

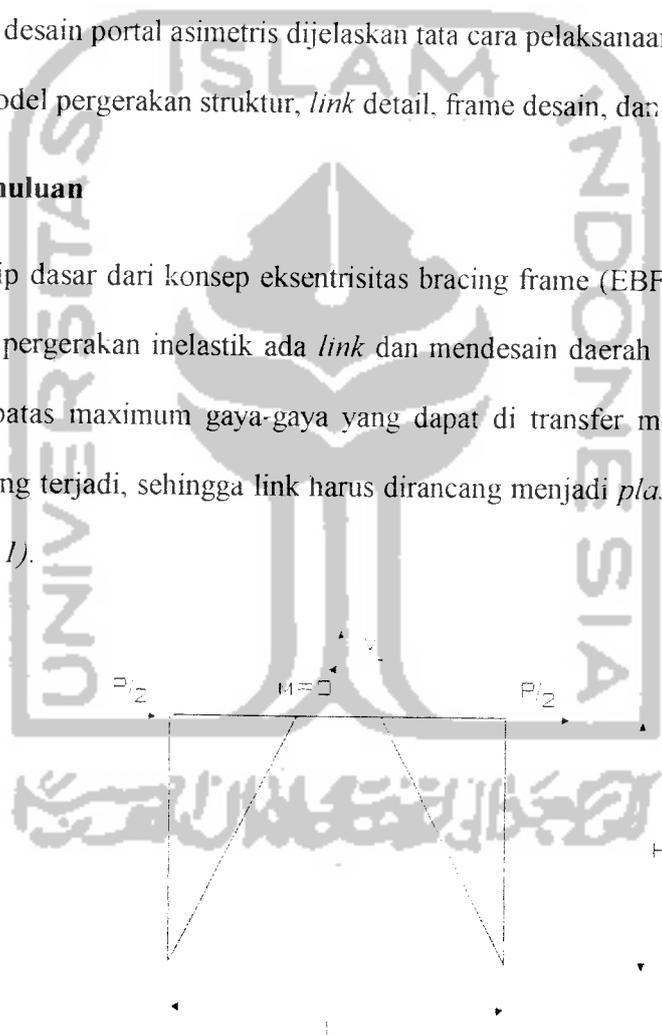
BAB IV

DESAIN PORTAL ASIMETRIS

Pada desain portal asimetris dijelaskan tata cara pelaksanaan penelitian, meliputi model pergerakan struktur, *link* detail, frame desain, dan desain elemen.

4.1 Pendahuluan

Prinsip dasar dari konsep eksentrisitas bracing frame (EBF) adalah dengan membatasi pergerakan inelastik ada *link* dan mendesain daerah sekitar *link* agar mencapai batas maximum gaya-gaya yang dapat di transfer melalui deformasi inelastik yang terjadi, sehingga link harus dirancang menjadi *plastic deformation* (Gambar 4.1).



Gambar 4.1 Geser lapangan

Sudut bracing (γ) yang disarankan agar diambil sekitar $35^\circ - 60^\circ$ agar dapat tercipta geser lapangan pada *link* yang menyebabkan daktilitas struktur dengan inelastik yang besar, dengan panjang *link* yang optimal (Gambar 4.2)



Gambar.4.2 Pergerakan antar tingkat

Δ = Simpangan antar tingkat

$$= \frac{\theta \cdot e \cdot h}{L}$$

e = Panjang *Link*

θ_1 = Sudut *plastis drift*, rad = $\frac{\Delta}{h}$

θ = Sudut rotasi *link* = $\frac{\Delta}{h} \left[1 + \frac{2a}{e} \right]$

Dengan pembatasan UBC 1997 terhadap sudut rotasi (θ) :

1. $0.09 \text{ rad} \rightarrow e \leq 1.6 M_s / V_s$

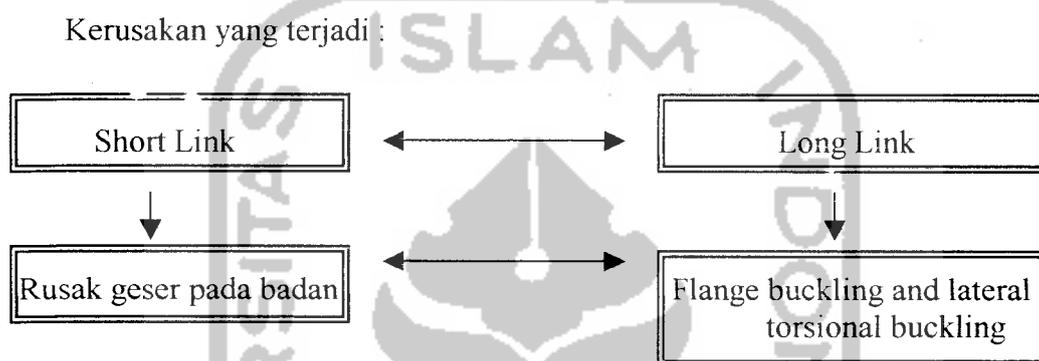
2. $0.03 \text{ rad} \rightarrow e \geq 2.6 M_s / V_s$

