

BAB III

LANDASAN TEORI

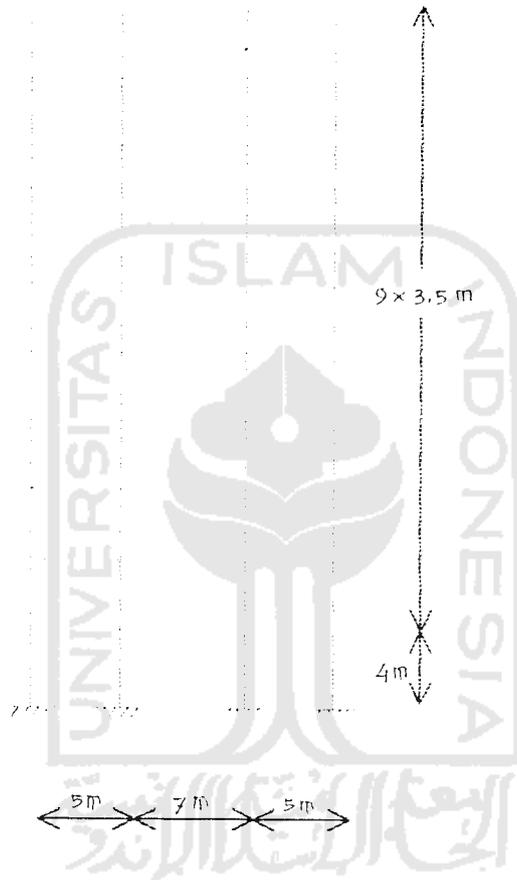
3.1 Umum

Sesuai dengan fungsinya, portal adalah suatu rangka struktur yang harus mampu menahan beban-beban yang bekerja. Portal dengan sistem pengekang dipergunakan untuk mengurangi perpindahan lateral dan untuk memperoleh stabilitas struktur. Dengan menggunakan sistem pengekang diharapkan dapat meningkatkan kekakuan portal secara keseluruhan sehingga lendutan yang disebabkan oleh beban gempa maupun angin dapat dibatasi.

3.2 Struktur Portal Tanpa Bracing.

Sistem portal penahan momen (*momen resisting frame*) seperti Gambar 3.1 haruslah bersifat kaku, sehingga tetap kuat, stabil dan aman selama umur pemakaian. Pada struktur portal ini kekuatan, kekakuan dan kestabilan portal dalam menahan beban lateral tergantung pada masing-masing elemennya. Sambungan titik buhul masing-masing elemen harus kaku, sehingga kemampuan portal dalam menahan beban lateral akan meningkat. Sistem pengekang ini untuk ketinggian tertentu sudah

tidak ekonomis lagi (Merati 1990), karena simpangan yang terjadi cukup besar sehingga dimensi profil jadi cukup besar, maka sistem pengekang ini akan lebih mahal dari sistem pengekang lainnya

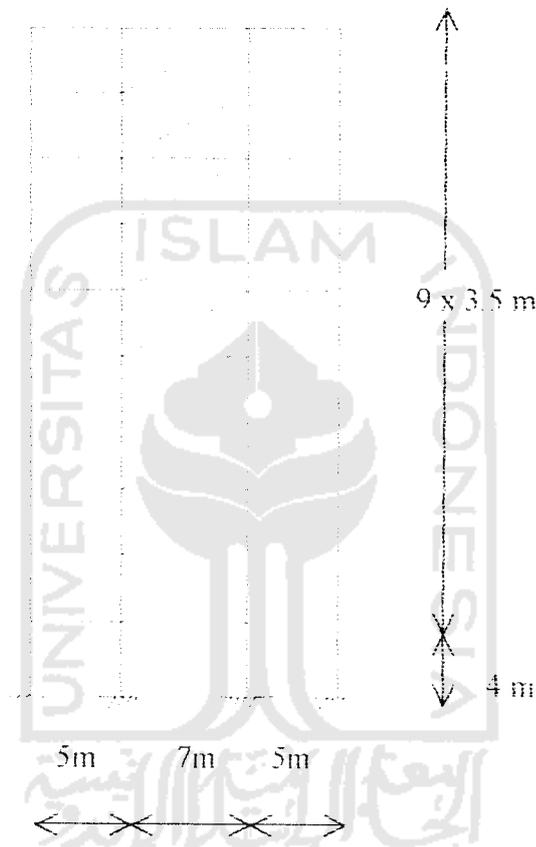


Gambar 3.1 Portal rangka penahan momen

3.3 Portal Dengan Sistem Pengekang Konsentrik

Portal diperkaku konsentrik (*concentrically braced frame*), yaitu struktur portal yang mempunyai sistem pengekang yang terletak pada diagonal setiap petak rangkanya. Rangka pengekang dengan batang-batang diagonal ini mempunyai tiga tipe, yaitu pengekang tipe Z, X dan V. Penempatan elemen pengekang diagonal ini

