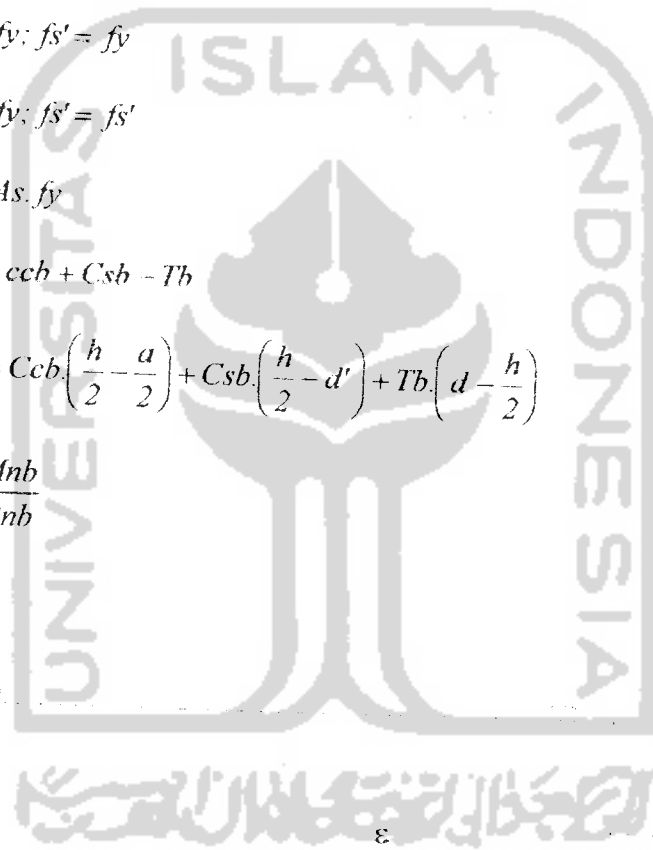
$f_s' < f_y$ ;  $f_s' = f_s'$

$$T_b = A_s \cdot f_y \quad \dots\dots\dots (3.126)$$

$$P_{nb} = c_c h + C_{sb} - T_b \quad \dots\dots\dots (3.127)$$

$$M_{nb} = C_{cb} \left( \frac{h}{2} - \frac{a}{2} \right) + C_{sb} \left( \frac{h}{2} - d' \right) + T_b \left( d - \frac{h}{2} \right) \quad \dots\dots\dots (3.128)$$

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} \quad \dots\dots\dots (3)$$



**Gambar 3.4** Keadaan seimbang regangan-penampang kolom persegi



#### 4. Menentukan nilai $x$ yang akan digunakan

Jika  $x > x_b$ ; kolom ditinjau terhadap kegagalan akibat desak

Jika  $x < x_b$ ; kolom ditinjau terhadap kegagalan akibat tarik

$$\text{Dimana: } x_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d \quad \dots\dots\dots (3.130)$$

$x$  = jarak serat terluar beton ke titik tinjau (mm)

$x_b$  = jarak serat terluar beton ke titik tinjau, dalam keadaan seimbang

Syarat kegagalan:

- Runtuh seimbang,  $x = x_b$  ..... (3.131)

- Runtuh desak,  $M_n < M_{nb}$ ;  $e < e_b$ ;  $P_n > P_{nb}$  ..... (3.132)

- Runtuh tarik,  $M_n < M_{nb}$ ;  $e > e_b$ ;  $P_n < P_{nb}$  ..... (3.133)

Dihitung:

$$a = \beta_1 \cdot x \quad \dots\dots\dots (3.134)$$

$$f_s' = \frac{x_b - d'}{x_b} \cdot 600 \quad \dots\dots\dots (3.135)$$

$$f_s = \frac{d - x}{x} \cdot 600 \leq f_y \quad \dots\dots\dots (3.136)$$

Jika:  $f_s' > f_y$ ;  $f_s' = f_y$  dan jika:  $f_s' < f_y$ ;  $f_s' = f_y$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot (x_b \cdot \beta_1) \quad \dots\dots\dots (3.137)$$

$$C_s = A_s' \cdot (f_s' - 0,85 \cdot f_c') \quad \dots\dots\dots (3.138)$$

$$T = A_s \cdot f_y \quad \dots\dots\dots (3.139)$$

$$P_n = C_c + C_s - T \quad \dots\dots\dots (3.140)$$

$$M_n = C_c \cdot \left( \bar{y} - \frac{a}{2} \right) + C_s \cdot (\bar{y} - d') + T \cdot (d - \bar{y}) \quad \dots\dots\dots (3.141)$$

$$\psi = \frac{\sum (EI/l)_{kolom}}{\sum (EI/l)_{balok}} \quad \dots\dots\dots (3.145)$$

kemudian nilai  $\psi$  diplotkan ke dalam grafik nomogram atau grafik *alignment*, sehingga didapat nilai  $k$ .