3. Diantaranya dapat diinterpolasi

4.2 Model pergerakan dan panjang Link

Panjang pendek dari *link* sangat mempengaruhi sifat dan model pergerakan dari EBF dan mekanisme keruntuhan dapat dikontrol (Gambar 4.3) :

1. Link pendek : Dominant akan mengalami rusak geser
2. Link panjang : Dominant akan mengalami rusak lentur (Flexural)



Gambar 4.3 Skema kerusakan link

Karakteristik *link* terhadap keruntuhan (*Stell structur controlling behavior Through Design-Robert Englekirk*) :

1. $e < 1.6 M_s / V_s$: Murni shear Link
2. $1.6 M_s / V_s < e < 2.6 M_s / V_s$: Dominant shear link
3. $2.6 M_s / V_s < e < 5 M_s / V_s$: Dominant flexural link
4. $e > 5 M_s / V_s$: Murni flexural link

dengan: M_s = Kuat lentur link

$$= F_y \cdot Z_x$$

V_s = Kuat geser link

$$= 0.55 \cdot F_y \cdot d \cdot t_w$$

Pada *Link* yang pendek akan tercapai $V_s = 0.55 \cdot F_y \cdot d \cdot t_w$ terlebih dahulu sebelum mencapai $M_s = F_y \cdot Z_x$ sehingga tercapai rusak geser terlebih dahulu sebelum tercapai rusak lentur (flexural).

Pada penelitian *Engalhard dan Popov (1989)* dapat disimpulkan dalam perencanaan EBF lebih baik dipakai *short link* karena kapasitas rotasi untuk *long link* akan lebih kecil dibandingkan pada *short link* sehingga dapat terjadi kegagalan (kerusakan) pada *long link* terjadi pada sayap atau sekitar sambungan sayap dan kolom kegagalan tersebut dapat berupa *flange buckling* atau *lateral-torsional buckling* pada sayap link. Sebenarnya kerusakan tersebut dapat diatasi dengan penambahan pengaku pada *link*, sehingga konsentrasi regangan lentur pada *link* dapat diatasi terhadap kerusakan "*flange fracture*" pada rotasi yang relative kecil, tetapi lebih lanjut perhitungan maximum kapasitas rotasi inelastik pada *long link* menjadi tidak akurat. sehingga penggunaan *short link* dalam perencanaan lebih banyak dipergunakan karena lebih mudah dikontrol, dengan pembatasan *link* maksimum yang dipakai

$$e \leq 1.6M_p/V_p$$

4.3 Link Detail (UBC 1997)

Pemberian pengaku pada *link* sangatlah diperlukan untuk meningkatkan kapasitas dari *link* tersebut dalam menyerap dan memencarkan energi yang diterimanya. Berdasarkan UBC 1997 disyaratkan detail pengaku pada *link* sebagai berikut :

1. Pengaku penuh pada kedua sisi ujung link

lebar minimum $> b_f - 2t_w$

tebal minimum $> 0.75 t_w$ atau $\frac{3}{8}$ "

2. Intermediate link dengan panjang link $e \leq 1.6M_p V_p$

a. $\gamma_p \geq 0.09$ rad : $L_p \geq 30t_w - 0.2d$

b. $\gamma_p \leq 0.03$ rad : $L_p \geq 52 t_w - 0.2d$

c. Diantaranya dapat diinterpolasi

3. Intermediate link dengan panjang link $1.6M_p V_p \leq e \leq 5M_p V_p$

i. $L_p \pm 1.5 b_f$ dari ujung link

4. Link dengan panjang antara $1.6M_p V_p$ dan $2.6M_p V_p$ diberi pengaku dengan batasan 2. dan 3.

5. Intermediate link tidak diperlukan lagi untuk link dengan panjang $e \geq 5M_p V_p$ dikarenakan sudah akan terjadi efek *long link*.

