

BAB VI

PEMBAHASAN

Pembahasan merupakan ulasan singkat dari penelitian, yang menguraikan hasil desain serta analisa struktur yang meliputi simpangan, gaya-gaya yang bekerja pada *link*, balok, bracing, dan kolom.

6.1 Umum

Perhitungan dan desain suatu struktur dapat dilakukan dengan berbagai macam cara dan metode, dalam laporan tugas akhir ini dipergunakan metode plastis yang mengacu kepada American Institute Of Steel Construction (AISC)-ninth edition dan peraturan Uniform Building Code (UBC) 1997.

Desain dilakukan dalam dua tahap. Tahap awal dilakukan secara manual dengan hanya menggunakan pembebanan gravitasi dengan faktor beban 1.7, kemudian hasil design awal berupa profil dipergunakan sebagai standart awal profil yang akan dipergunakan pada design akhir dengan penggunaan faktor beban 1.7 untuk beban tetap, serta 1.3 untuk kombinasi beban tetap ditambah beban sementara (angin atau gempa).

Dasar penggunaan metode plastis dalam pendesainan ini adalah guna tercapainya keadaan yang seimbang antara daktilitas struktur serta daktilitas dari bahan (baja) yang dipergunakan, kemudian dikontrol agar dapat memenuhi

peraturan yang memenuhi kelakuan elastis pada beban kerja, yang dapat menjamin fungsi dari portal untuk memancarkan energi melalui sifat daktil dari link dan menjamin tidak terjadinya buckling pada kolom.

Sedangkan prinsip dasar dari desain bracing tipe K dengan eksentrisitas (EBF) adalah agar dapat menghasilkan suatu serapan energi akibat gaya-gaya lateral yang terjadi, serta dapat mengurangi dan membatasi simpangan horizontal suatu struktur sehingga menghasilkan kekakuan struktur yang menjamin syarat control terhadap drift.

Desain pada EBF didasarkan pada active shear links, yaitu mendesain link pada balok sehingga mencapai batas kekuatan gesernya, dikarenakan shear link memancarkan energi lebih efektif dari pada active moment link, walaupun dalam portal, shear link dituntut daktilitas yang lebih besar dari pada moment link (percobaan popov 1983).

6.2 Design

Desain awal dilakukan untuk menentukan profil struktur yang akan dipergunakan dan direncanakan .

Tahapan dalam desain awal yaitu menentukan konfigurasi struktur, bahan serta beban-beban yang mungkin bekerja, massa dan pusat massa itu sendiri guna sebagai mass dalam pembebanan gempa (respon spectrum). Kemudian menentukan profil balok anak pada portal, menentukan dimensi balok induk dengan menggunakan analisis dan design plastis.

Guna menjamin keefisienan pendimensian balok, maka diberikan batasan panjang maksimum dari link, yaitu $e = 1.6 M_s / V_s$, dimana $M_s = F_y \cdot Z_x$ dan

$V_s = 0.55 \cdot F_y \cdot d \cdot tw$. Kemudian kolom didesain dengan menggunakan momen kapasitas dari balok link dan desain awal bracing berdasarkan $1.25 \times$ kuat geser dari balok link yang bersangkutan.

Pada tahapan desain akhir dipakai profil yang didapat pada desain awal. Sebagai asumsi awal dalam menentukan besaran gaya serta simpangan yang dihasilkan digunakan program (SAP 2000). Hasil output tersebut digunakan sebagai dasar pendesainan akhir profil dari portal yang ditinjau. Tahapan awal dari design akhir ini adalah meninjau simpangan elastis yang terjadi dengan pembatasan maksimal simpangan antar tingkat 2 cm atau 0.05% dari tinggi total struktur. Kemudian berdasarkan UBC 1997 diberikan batasan untuk geser pada badan link yaitu $0.8 V_s$ guna menjamin kemampuan kuat geser yang mungkin bekerja pada pendesigan link. Tahap selanjutnya dilakukan untuk menentukan profil balok link yang di cek dengan batasan $bf/2tf$ dan d/tw guna mencegah lokal buckling dan torsional lateral bukling yang mungkin terjadi pada balok link.

Demi menjamin kekuatan elemen diluar link, maka perlu diberi batasan dengan faktor strength dari link $\phi = V_s / V_{link} > 1/0.9$, sebagai faktor pengali kekuatan element diluar link terhadap sendi-sendi plastis yang mungkin terbentuk dan mencegah terjadinya keruntuhan total pada struktur secara global.

Setelah ditetapkan panjang link, maka harus di cek terhadap metode desain yang dipakai (shear link atau moment link). Dengan batasan $e = 1.6 M_s / V_s$ (shear link) pada link, maka gaya geser dijadikan batasan duktilitas struktur dengan memperhitungkan juga kemampuan sayap profil dalam menahan lentur (momen)

dan axial yang terjadi, dengan persamaan $\frac{P}{2A_f} + \frac{M}{Z_f} \leq F_y$, sehingga dapat dipastikan sayap mampu menahan lentur dan axial sebelum badan mengalami kerusakan akibat geser.