Batasan-batasan kolom disebut langsing adalah:

$$\frac{k.l_u}{r} > 34 - 12 \frac{M_{1b}}{M_{2b}}, \text{ untuk rangka dengan pengaku lateral (tak}$$

bergoyang)  $\geq 22$ , untuk rangka tanpa pengaku atau portal bergoyang.

Dimana:  $M_{1b}$  dan  $M_{2b}$  adalah momen-momen ujung terfaktor pada kolom yang posisinya berlawanan ( $M_{1b} \leq M_{2b}$ ).

## 2. Menentukan Momen Rencana

$$M \text{ rencana} = \delta b.M_{2b} + \delta s.M_{2s} \quad \dots\dots\dots (3.146)$$

$$\delta b = \frac{C_m}{1 - P_u/P_{uc}} \geq 1,0 \quad \dots\dots\dots (3.147)$$

$$C_m = 0,6 + 0,4 \frac{M_{1b}}{M_{2b}} \geq 0,4 \quad \dots\dots\dots (3.148)$$

$$\delta s = \frac{1}{a - \frac{\sum P_u}{\phi \sum P_c}} \quad \dots\dots\dots (3.149)$$

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot EI}{(k.l_u)^2} \text{ (rumus Euler)} \quad \dots\dots\dots (3.150)$$

Pada SK SNI T-15-1991-03 pada 3.3.11 ayat 5.2, memberikan ketentuan untuk memperhitungkan  $EI$  sebagai berikut:

$$EI = \frac{I/5 \cdot (E_c I_g) + E_s I_{se}}{1 + \beta_d} \quad \dots\dots\dots (3.151)$$

$$q = 30 \left\{ 1 - \frac{4}{3} \cdot \frac{\rho - \rho'}{\rho_b} \right\} \% \quad \dots\dots\dots (3.163)$$

Dengan syarat apabila tulangan lentur balok portal telah direncanakan ( $\rho - \rho'$ ) tidak boleh melebihi  $0,5 \cdot \rho_b$ . Momen lapangan dan tumpuan pada bidang muka kolom yang diperoleh dari hasil redistribusi selanjutnya digunakan untuk menghitung penulangan lentur yang diperlukan. Untuk portal dengan daktilitas penuh perlu dihitung kapasitas lentur sendi plastis balok yang besarnya ditentukan sebagai berikut:

$$M_{kap,b} = \Phi_o \cdot M_{nak,b} \quad \dots\dots\dots (3.164)$$

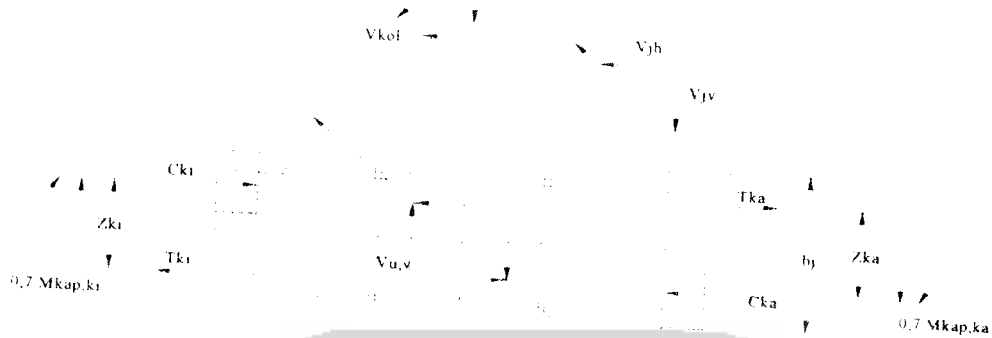
dimana:  $M_{kap,b}$  = kapasitas lentur aktual balok pada pusat pertemuan balok -- kolom dari luar tulangan yang sebenarnya terpasang.

$M_{nak,b}$  = kapasitas lentur nominal balok dari luas tulangan yang sebenarnya terpasang.