Untuk pendetailan pengaku :

1. untuk link dengan $d \geq 25$ " \rightarrow harus diberi pengaku pada kedua belah sisi
 untuk link dengan $d < 25$ " \rightarrow Cukup diberi pengaku pada salah satu sisinya
2. Sambungan las pada pengaku harus didesign agar mampu 125 % lebih kuat dari pada kuat tarik pengaku
3. Pada ujung-ujung link harus diberi pengaku agar sambungan link dengan EBF dapat stabil dalam menahan lateral torsional buckling dan menahan gaya vertical pada frame

4. Kekuatan lateral pengaku harus dirancang berdasarkan $0.06 b_f t_f F_y$ balok
5. Pada link harus merupakan *compact section*
6. Badan pada link harus merupakan *single thickness* (tanpa double plate) dan tanpa ada lubang

4.4 Frame Design

dalam mendesain struktur yang daktail dengan menggunakan bracing eksentris diperlukan beberapa persyaratan, antara lain :

4.4.1 Bracing

Aksial dan momen (kombinasi) dari bracing harus di desain minimal 1.25 kali dari kuat geser link atau aksial dan momen yang terjadi.

4.4.2 Balok di luar link

Kekuatan dari balok harus minimal 1.25 kali kuat geser pada link dan harus diberi lateral support untuk stabilitas balok.

4.4.3 Sambungan balok-kolom

Sambungan balok-kolom harus di desain berdasarkan pada badan balok, dan harus kuat 1.5% dari kuat sayap kolom $F_y \cdot b_f \cdot t_f$.

4.4.4 Kolom

Kekuatan dari kolom harus di desain 1.25 kali kuat geser link atau kombinasi aksial dan momen yang terjadi.

4.4.5 Link

Dalam mendesain agar mencapai kapasitas dan daktilitas yang diinginkan, maka diperlukan beberapa syarat, antara lain:

1. Batasan max geser pada badan = $0.8 V_s$
2. Batasan $b_f \geq 2t_f$ (Tabel 4.1)
 Batasan $d \geq t_w$ (Tabel 4.2)

3. Reduksi kuat flexural

$M_{rs} = Z \cdot (F_y - f_u)$ → jika $f_u < 0.15 F_y$: maka f_u dapat diabaikan

$M_{rs} < 0.45 \cdot F_y \cdot d \cdot t_w$

4. Bila terdapat gaya aksial pada link, maka :

- a. $P_U < 0.15 P_Y$ → P_U dapat diabaikan
- b. $P_U > 0.15 P_Y$ → P_U harus diperhitungkan dalam :

1). Desain geser

$$\phi V_{pa} \geq V_{luar} \quad ; \quad V_{pa} = V_p \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{P_U}{P_Y}\right)^2}$$

$$2\phi \frac{M_{pa}}{e} \geq V_{luar} \quad ; \quad M_{pa} = 1.18 M_p \cdot \left[1 - \left(\frac{P_U}{P_Y}\right)\right]$$

ϕ = koefisien reduksi geser = 0.9

2). Panjang link

$$a). \rho \left(\frac{A_w}{A_g}\right) \geq 0.3$$

$$e_{max} = \left[1.15 - 0.5 e \left(\frac{A_w}{A_g}\right)\right] 1.6 \frac{M_p}{V_p}$$

$$b). \rho \left(\frac{A_w}{A_g}\right) < 0.3$$

$$e_{max} = 1.6 \frac{M_p}{V_p} \quad ; \text{ dengan } A_w = (d-2t_f) \cdot t_w$$

$$\rho = \frac{P_u}{V_u}$$

4.5 Design element (AISC-Plastis)

Dalam mendesain elemen portal, digunakan metode plastis berdasarkan *AISC ninth edition* :

4.5.1 Kuat tarik baja Plastis

$$P_y = F_y \cdot A_n$$

P_y = kuat batas tarik baja

F_y = Teg leleh baja

A_n = luas bersih daerah tarik

4.5.2 Kuat Tekan Baja Plastis

$$P_{cr} = F \cdot A_b \cdot F_a$$

P_{cr} = Kuat batas tekan baja plastis

F = koef. Bahan AISC (batang kompak) ≈ 1.7

$$= \frac{F_y}{0.66F_y} (f)$$

f = Faktor tampang bahan

A_b = luas total daerah tekan

F_a = Tegangan aksial baja

E = elastisitas bahan

K = Faktor panjang efektif, (Gambar 4.4)