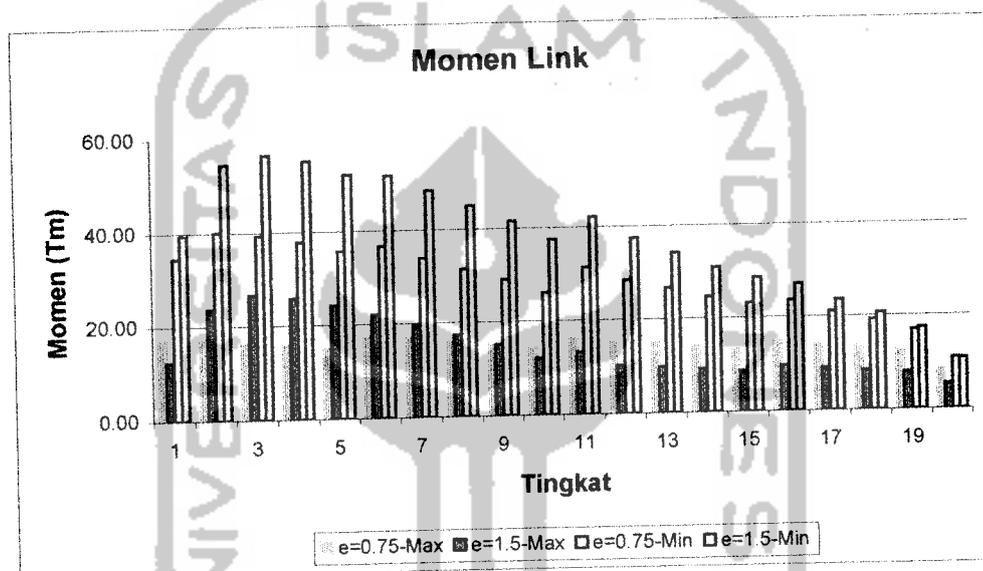
Daktilitas struktur pada EBF memerlukan perilaku inelastis deformation yang menyebabkan rotasi pada link (θ). Rotasi pada link harus dibatasi sesuai persyaratan yang ada (UBC 1997-2211.4) agar tidak menimbulkan kerusakan pada rantai struktur, serta dapat dipergunakan sebagai batasan minimal panjang

link yang dibutuhkan ($e_{\min} = \frac{\Delta}{h} \cdot \frac{L}{\theta_{\max}} < e_{\text{rencana}}$).

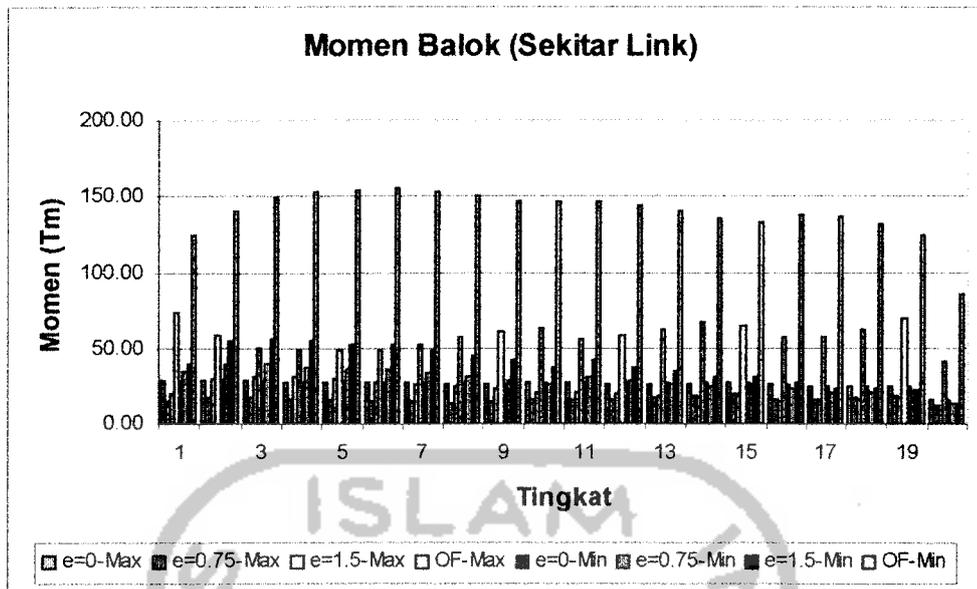
Setelah kapasitas dari link di cek, maka dapat dirancang kekuatan dari balok, dengan kombinasi beban yang bekerja dan berdasarkan faktor dari kuat link yang telah ditetapkan. Pengaku dipasang pada balok sepanjang L_{CR} guna mencegah lokal - torsional buckling pada balok dan menjamin fungsi dari EBF dapat bekerja. Pemasangan pengaku pada link (UBC 1997-2211.4) dilakukan untuk meningkatkan kapasitas geser link dalam mencapai duktilitas struktur yang dikehendaki.