$\Phi_o$  = faktor penambahan kekuatan sebesar 1,25 untuk  $f_y < 400$  Mpa dan 1,40 untuk  $f_y > 400$  Mpa.

### 3.6.2 Perencanaan balok portal terhadap gaya geser

Kuat geser balok portal yang dibebani oleh beban gravitasi sepanjang bentangnya harus dihitung dalam kondisi terjadi sendi-sendi plastis pada kedua ujung balok portal tersebut, dengan tanda yang berlawanan. Besarnya gaya geser rencana ( $V_u$ ) yang harus ditahan oleh komponen struktur lentur tahan gempa dengan daktilitas 3 (daktilitas penuh) adalah:



Gambar 3.12 Panel Pertemuan Balok dan Kolom

Keterangan:

$$V_{jh} = C_{ki} + T_{ka} - V_{kol} \dots\dots\dots (3.176)$$

$$C_{ki} - T_{ki} = 0,70 \frac{M_{kap,ki}}{Z_{ki}} \dots\dots\dots (3.177)$$

$$T_{ka} = C_{ka} = 0,70 \frac{M_{kap,ka}}{Z_{ka}} \dots\dots\dots (3.178)$$

$$V_{kol} = \frac{0,70 \left( \frac{I_{ki}}{I_{ki}'} M_{kap,ki} + \frac{I_{ka}}{I_{ka}'} M_{kap,ka} \right)}{\frac{1}{2} (h_{ka} + h_{ki})} \dots\dots\dots (3.179)$$

Tegangan geser horizontal nominal dalam joint adalah sebagai berikut:

$$V_{jh} = \frac{V_{jh}}{b_j \cdot h_c} < 1,5 \sqrt{f_c'} (Mpa) \dots\dots\dots (3.180)$$

- d. Lebar *antrede* ideal  $\geq 30$  cm, diambil nilai lebar *antrede* ( $L_a$ ) = 30 cm.

$$\text{Jumlah antrede} = \text{jumlah optrede} - 2 \quad \dots\dots\dots(3.193)$$

Tangga dibagi menjadi dua (2) bagian, sehingga panjang bentang tangga

$$P_t = (L_a \times \text{jumlah antrede}/2 + LB \leq 4,50 \text{ meter} \quad \dots\dots\dots(3.194)$$

2. Menentukan tebal pelat tangga ( $h_1$ ) dan lebar tangga ( $L_1$ )

Untuk panjang bentang tangga  $\pm 4,50$  meter

- a. Diambil nilai tebal pelat ( $h$ ) : 15 cm  
 b. Sudut kemiringan ideal tangga antara  $30^0 - 35^0$  misal diambil sudut perkiraan awal ( $\alpha$ ) =  $30^0$ , maka tebal pelat sisi miring ( $h'$ ):

$$h' = \frac{h}{\cos \alpha} \quad \dots\dots\dots(3.195)$$

$$\text{Sehingga sudut tangga sebenarnya } (\alpha') : \alpha' = \frac{h'}{L_a} \quad \dots\dots\dots(3.196)$$

- c. Jarak antar as-as kolom ( $d$ ) dalam meter dapat diketahui, sehingga jarak bersih antar as-as kolom ( $d'$ ):

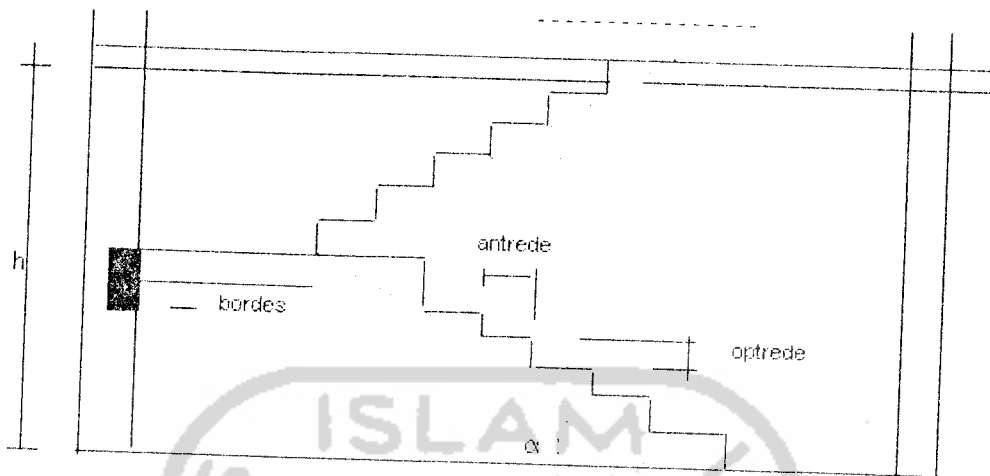
$$d' = d - 2 (1/2 \text{ lebar balok induk}) \quad \dots\dots\dots(3.197)$$