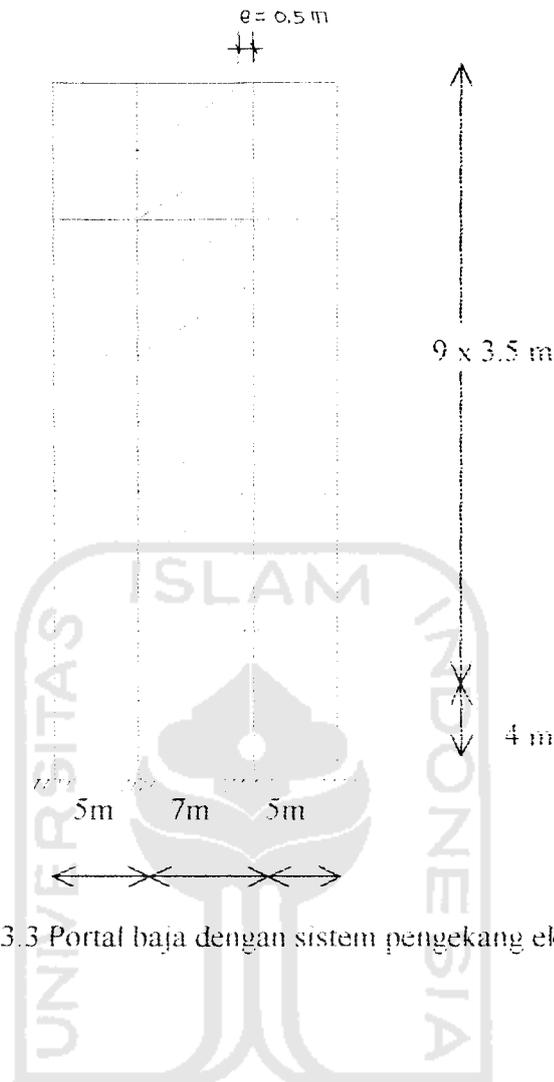
tidak hanya berada pada satu bentang (*bav*) saja, tetapi dapat pula dipasang pada beberapa bentang sejauh masih dipertimbangkan (Wahyudi.I.,1992). Pada sistem pengegang konsentrik tipe Z, batang-batang diagonal dapat berfungsi sebagai batang tarik atau batang tekan tergantung pada pembebanannya seperti pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Portal baja dengan sistem pengegang konsentrik

3.4 Portal Dengan Sistem Pengegang Eksentrik

Portal diperkaku eksentrik adalah sistem pengegang yang diletakkan diagonal, akan tetapi salah satu atau kedua ujung batang pengegang akan terletak pada suatu jarak (cukup pendek) dari titik pertemuan balok dan kolom, seperti pada gambar 3.3.



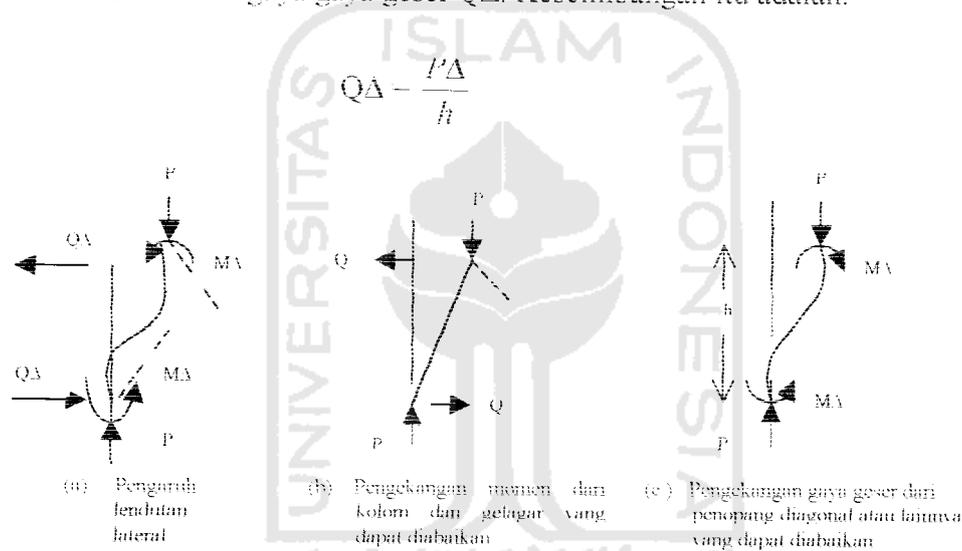
Gambar 3.3 Portal baja dengan sistem pengekang eksentrik