Setelah balok link ditetapkan, maka dilakukan desain bracing dan kolom berdasarkan kombinasi beban yang ada atau berdasarkan $1.25 \times$ kuat geser pada link. Dan guna mencapai kapasitas inelastik dari link, maka dipakai sambungan kaku pada joint, dan dirancang agar kuat sambungan $>$ beban yang bekerja (design kapasitas).

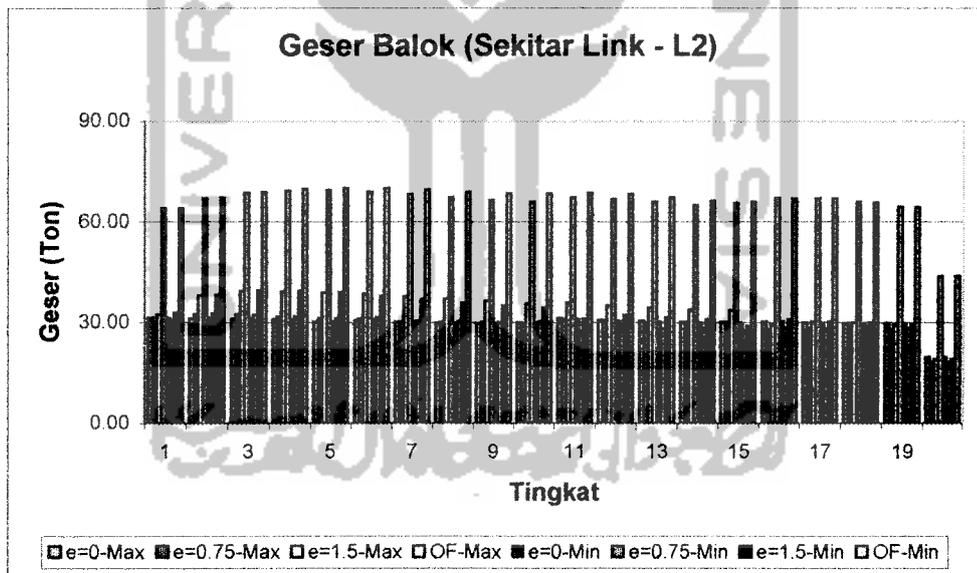
Pada tingkat ke-2 dari portal, terjadi peningkatan momen dan geser pada link, diakibatkan oleh transfer gaya yang dihasilkan bracing pada kolom dan bracing yang lain melalui link, sedangkan pembesaran momen dan geser pada tingkat ke-11 dan 16 kemungkinan dihasilkan akibat adanya ketidak simetrisan struktur, yang menyebabkan terjadinya pembesaran momen dan geser pada transfer gaya pada link (Gambar 6.2 dan 6.3).



Gambar 6.2 Grafik momen pada link



Gambar 6.4 Grafik momen balok sekitar link



Gambar 6.5 Grafik geser balok sekitar link

6.3 Analisis struktur

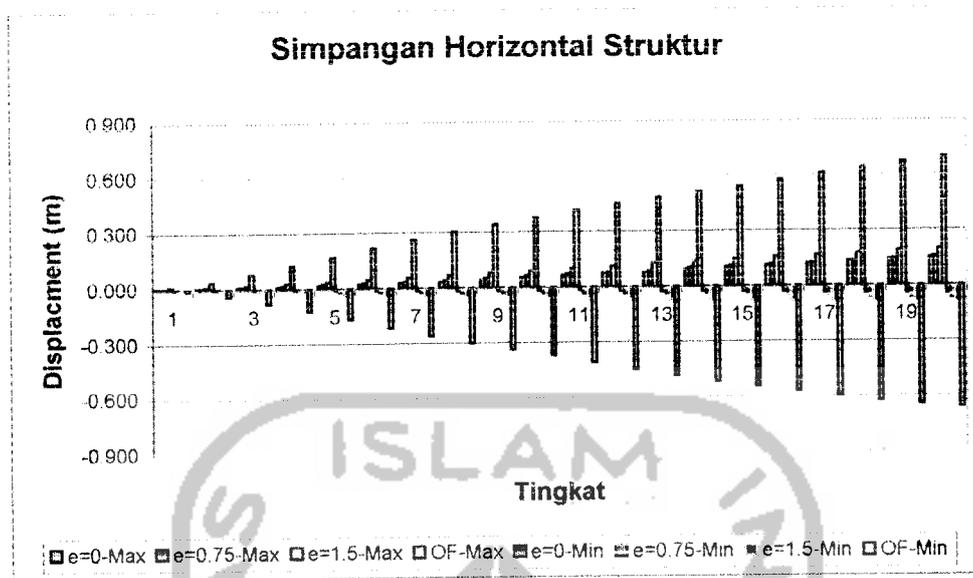
6.3.1. Simpangan struktur

Pada portal tanpa bracing (open frame), terjadi simpangan arah horizontal (drift) yang sangat besar (struktur sangat flexible), sehingga tidak memenuhi syarat drift control ($\Delta L > 0.05\%$ atau 2 cm antar tingkat), dan menuntut kekakuan struktur yang sangat besar pula, ini terjadi dikarenakan kekakuan struktur termasuk portal bergoyang.