- d. Jarak antar balok-tangga, jarak antar tangga-tangga, diambil nilai = 10 cm, sehingga lebar bersih untuk 1 buah tangga:

$$L_t = \frac{1}{2} (d' - (3 \times 0,1)) \geq 1,20 \text{ meter} \quad \dots\dots\dots(3.198)$$

3. Menentukan tulangan tangga

Untuk perhitungan penulangan pelat tangga sama dengan perhitungan pada penulangan pelat lantai.



Gambar 3.13 Perencanaan Tangga

### 3.7.2 Perencanaan Tulangan Tangga

Perencanaan tulangan pada tangga diambil momen terbesar di daerah tumpuan maupun lapangan, baik pada tangga sebelah atas atau bawah bordes.

Digunakan penutup beton ( $P_b$ ) 20 cm, sehingga:

$$d_x = h - P_b - 1/2 \cdot \varnothing_{tul.x} \quad \dots\dots\dots (3.199)$$

$$d_y = h - P_b - \varnothing_{tul.x} - 1/2 \cdot \varnothing_{tul.y} \quad \dots\dots\dots (3.200)$$

Menghitung rasio tulangan perlu ( $\rho$ ):

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \rho \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \quad \dots\dots\dots (3.201)$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b \quad \dots\dots\dots (3.202)$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \quad \dots\dots\dots (3.203)$$

$$R_n = \frac{M_u / \Phi}{h \cdot d^2} \quad \dots\dots\dots (3.204)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \quad \dots\dots\dots (3.205)$$

$$\rho_{ada} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \quad \dots\dots\dots (3.206)$$

Jika  $\rho_{ada} > \rho_{maks}$  → tebal minimum (h) harus perbesar

Jika  $\rho_{min} < \rho_{ada} < \rho_{maks}$  → dipakai nilai :  $\rho_{paksi} = \rho_{ada}$

Jika  $\rho_{ada} < \rho_{maks}$

>  $\rho_{min}$ , maka :

$1,33 \cdot \rho_{ada} > \rho_{min}$  → dipakai nilai :  $\rho_{perlu} = \rho_{min}$

$0,002 < 1,33 \cdot \rho_{ada} < \rho_{min}$  → dipakai nilai :  $\rho_{perlu} = 1,33 \cdot \rho_{ada}$

Setelah didapatkan nilai  $\rho_{perlu}$ , maka:

$$A_{Sperlu} = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d \quad \dots\dots\dots (3.207)$$

Nilai lebar pelat (b), diambil tiap 1 meter (1000 mm)

$$\text{Jarak antar tulangan : } s \leq \frac{A_1 b}{A_{Sperlu}} \quad \dots\dots\dots (3.208)$$

$$\text{Sehingga didapatkan nilai } A_{Sada} : A_{Sada} = \frac{A_1 b}{s} \quad \dots\dots\dots (3.209)$$

- Kontrol kapasitas lentur pelat yang terjadi:

$$a = \frac{A_{Sada} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot h} \quad \dots\dots\dots (3.210)$$

$$M_n = A_{ada} \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right) \geq \frac{M_u}{\Phi} \quad \dots\dots\dots (3.211)$$

Bila  $\rho_{perlu} = 1,33 \cdot \rho_{ada}$ , maka:

- Gaya geser akibat beban luar ( $V_u$ ) yang bekerja pada penampang kritis:

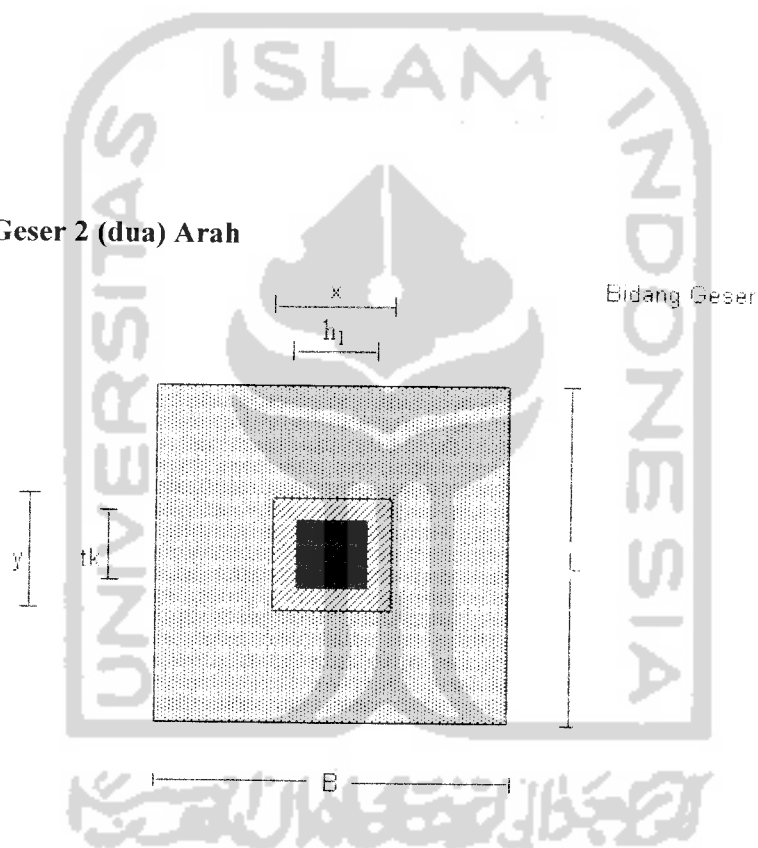
$$V_u = n \cdot P \cdot q_u \quad \dots\dots\dots (3.226)$$

$$n = \frac{L - b_k - 2 \cdot d}{2} \quad \dots\dots\dots (3.227)$$

- Kekuatan beton menahan geser ( $V_c$ ):

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot L \cdot d \geq V_u / \Phi \quad \dots\dots\dots (3.228)$$

### 3.8.2.2. Geser 2 (dua) Arah



**Gambar 3.16** Daerah geser 2 (dua) arah pada penampang pondasi

$$x = h_k + d \quad \dots\dots\dots (3.229)$$

$$y = t_k + d \quad \dots\dots\dots (3.230)$$

- Gaya geser akibat beban luar yang bekerja pada penampang kritis pondasi:



$$V_u = q_u \cdot (B \cdot L) - (x \cdot y) \quad \dots\dots\dots (3.231)$$

- Kekuatan beton menahan geser:

$$\beta_c = \frac{\text{sisi panjang}}{\text{sisi pendek}} \quad \dots\dots\dots (3.232)$$

$$b_o = 2 \cdot (x + y) \quad \dots\dots\dots (3.233)$$

$$V_{c1} = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) (2 \cdot \sqrt{f_c'}) \cdot b_o \cdot d \quad \dots\dots\dots (3.234)$$

$$V_{c2} = 4 \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \quad \dots\dots\dots (3.235)$$

- Kontrol gaya geser (digunakan nilai yang terkecil dari  $V_{c1}$  dan  $V_{c2}$ ):

$$V_c \geq \frac{V_u}{\Phi} \quad \dots\dots\dots (3.236)$$

Eksentrisitas yang terjadi:

$$e_x = \frac{M_x}{P} \quad \dots\dots\dots (3.237)$$

$$e_y = \frac{M_y}{P} \quad \dots\dots\dots (3.238)$$

Kontrol tegangan yang terjadi:

$$\alpha = \frac{P}{(L \cdot (B - 2 \cdot e_x)) + (B \cdot (L - 2 \cdot e_y))} < 1,5 \cdot \alpha_{\text{netto tanah}} \quad \dots\dots\dots (3.239)$$

### 3.8.3 Kuat Tumpuan Pondasi

- Kuat tumpuan pondasi

$$\phi \cdot P_n = \phi \cdot (0,85 \cdot f_c' \cdot A_1 \cdot 2) \quad \dots\dots\dots (3.240)$$

- Kuat tumpuan pondasi

$$\phi \cdot P_n = \phi \cdot (0,85 \cdot f_c' \cdot A_1) \quad \dots\dots\dots (3.241)$$