3.5 Simpangan Lateral

Suatu portal diasumsikan sebagai suatu kolom akan mengalami lendutan bila menerima beban lateral. Besarnya lendutan itu tergantung dari beban vertikal dan besarnya beban lateral yang terjadi. Pada gambar 3.4 memperlihatkan gaya-gaya yang timbul pada batang kolom portal akibat lendutan lateral (kearah samping) yang disebabkan oleh gaya horizontal. Momen (M_{Δ}) dan gaya geser (Q_{Δ}) adalah bagian dari momen dan gaya geser yang diperlukan untuk mengimbangi momen P_{Δ} . Syarat keseimbangan untuk keadaan pada Gambar 3.4.a adalah:

$$P_{\Delta} = Q_{\Delta} \cdot h + 2M_{\Delta}$$

Pada portal akan terjadi simpangan akibat dari beban lateral tanpa memandang komponen-komponen batangnya. Namun cara mempertahankan keseimbangan terhadap momen $P\Delta$ berlainan, tergantung pada kondisi pengekangan (*restraint*). Gedung dengan rangka batang vertical yang bertitik tumpu sendi, pada pembebanan lateral tersebut tidak memiliki kontinuitas di tumpuannya sehingga momen tidak terjadi, lihat Gambar 3.4.b, sedangkan batang diagonal dan horizontal harus memikul semua gaya geser $Q\Delta$. Keseimbangan itu adalah:

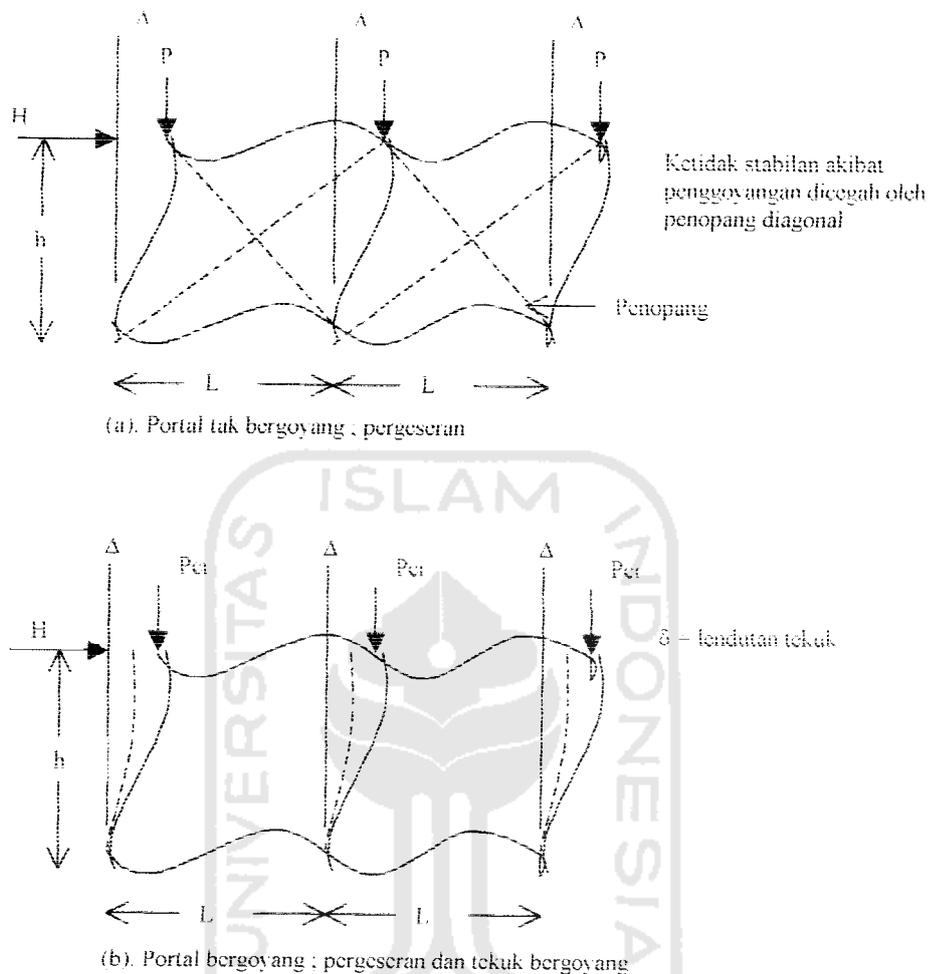


Gambar 3.4 Momen lentur sekunder akibat $P\Delta$ pada portal

Sebaliknya, jika batang-batang disambung secara kaku tanpa batang diagonal, daya tahan terhadap gaya geser akan sangat kecil. Dengan mengabaikan daya tahan geser (*shear resistance*),

$$M_{\Delta} = \frac{P\Delta}{2}$$

Lihat, Gambar 3.4.c. Dalam hal ini gelagar dan kolom harus memikul momen M_{Δ} .



Gambar 3.5 Perbandingan antara portal tak bergoyang dan bergoyang

3.6 Analisa Beban Gempa

Pada perencanaan struktur bangunan tahan gempa harus diperhitungkan beban lateral akibat beban gempa. Pada penelitian numeris ini, metode analisis beban gempa menggunakan analisis beban gempa statik ekuivalen yang sesuai dengan PPTGIIUG (1983) sebagai berikut ini :

3.6.1 Gaya geser dasar (V)

Gaya geser dasar merupakan gaya geser horisontal total yang besarnya dihitung dengan persamaan berikut ini,

$$V = C \cdot I \cdot K \cdot W_t \quad (3.1)$$

dengan : C = koefisien gempa dasar

I = factor keutamaan gedung

K = factor jenis gedung

W_t = berat total struktur

3.6.2 Koefisien gempa dasar (C)

Koefisien gempa dasar ditentukan sesuai dengan wilayah gempa dimana bangunan berada, dengan memakai waktu getar alami struktur. Untuk struktur portal baja, rumus untuk mencari waktu getar alami adalah sebagai berikut:

Untuk struktur tanpa pengekang:

$$T = 0.085 \cdot H^{0.75} \quad (3.2)$$

Untuk struktur dengan pengekang:

$$T = \frac{0.09H}{\sqrt{B}} \quad (3.3)$$

dengan : T = waktu getar (detik),

H = tinggi total struktur (m).

B = lebar struktur (m).

3.6.3 Distribusi gaya geser horisontal (Fi)

Beban geser akibat gempa (V) harus dibagikan sepanjang tinggi gedung menjadi beban – beban horisontal terpusat yang menangkap pada masing-masing tingkat menurut rumus berikut ini:

$$F_i = \frac{W_i \cdot h_i}{\sum W_i \cdot h_i} \cdot V \quad (3.4)$$

Untuk $H/B < 3$,

dengan : F_i – beban gempa horizontal yang terpusat pada lantai i (kg),

h_i – tinggi lantai i dari titik penjepitan tanah (m).

W_i = beban vertikal yang disumbangkan pada lantai i (kg).

3.6.4 Waktu getar alami (T)

Waktu getar alami struktur gedung setelah direncanakan dengan pasti harus dicek dengan rumus Reyleigh:

$$T = 0,3 \sqrt{\frac{\sum W_i \cdot \delta_i^2}{g \sum F_i \cdot \delta_i}} \quad (3.5)$$

dengan : W_i = beban vertikal pada lantai i yang digunakan dalam perhitungan beban gempa (kg),

δ_i = lendutan horisontal lantai,

F_i = beban horizontal pada lantai i (kg),

g = percepatan gravitasi (mm/dt).