Sedangkan pada portal dengan bracing kosentris (CBF $\rightarrow e=0$) struktur sudah sangat kaku dan memiliki simpangan (drift) yang terkecil, tetapi struktur hanya memiliki kemampuan memancarkan energi yang terbatas. (dari tabel gaya balok-kolom portal 1-3 akan tampak gaya-gaya pada $e=0$ lebih besar dari $e=0.75$)

Pada struktur dengan bracing eksentris (EBF $\rightarrow e>0$), struktur memiliki kekakuan yang cukup tinggi dibandingkan dengan portal tanpa bracing. sehingga simpangan horizontal struktur dapat dibatasi pada analisis elastis, memenuhi syarat drift control, dan memiliki daktilitas yang baik, sehingga dapat mengimbangi daktilitas dari bahan yang tersedia

Simpangan relative yang terjadi antara $e=0.75$ dan $e=1.5$ sangatlah kecil perbedaannya dan masih sama-sama memenuhi syarat drift control (*Gambar 6.1*).



Gambar 6.1 Grafik simpangan horizontal struktur

6.3.2 Link

Momen dan geser yang terjadi pada *link* menentukan dalam desain EBF, apakah portal itu dirancang terhadap sendi plastis geser (*Plastic Shear Hinge*) atau sendi plastis moment (*Plastic moment Hinge*).

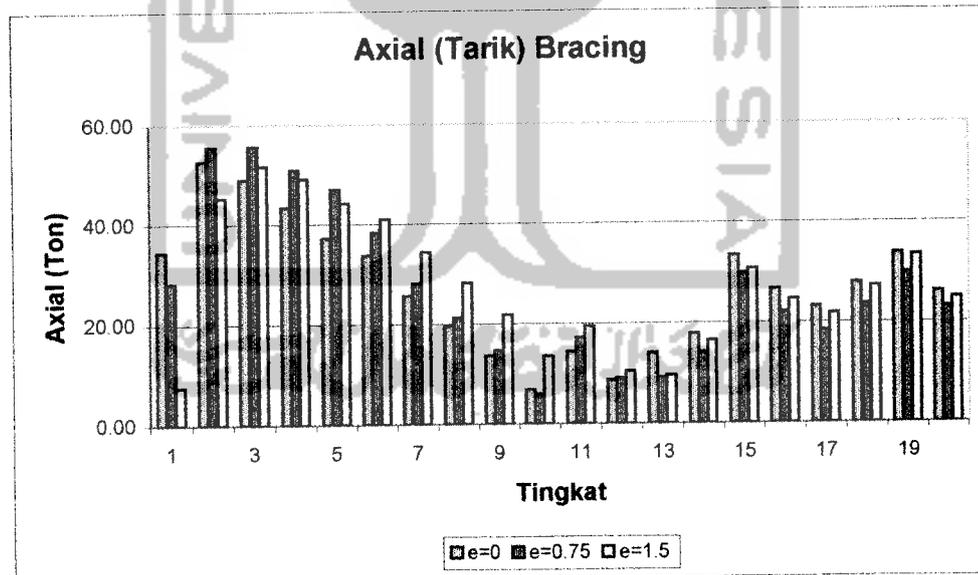
Momen yang terjadi pada *link* $e=0.75$ m ($e < 1.6M_s/V_s$) lebih kecil dibandingkan dengan momen yang terjadi pada *link* $e=1.5$ m ($1.6M_s/V_s < e < 2.6M_s/V_s$), tetapi memiliki gaya geser yang lebih besar dibandingkan dengan $e=1.5$ m, sehingga pada portal dengan $e=0.75$ harus di rencanakan terhadap *link* dengan kerusakan yang dihasilkan oleh geser (*active shear link*), sedangkan pada $e=1.5$ m EBF harus direncanakan dengan kerusakan yang dihasilkan oleh momen (*active moment link*).