FS = faktor keamanan

1. $Kl \leq Cc$

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{(Kl/r)^2}{2Cc^2} \right]}{F.S} F_y \quad \text{dengan } F_s = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{kl}{Cc} - \frac{1}{8} \left(\frac{kl}{Cc} \right)^3 \text{ dan}$$

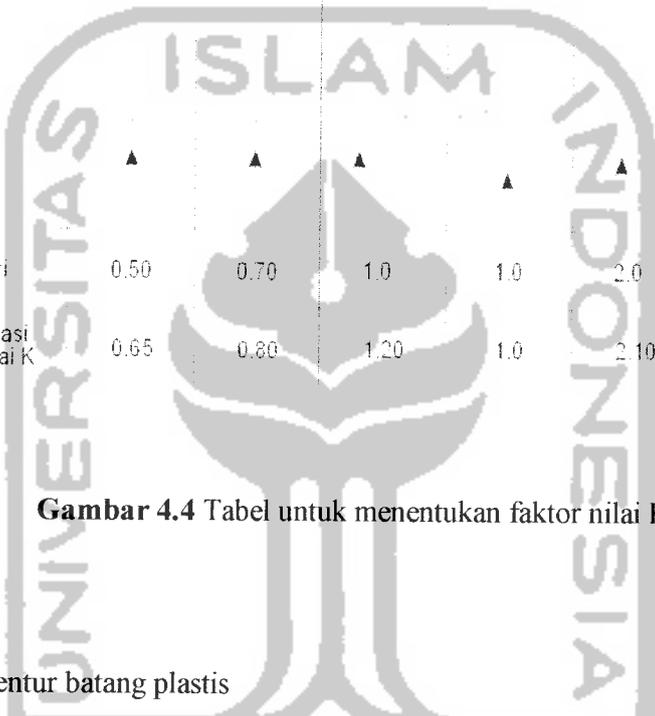
$$Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}}$$

2. $Kl > Cc$

$$F_a = \frac{\pi^2 E}{F.S \left(\frac{Kl}{r} \right)^2} \quad F.S = 1.92$$

Dipakai Kl/r yang terbesar dalam desain dengan faktor koefisien K

berdasarkan Gambar 4.4



Dukungan kolom

Nilai K teori	0.50	0.70	1.0	1.0	2.0	2.0
Rekomendasi Design Nilai K	0.65	0.80	1.20	1.0	2.10	2.0

Gambar 4.4 Tabel untuk menentukan faktor nilai K

4.5.3 Kuat lentur batang plastis

Besarnya momen plastis pada penampang yang telah luluh, dapat dilihat pada gambar 4.5

$$M_p = F_y \cdot Z$$

M_p = Momen plastis

F_y = Tegangan leleh baja

Z = Modulus plastis



Gambar 4.5 Tegangan pada penampang plastis

4.5.4 Kuat geser batang Plastis

$$V_s = 0.55 \cdot F_y \cdot d \cdot t_w$$

V_s = Geser Plastis

d = Tinggi profil

t_w = Tebal badan profil

4.5.5 kombinasi axial dan lentur

$$1. \frac{P}{P_{cr}} + \left(\frac{C_m \cdot M}{1 - P/P_e} \right) \cdot \frac{M}{M_m} \leq 1.0$$

$$2. \frac{M}{M_p} = 1.18 \cdot \left(1 - \frac{P}{P_y} \right) \quad \text{atau} \quad \frac{P}{P_y} + \frac{M}{1.18 \cdot M_p} \leq 1.0$$

Keterangan :

P = Axial Load

$$P_{cr} = 1.7 \cdot A_b \cdot F_a$$

M = Momen akibat beban luar

$$P_e = 1.92 A_b F_e'$$

$$F_e' = \frac{\pi^2 E}{1.92 \cdot \left(\frac{K L_b}{r_b} \right)^2}$$

F_e' = Tegangan leleh euler

L_b = Panjang aktual unbraced

r_b = Radius gyration

M_m = momen maksimum yang dapat ditahan element, Kips-ft

a. Untuk kolom yang dikekang pada sumbu lemah

$$M_m = M_p$$

b. Untuk kolom yang tidak dikekang pada sumbu lemah

$$M_m = \left[1.07 - \frac{l/r_y}{3160} \cdot \sqrt{F_y} \right] \cdot M_p \leq M_p$$