Apabila waktu getar alami yang dihitung dengan rumus (3.5) ini lebih kecil 80% dari waktu getar hitungan pertama (3.2) untuk stuktur tanpa pengekang, atau (3.3) untuk struktur dengan pengekang, maka beban gempa harus dihitung dengan menggunakan waktu getar yang baru pada rumus (3.5).

3.7 Pendimensian Profil Baja

Sebelum portal tersebut diteliti, selanjutnya adalah mendimensi profil yang aman terhadap kombinasi beban mati, beban hidup dan beban gempa. Profil yang

didimensi adalah profil untuk balok, kolom dan pengekangnya. Hitungan mendimensi menggunakan rumus AISC dengan metode elastis dan menggunakan tabel profil AISC. Rumus-rumus AISC yang digunakan adalah :

3.7.1 Rumus untuk mendimensi komponen struktur profil baja

1. Komponen struktur batang tarik

- Untuk batang yang tidak bersambungan sendi :

Pada daerah tidak ada lubang :

$$T = 0,6F_u A_g \quad (3.6)$$

Pada daerah yang ada lubangnya :

$$T = 0,5F_u A_e \quad (3.7)$$

$$A_e = \mu A_n \text{ dengan } \mu = 0,75 - 1$$

- Untuk batang yang bersambungan sendi :

$$T = 0,45F_y A_n \quad (3.8)$$

2. Komponen struktur batang tekan

Jika :

$$\frac{kL}{r \text{ min}} \leq Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} \quad (3.9)$$

Tegangan ijin tekan dihitung dengan rumus di bawah ini :

$$F_u = \frac{F_y}{F_s} \left[1 - \frac{\left(\frac{kL}{r} \right)^2}{2Cc^2} \right] \text{ ; dengan } F_s : \quad (3.10)$$

$$F_s = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{\frac{kL}{r}}{Cc} - \frac{1}{8} \frac{\left(\frac{kL}{r} \right)^2}{Cc^2} \quad (3.11)$$

$$T = F_y A_g \tag{3.12}$$

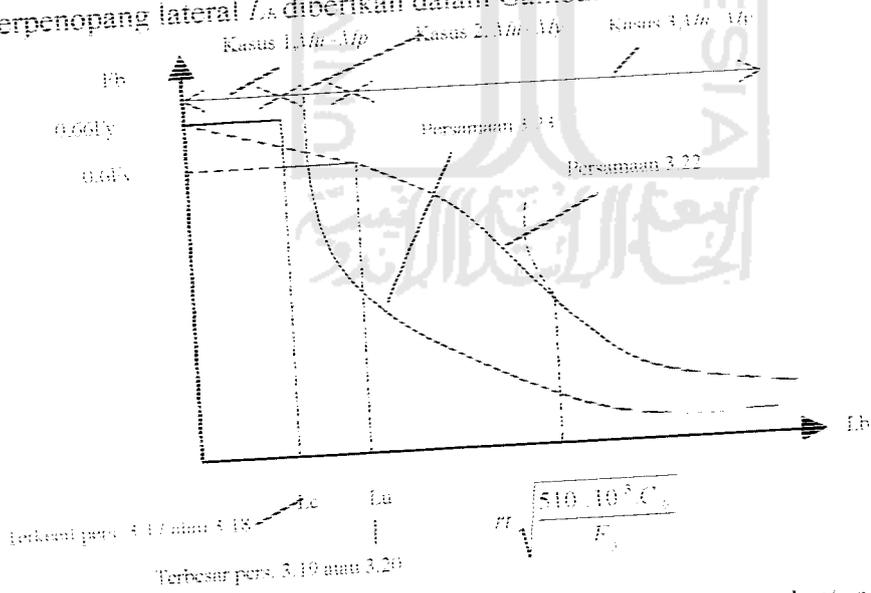
Jika

$$\frac{kL}{r_{min}} \geq C_c \tag{3.13}$$

$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{25 \left(\frac{kL}{r} \right)^2} \tag{3.14}$$

3. Komponen struktur batang lentur

Suatu ringkasan dari hubungan tegangan lentur ijin ASD lawan panjang tak berpenopang lateral L_A diberikan dalam Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Ringkasan kriteria ASD untuk tegangan lentur ijin untuk batang yang memiliki sumbu simetri dalam, dan dibebani dalam bidang plat badan.