6.3.4 Bracing

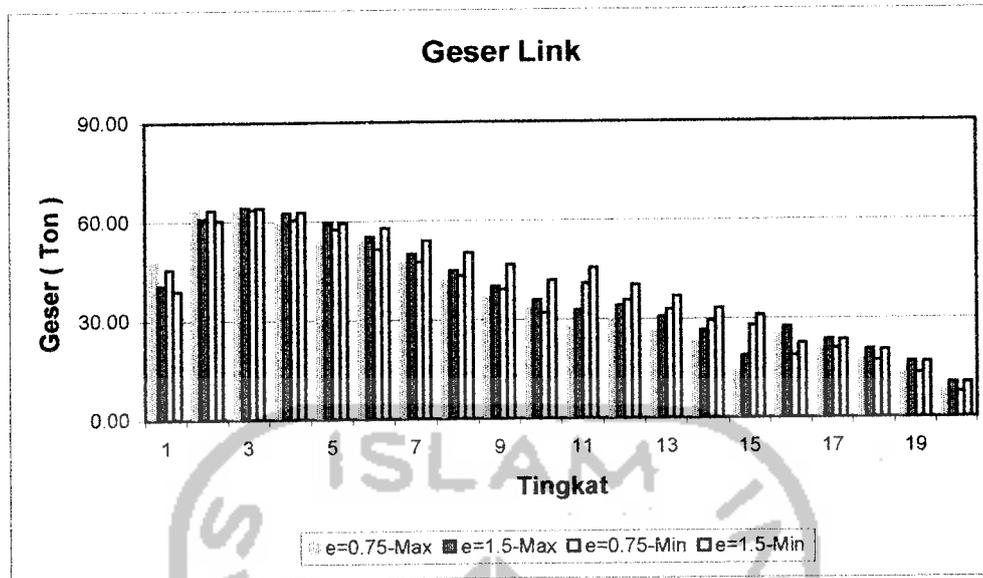
Gaya tarik pada bracing pada tingkat ke-11 dan 16 terjadi sedikit peningkatan diakibatkan oleh ketidak-simetrisan struktur yang menyebabkan loncatan bidang muka pada struktur tingkat tersebut, dan peningkatan distribusi gaya pada bracing (Gambar 6.6).

Sedangkan pada tingkat ke-2 terjadi axial yang besar diakibatkan karena pada dukungan struktur diasumsikan jepit sehingga struktur mengalami peningkatan gaya axial yang besar pada tingkat ke-2 dibandingkan pada tingkat ke-1.

Gaya desak yang terjadi sangat dominan pada bracing dibandingkan gaya tarik yang dihasilkan, sehingga pada desain bracing dipakai desain terhadap desak (Gambar 6.7).



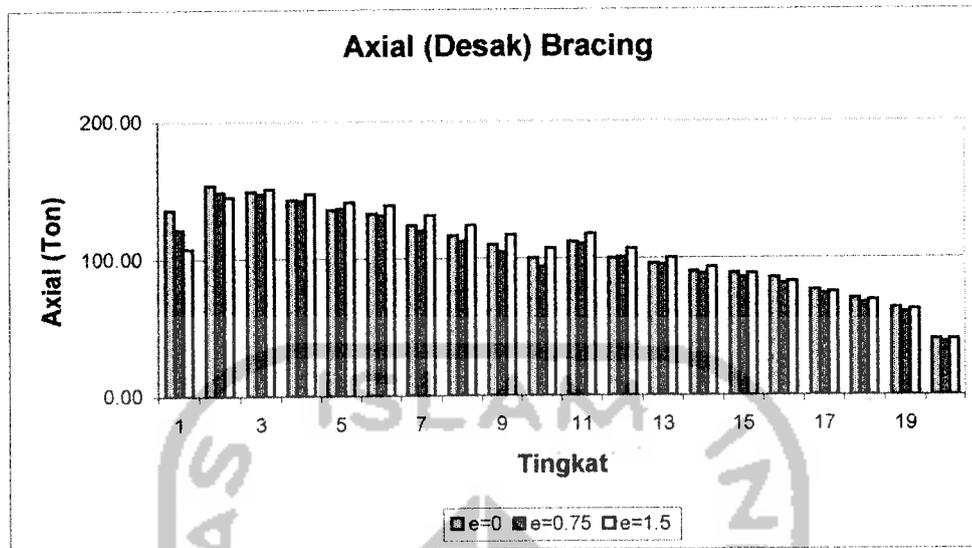
Gambar 6.6 Grafik aksial tarik pada bracing



Gambar 6.3 Grafik geser pada link

6.3.3 Balok (bentang L2)

Momen yang terjadi pada portal open frame relative lebih besar di bandingkan pada portal dengan menggunakan bracing, ini disebabkan pada portal EBF terjadi pemancaran energi pada link, sedangkan pada portal open frame tidak (Gambar 6.4). Momen yang dihasilkan pada portal yang menggunakan bracing relative sama besar pada balok link dan geser pada balok diluar link, dan pada $e=1.5$ sedikit terjadi pembesaran moment dan geser dibandingkan dengan portal $e=0.75$ atau $e=0$ (Gambar 6.5).