- Kontrol kuat tumpuan

**Beban Angin**

W angin di darat (SKBI '87) = 25 kg/m<sup>2</sup>

Koefisien angin menurut peraturan pembebanan untuk gedung 1987 (SKBI '87),

untuk  $\alpha < 65^\circ$ , diketahui  $\alpha = 35^\circ$

$$\text{Tekan} = C1 = 0,02 \cdot \alpha - 0,4 = 0,02 \cdot 35 - 0,4 = 0,3$$

$$\text{Tarik} = C2 = -0,4$$

**Beban yang bekerja :**

$$W_t = C1 \times w = 0,3 \times 25 = 7,5 \text{ kg/m}^2$$

$$W_h = C2 \times w = -0,4 \times 25 = -10 \text{ kg/m}^2$$

**Beban masing-masing joint :**

$$\circ P1 = P7$$

$$\text{Berat gording} = 4,96 \times 4,0 = 19,8 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat penutup atap x jarak KK x } \frac{1}{2} \text{ jarak gording} \\ = 10 \times 4,0 \times \frac{1}{2} \cdot 1,628 = 32,56 \text{ kg} + \end{aligned}$$

$$\text{Berat beban mati} = 52,36 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup} &= \text{beban air x jarak kuda-kuda x jarak gording} \\ &= 12 \times 4 \times \frac{1}{2} \cdot 1,628 = 39,072 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Beban hidup terpusat ( beban pekerja) = 100 kg (\approx 1kN)}$$

$$\circ P2 = P3 = P5 = P6$$

$$\text{Berat gording} = 4,96 \times 4,0 = 19,8 \text{ kg}$$

Berat penutup atap

$$= 10 \times 4 \times ((1/2 \times 1,628) + (1/2 \times 1,628)) = 65,12 \text{ kg} +$$

$$\text{Beban mati} = 84,92 \text{ kg}$$

Beban hidup = beban hujan x jarak kuda-kuda x jarak gording

$$= 12 \times 4 \times \frac{1}{2} \cdot 1,628 = 39,072 \text{ kg}$$

Beban hidup terpusat ( beban pekerja) = 100 kg

◦ P4

$$\text{Berat gording} = 4,96 \times 4,0 = 19,8 \text{ kg}$$

$$\text{Berat penutup atap} = 10 \times 4 \times ((1/2 \times 2) + (1/2 \times 2)) = 65,12 \text{ kg} +$$

$$\text{Beban mati} = 84,92 \text{ kg}$$

Beban hidup (hujan) = beban air x jarak kuda-kuda x jarak gording

$$= 12 \times 4 \times \frac{1}{2} \cdot 1,628 = 39,072 \text{ kg}$$

Beban hidup (pekerja) = 100 kg (terpusat)  $\approx$  1kN

### Beban Angin

W angin di darat (SKBI '87) =  $25 \text{ kg/m}^2$

Koefisien angin menurut peraturan pembebanan untuk gedung 1987 (SKBI '87),

untuk  $\alpha < 65^\circ$ , diketahui  $\alpha = 35^\circ$

$$\text{Tekan} = C1 = 0,02 \cdot \alpha - 0,4 = 0,02 \cdot 35 - 0,4 = 0,3$$

$$\text{Tarik} = C2 = -0,4$$

Beban yang bekerja :

$$W_t = C1 \times w = 0,3 \times 25 = 7,5 \text{ kg/m}^2$$

$$W_h = C2 \times w = -0,4 \times 25 = -10 \text{ kg/m}^2$$

### Angin kiri

◦ Sisi kiri

$$W_{t1} = 7,5 \times (\frac{1}{2} \times 1,628) \times 4,0 = 24,42 \text{ kg}$$

$$X = 14 ; Z = 20$$

Luas tampang perlu

$$A_{g1} = \frac{P}{0,6F_y} = \frac{61,96}{0,6 \times 2400} = 0,043 \text{ cm}^2$$

$A_{g2}$ , Diketahui  $\mu = 0,75$  (untuk profil dengan jumlah baut 2 buah dalam 1 baris).