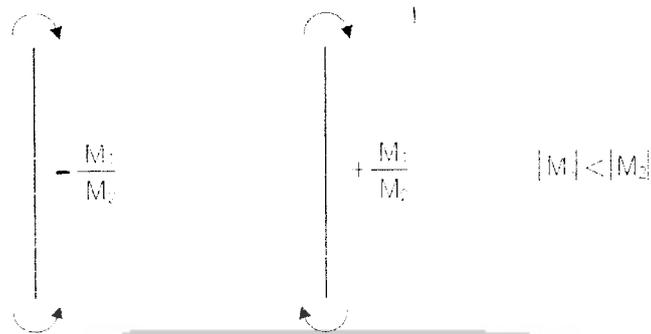
C_m = Koef. Moment

a. Untuk element frame yang tidak dikekang dan kemungkinan bergoyang

$$C_m = 0.85$$

b. Kolom di kekang pada ujung-ujung tumpuan, serta tidak ada gaya tegak lurus pada element

$$C_m = 0.6 - 0.4 (M_1/M_2) \geq 0.4 \quad \dots\dots\dots(\text{Gambar 4.6})$$



Gambar 4.6 Coefficient C_m

c. Batang dianggap jepit serta ada gaya tegak lurus element

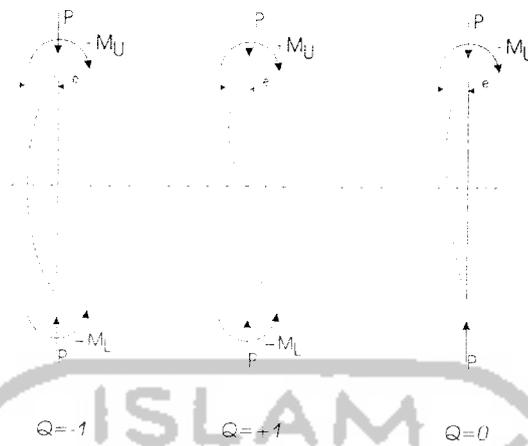
- 1). batang dengan pengekang ujung : $C_m = 0.85$
- 2). Batang tanpa pengekang ujung : $C_m = 1.0$

4.5.6 End moment ratio (q)

Dalam mendesain kolom berdasarkan momen-momen ujungnya dapat dipergunakan grafik koefisien end moment (lihat **Lampiran E**)

Dengan memperhatikan panjang batang equivalent (Gambar 4.7) :

$$(l/r)_{equivalent} = (l/r)_{aktual} \cdot \sqrt{F_y/36}$$



Gambar 4.7 Moment rasio q

4.5.7 Pembatasan dimensi maksimum profil

1. Pencegahan terhadap *lokal buckling*

a. Rasio maksimum sayap b_f/t_f (Table 4.1)

Table 4.1. Rasio maksimum sayap

F_y	b_f/t_f
36	8.5
42	8.0
45	7.4
50	7.0
55	6.6
60	6.3
65	6.0

b. Rasio maksimum tinggi balok (d) dan tebal badan balok (t_w),

1). Bila diasumsikan tidak terdapat beban aksial pada balok (Tabel 4.2) :

Tabel 4.2 Rasio maksimum d/t_w

F_y	d/t_w
36	68.7
42	62.9
45	61.4
50	58.3
55	55.6
60	53.2
65	51.1

2). Bila *axial load* pada balok diperhitungkan, maka :

$$\text{i. } \frac{d}{t_w} = \frac{412}{\sqrt{F_y}} \cdot \left(1 - 1.4 \cdot \frac{P}{P_y} \right) \quad \text{Ketika : } \frac{P}{P_y} \leq 0.27$$

$$\text{ii. } \frac{d}{t_w} = \frac{257}{\sqrt{F_y}} \quad \text{Ketika : } \frac{P}{P_y} > 0.27$$

2. Pencegahan terhadap *Torsional Buckling*

Memberikan pengaku –pengaku lateral pada jarak maksimum (l_{cr}) dari sendi plastis pertama.

Dengan pembatasan (l_{cr}) :

a. Moment gradient $M/M_p < 0.5$ atau $1 > M/M_p > -0.5$

$$l_{cr} = r_y \cdot \left[\frac{1375}{F_y} + 25 \right] \quad \dots\dots\dots \text{in}$$

b. Uniform Momen $M/M_p > 0.5$ atau $-0.5 > M/M_p > -1$

$$l_{cr} = r_y \cdot \left[\frac{1375}{F_y} \right] \quad \dots\dots\dots \text{in}$$

4.5.8 Faktor beban

Faktor beban =1.7 → B.mati + B. hidup

Faktor beban =1.3 → B.mati + B. hidup + B.sementara (angin atau gempa)