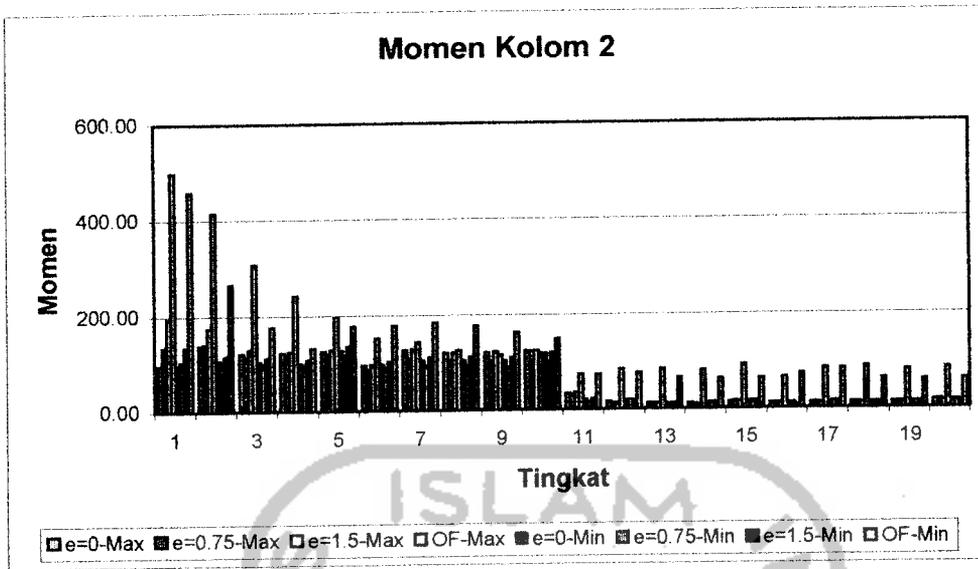


Gambar 6.7 Grafik aksial-desak pada bracing

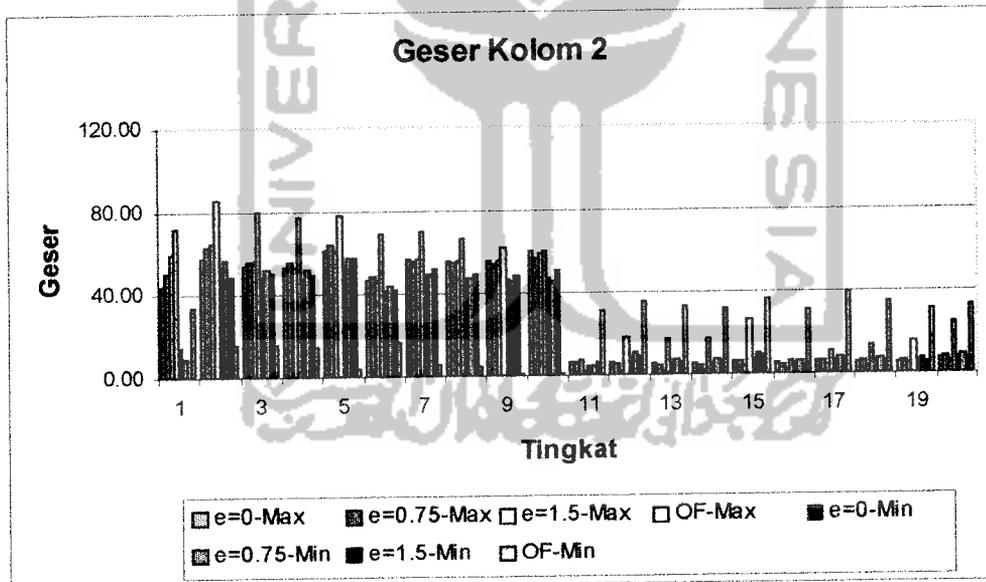
6.3.5 Kolom

Pada struktur open frame, momen dan geser tingkat awal (tingkat 1-2) yang dihasilkan sangat besar, sehingga desain menjadi sangat boros (*Gambar 6.8 ; 6.9 ; 6.11 ; dan 6.12*).