Tegangan ijin lentur penampang kompak merupakan fungsi dari gradien momen dan jarak antar dukungan lateral. Jika balok dengan penambahan lateral dipasang pada jarak tertentu maka,

a. Kasus 1, jika $L_b = L_c$ maka,

Untuk batang kompak, $F_{bx} = 0,66.F_y$, sedangkan batang tidak kompak $F_{bx} = 0,6F_y$

Cek batang kompak :

$$a. \text{ Sayap : } \frac{b_f}{2.t_f} \leq \frac{65}{\sqrt{F_y}} \quad (3.15)$$

$$b. \text{ Badan : } \frac{d}{t_w} \leq \frac{640}{\sqrt{F_y}} \quad (3.16)$$

L_c = nilai terkecil dari :

$$L_{c1} = \frac{76.b_f}{\sqrt{F_y}} \quad (3.17)$$

$$L_{c2} = \frac{20.000}{d} \cdot \frac{1}{F_y} \cdot A_f \quad (3.18)$$

b. Kasus 2, $L_c < L_b < L_u$ maka,

$$F_{bx} = 0,60.F_y$$

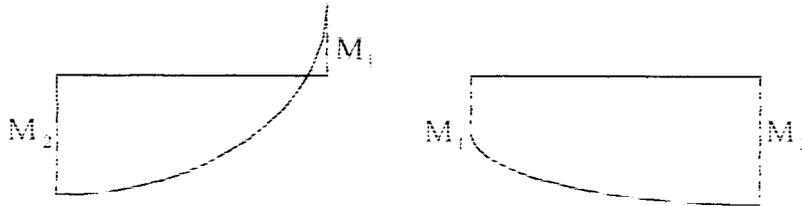
L_u = nilai terbesar dari :

$$L_{u1} = \frac{20000.C_b}{F_y} \cdot \frac{d}{A_f} \quad (3.19)$$

$$L_{u2} = rt \cdot \sqrt{\frac{102.000.C_b}{F_y}} \quad (3.20)$$

Koefisien C_b dihitung berdasarkan diagram momen batang :

$$\bullet \quad C_b = 1,75 + 1,05 \left(\pm \frac{M_1}{M_2} \right) + 0,30 \left(\pm \frac{M_1}{M_2} \right)^2 \leq 2,3, \quad M_1 \leq M_2 \quad (3.21)$$

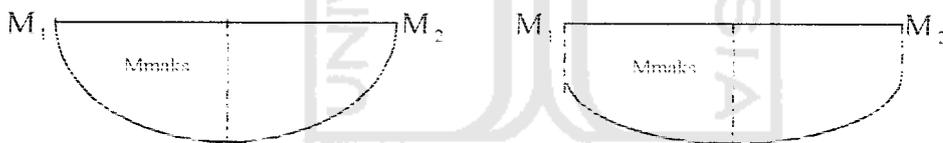


Gambar 3.7 Kurva momen ganda dan kurva momen tunggal

$\frac{M_1}{M_2}$ = positif, jika momen dengan kurva ganda

$\frac{M_1}{M_2}$ = negatif, jika momen dengan kurva tunggal

- Nilai $C_b = 1$, untuk diagram momen dengan $M_1 = M_2$:



Gambar 3 8 Kurva momen tunggal

- Nilai $C_b = 1,75$, untuk diagram momen :



Gambar 3 9 Kurva momen tunggal

c. Kasus 3, jika $L_b > L_u$

- $\frac{L_b}{r_i} \leq \sqrt{\frac{510.000 \cdot C_b}{F_y}}$, maka F_b diambil nilai terbesar dari :

$$F_b = \left[\frac{2}{3} - \frac{F_y \left(\frac{L_b}{rt} \right)^2}{1530 \cdot 10^3 \cdot C_b} \right] \cdot F_y \leq 0,6 F_y \quad (3.22)$$

$$F_b = \frac{12.000 \cdot C_b}{L_b \cdot \frac{d}{A_f}} \leq 0,6 F_y \quad (3.23)$$

▪ $\frac{L_b}{rt} > \sqrt{\frac{510.000 \cdot C_b}{F_y}}$, maka F_b diambil nilai terbesar dari :

$$F_b = \frac{170.000 \cdot C_b}{\left(\frac{L_b}{rt} \right)^2} \leq 0,6 F_y \quad (3.24)$$

$$F_b = \frac{12.000 \cdot C_b}{L_b \cdot \frac{d}{A_f}} \leq 0,6 F_y \quad (3.25)$$

4. Komponen struktur yang menerima beban desak dan lentur/momen

Pada satu elemen konstruksi adakalanya menerima kombinasi beban lentur dan desak. Elemen konstruksi yang mengalami beban seperti tersebut sering juga disebut *beam coloms*.