$$\phi_{\text{baut}} = \frac{1''}{2} = 12,7 \text{ mm} = 1,27 \text{ cm}$$

$$t_p = 8 \text{ mm} = 0,8 \text{ cm}$$

$$P_{\text{baut}} = A_{\text{geser}} \cdot F_g = \frac{\pi}{4} \cdot 1,27^2 \cdot 0,22 \cdot 8250 \cdot 2 = 4598 \text{ kg}$$

$$= A_{\text{tumpu}} \cdot F_t = 1,27 \cdot 0,4 \cdot 1,2 \cdot 3700 = 2255 \text{ kg}$$

$$A_{g2} = \frac{P}{0,50 \cdot F_u \cdot \mu} + \left( \frac{1''}{8} + \phi_{\text{baut}} \right) \cdot t_p \cdot n$$

$$= \frac{61,96}{0,50 \cdot 3700 \cdot 0,75} + (0,3175 + 1,27) \cdot 1 \cdot 2$$

$$= 3,22 \text{ cm}^2$$

Dicoba profil 2L 35x35x4

$$A = 2 \times 2,67 = 5,34 \text{ cm}^2 \quad w = 2 \times 2,1 = 4,2 \text{ kg/m}$$

$$r = 1,05 \text{ cm} \geq r_{\text{min}} = 0,678 \text{ cm} \rightarrow \text{dipakai } r = 1,05 \text{ cm}$$

Cek Kelangsingan :

$$KL/r = 1 \cdot 162,77 / 1,05 = 155 < 240 \dots\dots\text{Ok.}$$

$$A_{\text{netto}} = A_{\text{profil}} - (\phi_{\text{baut}} + 1/8'') \cdot t_p \cdot n$$

$$= (5,34) - (1,27 + 0,3175) \cdot 1 \cdot 2$$

$$= 2,165 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{efektif}} = \mu \cdot A_{\text{netto}} = 0,75 \cdot 2,165 = 1,62 \text{ cm}^2$$

Kontrol tegangan

$$\frac{P}{A_{profil}} \leq 0,6 F_y \Rightarrow \frac{61,96}{5,34} \leq 0,6 \cdot 2400$$

$$11,6 \text{ kg/cm}^2 \leq 1440 \text{ kg/cm}^2 \dots\text{Ok}$$

$$\frac{P}{A_{efektif}} \leq 0,5 F_u \Rightarrow \frac{61,96}{1,62} \leq 0,5 \cdot 3700$$

$$38,2 \leq 1850 \text{ kg/cm}^2$$

karena batang atas terdapat juga batang tekan maka dicek juga sebagai batang tekan.

Batang Tekan

Gaya P Tekan (-) maksimal ( P maks ) = 1246 kg

Panjang batang maksimal = 126,77 cm

$$A_{bruto} = \frac{P}{0,6 \cdot F_y} = \frac{1263}{0,6 \cdot 2400} = 0,87 \text{ cm}^2$$

$$r_{min} = \frac{L}{240} = \frac{126,77}{240} = 0,528 \text{ cm}^2$$

$$A_{eff\ perlu} = \frac{P}{0,5 \cdot F_u} = \frac{1263}{0,5 \cdot 3700} = 0,68 \text{ cm}^2$$

$$A_{netto} = \frac{A_{eff\ perlu}}{\mu} = \frac{0,68}{0,75} = 0,9 \text{ cm}^2$$

⇒ Profil yang digunakan 2L 35X35X4

$$A = 2 \times 2,67 = 5,34 \text{ cm}^2$$

$$W = 2 \times 2,1 = 4,2 \text{ kg/m}$$

$$r = 1,05$$

Cek Local Buckling :

$$\frac{bf}{tw} \leq \frac{76}{\sqrt{F_y}} \Rightarrow (F_y \text{ dalam ksi})$$

$$\frac{35}{4} \leq \frac{76}{\sqrt{34.809}} \Rightarrow 8,75 \leq 12,881 \dots \text{Ok.}$$

Cek kelangsingan :

$$\frac{KL}{r} = \frac{1.126,77}{1,05} < C_c = \frac{6400}{\sqrt{F_y}}$$

$$= 120,7 < 130,639$$

$$\text{Maka } F_s = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \cdot \frac{KL/r}{C_c} - 1/8 \cdot \left( \frac{KL/r}{C_c} \right)^3$$

$$= \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \cdot \frac{120,7}{130,639} - 1/8 \cdot \left( \frac{120,7}{130,639} \right)^3$$

$$= 1,914$$

$$F_a = \frac{F_y}{F_s} \cdot \left[ 1 - 0,5 \cdot \left( \frac{KL/r}{C_c} \right)^2 \right]$$

$$= \frac{2400}{1,914} \left[ 1 - 0,5 \cdot \left( \frac{120,7}{130,639} \right)^2 \right]$$

$$= 718,73 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_{maks} = F_a \cdot A = 718,73 \cdot 5,34 = 3838 \text{ kg}$$

b). Batang Bawah :