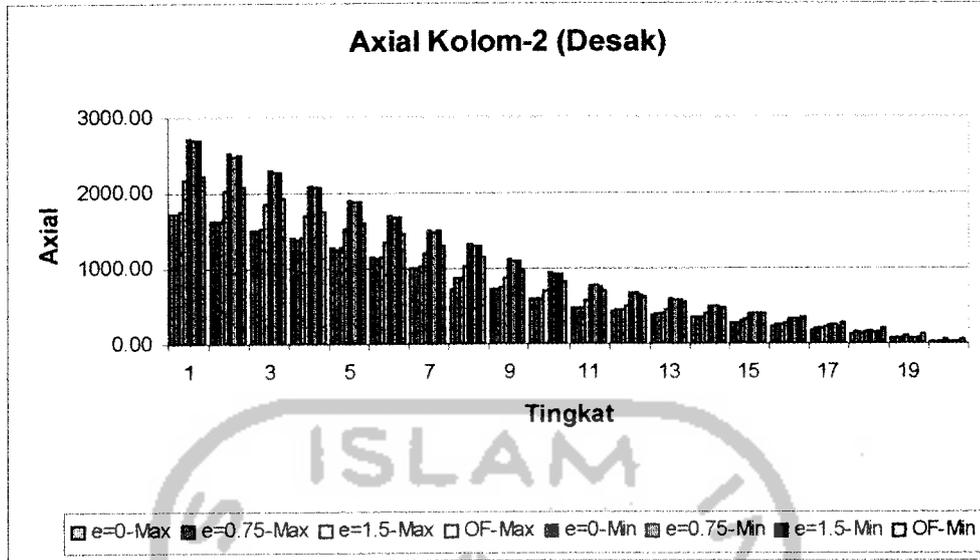
Sedangkan pada struktur EBF dengan eksentrisitas tertentu, dihasilkan gaya aksial yang lebih besar dibandingkan pada portal open frame, ini diakibatkan oleh pelimpahan gaya pada bracing kebagian kolom (*Gambar 6.10 dan 6.13*).