AISC memberikan beberapa persyaratan bagi elemen *beam coloms* :

Jika $\frac{f_a}{F_a} \geq 0,15$, (beban aksial dominan) maka :

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{mx} \cdot f_{bx}}{\left(1 - \frac{f_a}{F_{cx}}\right) \cdot F'_{bx}} + \frac{C_{my} \cdot f_{by}}{\left(1 - \frac{f_a}{F_{cy}}\right) \cdot F'_{by}} \leq 1 \quad (3.26)$$

$$\frac{f_a}{0,6F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad (3.27)$$

$$F_{cx} = \frac{12 \cdot \pi^2 \cdot E}{23 \left(\frac{k_x \cdot I_x}{r_x} \right)^2} \quad (3.28)$$

$$F_{cy} = \frac{12 \cdot \pi^2 \cdot E}{23 \left(\frac{k_y \cdot I_y}{r_y} \right)^2} \quad (3.29)$$

Nilai C_m dipengaruhi oleh bentuk bidang momen. Nilai C_m dapat dikelompokkan seperti dibawah ini :

a. Pada portal bergoyang, dimana memungkinkan terjadinya pergeseran pada titik tumpuan. Untuk konstruksi ini $C_m = 0,85$.

b. Pada portal tidak bergoyang, konstruksi tidak mengalami pergeseran maupun gaya diantara perletakan/ujung-ujung batang, maka $C_m = 0,6 - 0,4 \frac{M_1}{M_2} \geq 0,4$.

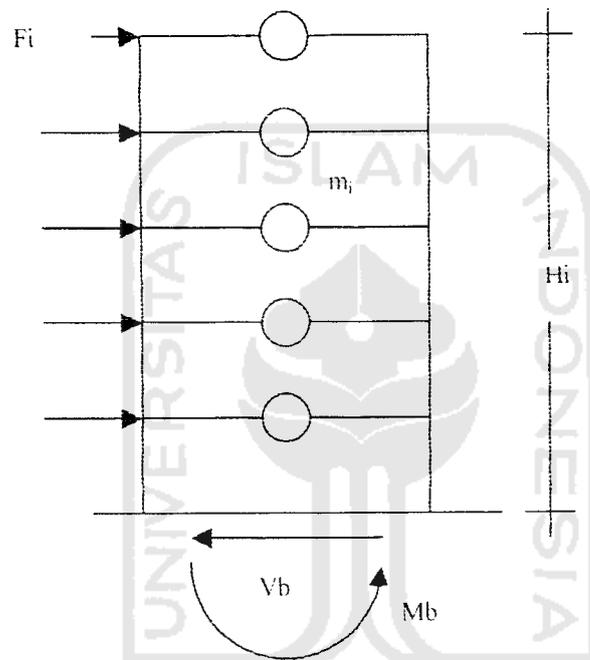
c. Pada portal tidak bergoyang, dimana ada gaya diantara ujung-ujung batang serta pada sambungan/ujung-ujung batang ditahan rotasinya, $C_m = 0,85$. Tetapi jika pada sambungan/ujung-ujung batang tidak ditahan rotasinya, maka $C_m = 1$.

Jika perbandingan desak yang terjadi dengan tegangan desak yang diijinkan lebih kecil dari 0,15 (momen dominan) atau $\left(\frac{f_a}{F_a} \leq 0,15 \right)$ maka rumus (3.26) diganti oleh rumus (3.30).

$$\frac{f_u}{F_u} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad (3.30)$$

3.8 Momen guling

Momen guling yang terjadi pada struktur bertingkat banyak dipengaruhi oleh massa dan tinggi gedung, seperti yang terlihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Hubungan antara momen guling dan gaya geser dasar

Rumus yang digunakan adalah:

$$M_b = \sum_{i=1}^N F_i h_i \quad (3.31)$$

dengan, M_b = momen guling dasar

V_b = gaya geser dasar

F_i = gaya horisontal tingkat ke-i

h_i = tinggi tingkat ke-i

N = jumlah lantai