- Batang Tarik ( $P_{maks}$ ) = 1033.9 kg

- Panjang batang = 200 cm

Syarat batang tarik :

$$\frac{L}{r} \leq 240 \text{ s/d } 300 \quad \Rightarrow r \text{ min} = \frac{L}{240} = \frac{200}{240} = 0,833 \text{ cm}$$

Luas tampang perlu

$$A_{g1} = \frac{P}{0,6F_y} = \frac{1033,9}{0,6 \times 2400} = 0,71 \text{ cm}^2$$

$A_{g2}$ , Diketahui  $\mu = 0,75$  (untuk profil dengan jumlah baut 2 buah dalam 1 baris).

$$\phi_{\text{baut}} = 12,7 \text{ mm} = 1,27 \text{ cm}$$

$$tp = 8 \text{ mm} = 0,8 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A_{g2} &= \frac{P}{0,50 \cdot F_u \cdot \mu} + \left( \frac{1}{8} + \phi_{\text{baut}} \right) \cdot tp \cdot n \\ &= \frac{1033,9}{0,50 \cdot 3700 \cdot 0,75} + (0,3175 + 1,27) \cdot 1,2 \cdot 2 \\ &= 3,28 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dicoba profil 2L 35x35x4

$$A = 5,34 \text{ cm}^2 \quad w = 4,2 \text{ kg/m}$$

$$r = 1,05 \text{ cm} \geq r \text{ min} = 0,833 \text{ cm} \rightarrow \text{dipakai } r = 1,05 \text{ cm}$$

Cek Kelangsingan :

$$KL/r = 1 \cdot 200 / 1,05 = 190 < 240 \text{ .....Ok.}$$

$$A_{\text{netto}} = A_{\text{profil}} - (\phi_{\text{baut}} + 1/8 \text{ "}) \cdot tp \cdot n$$

$$= (2,2,67) - (1,27 + 0,3175) \cdot 0,8 \cdot 2$$

$$= 2,8 \text{ cm}^2.$$

$$A_{\text{efektif}} = \mu \cdot A_{\text{netto}} = 0,75 \cdot 2,8 = 2,1 \text{ cm}^2$$

$$= \frac{216}{0,50 \cdot 3700 \cdot 0,75} + (1,27 + 0,3175) \cdot 0,8 \cdot 2 = 2,695 \text{ cm}^2$$

Dicoba profil 2L 35x35x4

Cek Kelangsingan :

$$\frac{KL}{r} = \frac{1,229}{1,05} \leq 240$$

$$= 218 < 240 \dots\dots \text{Ok.}$$

Anetto = Aprofil - Alubang

$$= 3,7 - (1,27 + 0,3175) \cdot 0,8 \cdot 2 = 1,16 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{efektif}} = 0,75 \cdot A_{\text{netto}} = 0,75 \cdot 1,16 = 0,87 \text{ cm}^2$$

Kontrol tegangan

$$\frac{P}{A_{\text{profil}}} \leq 0,6 F_y \Rightarrow \frac{216}{3,7} \leq 0,6 \cdot 2400$$

$$58,38 \text{ kg/cm}^2 \leq 1440 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{Ok}$$

$$\frac{P}{A_{\text{efektif}}} \leq 0,5 F_u \Rightarrow \frac{216}{0,87} \leq 0,5 \cdot 3700$$

$$248 \text{ kg/cm}^2 \leq 1850 \text{ kg/cm}^2$$

⇒ Profil yang digunakan 2L 35x35x4

\* Batang Tekan :

- P Tekan (-) maks = 3,56 kN = 356 kg

- L = 229 cm

$$\Rightarrow A_{\text{bruto}} = \frac{P}{0,6 \cdot F_y} = \frac{356}{0,6 \cdot 2400} = 0,247 \text{ cm}^2$$



joint puncak

Batang vertikal (tarik)

$$P = 607$$

$$n = \frac{607}{4511} = 0,1345$$

~ Dipakai jumlah minimal baut = 2 buah

Batang diagonal

$$P = 356 \text{ kg}$$

$$n = \frac{356}{4511} = 0,08$$

~ Dipakai 2 buah baut

Untuk sambungn pada joint berikutnya, dengan perhitungan yang sama didapat jumlah baut yang sama pula, yaitu 2 buah, Karen gaya- gaya yang terjadi kurang dari kapasitas dari 1 baut untuk menahan gaya ( $P = 4511 \text{ kg}$ ).