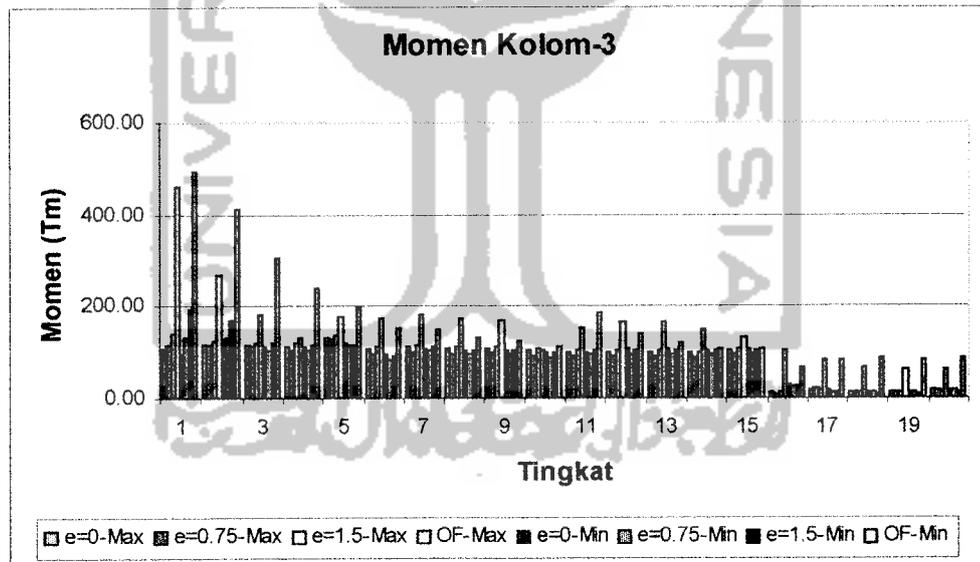
Gambar 6.8 Grafik momen kolom 2



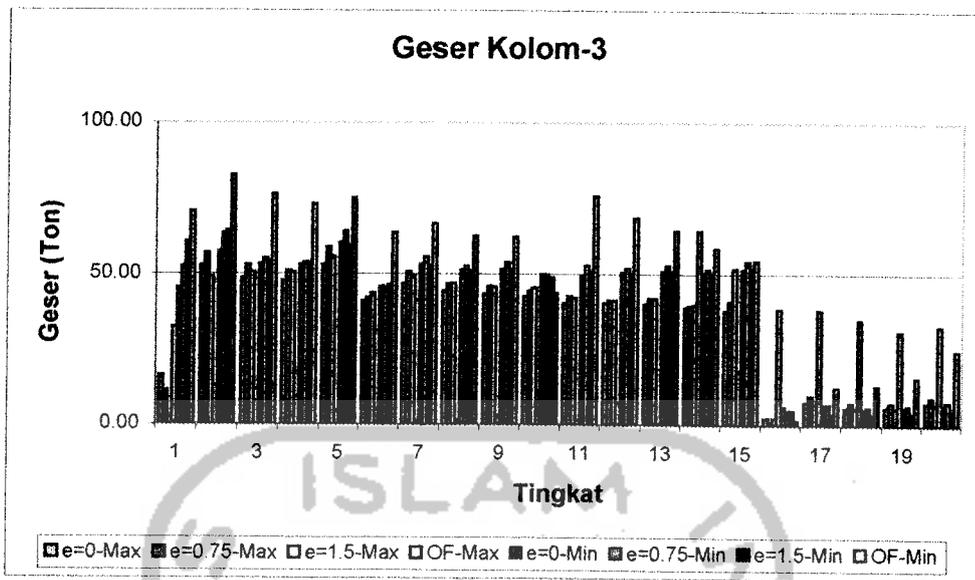
Gambar 6.9 Grafik geser kolom 2



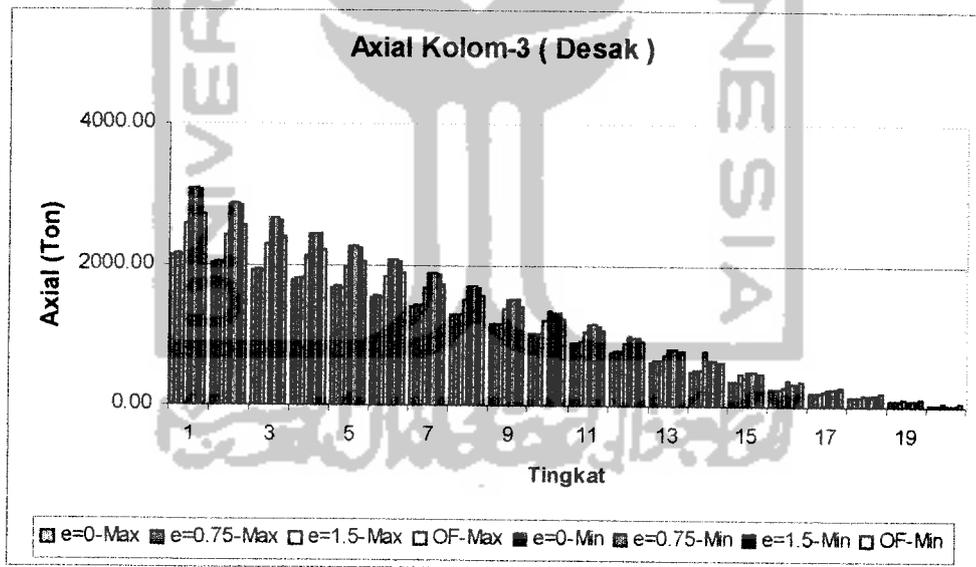
Gambar 6.10 Grafik aksial-desak kolom 2



Gambar 6.11 Grafik momen kolom 3



Gambar 6.12 Grafik geser kolom 3



Gambar 6.13 Grafik aksial-desak kolom 3

Hubungan antara gaya, kekakuan, *displacement*, dan daktilitas struktur dapat dilihat pada *Gambar 7.1*.

$$f = k \cdot \Delta$$

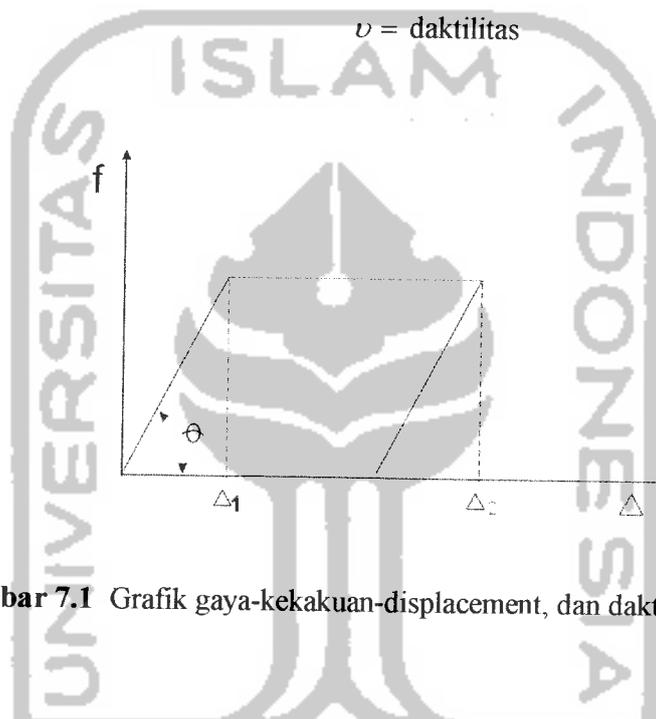
$$v = \frac{\Delta_2}{\Delta_1}$$

; dengan f = gaya

k = kekakuan

Δ = *displacement*

v = daktilitas



Gambar 7.1 Grafik gaya-kekakuan-displacement, dan daktilitas struktur

Dan dari hasil analisis dan desain dapat diambil suatu kesimpulan :

- a. Pada pemodelan struktur open frame, struktur sangat daktail (terlalu fleksible), sehingga tidak memenuhi syarat drift kontrol. Sedangkan pada portal dengan bracing konsentris (CBF) struktur sangat kaku, tetapi hanya memiliki kemampuan memancarkan energi yang sangat terbatas, sedangkan pada eksentrisitas brace frame (EBF) persyaratan yang sukar