

PENGUNAAN BRACED FRAMES ELEMENT SEBAGAI ELEMEN PENAHAN GEMPA PADA PORTAL BERTINGKAT BANYAK

Reky Stenly Windah

ABSTRAK

Salah satu cara yang telah banyak digunakan untuk meningkatkan kekakuan lateral adalah menggunakan *Braced Frames Element* (Elemen Pengaku Portal). Penggunaan *Braced Frames Element* pada struktur portal bertingkat banyak selain akan meningkatkan kekakuan lateral juga dapat memberikan bentuk artistik pada struktur. Bentuk-bentuk dari *Braced Frames Element* antara lain adalah *Diagonal Bracing*, *X-Bracing*, dan *Chevron Bracing*. Analisa simpangan lateral portal dengan menggunakan *Braced Frames Element* akan menggunakan analisa dinamis riwayat waktu (*Time History Analisis, THA*), dengan beban menggunakan percepatan Gempa *EI-Centro California 1940 NS* pada selang waktu 0,00-10,00 detik. Berdasarkan hasil analisa dinamis yang dilakukan dengan bantuan program *SAP2000*, diperoleh bahwa dengan menggunakan *Braced Frames Element* (*Diagonal bracing*, *X-bracing* dan *Chevron bracing*) pada portal akan mengurangi respon (simpangan lateral) atau goyangan dari portal tanpa harus memperbesar dimensi dari kolom, dimana simpangan lateral maksimum yang dihasilkan akan menjadi lebih kecil dan dapat memenuhi syarat simpangan lateral maksimum yang diijinkan ($\Delta/h \leq 0,002$).

Kata Kunci: gempa, simpangan, portal, bracing, pengaku.

1. LATAR BELAKANG MASALAH

Gempa adalah salah-satu beban dinamis yang merupakan faktor utama penyebab terjadinya kerusakan/keruntuhan pada struktur. Gempa terjadi karena ketidakmampuan kerak bumi untuk menahan energi yang dilepaskan akibat gesekan antara dua buah lempeng bumi. Energi ini kemudian dipancarkan dalam bentuk gelombang yang menyebabkan terjadinya gerakan tanah (*ground motions*). Percepatan tanah pernah di data dan memiliki digitasi/keakuratan yang baik adalah percepatan *EI-Centro California 1940 NS*, selanjutnya disebut Gempa *EI-Centro*.

Gerakan tanah pada lokasi struktur akan mengakibatkan terjadinya simpangan pada struktur. Semakin besar ketinggian dari struktur maka semakin besar pula pengaruh lateral dari beban gempa pada struktur. Atas alasan ini, maka prinsip utama dalam perencanaan struktur bertingkat banyak tahan gempa adalah meningkatkan kekakuan lateral untuk menahan simpangan lateral akibat pengaruh dari beban gempa.

Salah satu cara yang telah banyak digunakan untuk meningkatkan kekakuan lateral adalah menggunakan *Braced Frames Element* (Elemen Pengaku Portal). Penggunaan *Braced Frames Element* pada struktur portal bertingkat banyak selain akan meningkatkan kekakuan lateral juga dapat

memberikan bentuk artistik pada struktur. Bentuk-bentuk dari *Braced Frames Element* antara lain adalah *Diagonal Bracing*, *X-Bracing*, dan *Chevron Bracing*.

2. PEMBATAAN MASALAH

Penulisan ini dibatasi pada keadaan-keadaan sebagai berikut :

1. Struktur yang ditinjau adalah struktur portal bidang (2 dimensi).
2. Struktur dimodelkan sebagai bangunan penahan geser.
3. Elemen-elemen struktur terbuat dari material baja pada kondisi elastis-linier.
4. Pondasi struktur terjepit kaku pada tanah
5. Respon struktur yang dihitung hanyalah simpangan lateral.

3. TUJUAN PENULISAN

- Tujuan dari penulisan ini adalah :
- Mengetahui simpangan lateral struktur portal bertingkat banyak yang menggunakan *Braced Frames Element* akibat beban gempa.
 - Membandingkan respon dinamis (simpangan lateral) struktur portal bertingkat banyak tanpa dan dengan *Braced Frames Element* (*X-Bracing*, *Chevron Bracing* dan *Diagonal Bracing*).

4. METODOLOGI PENULISAN

Penelitian ini dibuat dalam bentuk studi literatur, dimana penulis menerapkan rumus yang ada pada beberapa literatur yang menjadi referensi. Untuk membatasi ruang lingkup permasalahan maka dibuat pembatasan-pembatasan masalah serta penyederhanaan struktur yang rumit menjadi bentuk model matematis dengan asumsi-asumsi dasar sehingga memudahkan penulis untuk menurunkan rumus dan menunjang pemakaian waktu yang efisien.

Analisa dinamis struktur akan dilakukan dengan menggunakan program komputer analisis struktur SAP2000 untuk mendapatkan solusi dari struktur bertingkat banyak. Untuk membantu perhitungan manual yang banyak, akan digunakan program *MS Office Excel*.

5. BENTUK-BENTUK BRACED FRAMES ELEMENT

Bentuk-bentuk *Braced Frames Element* antara lain adalah *X-bracing*, *Chevron bracing*, dan *Diagonal bracing*. *Bracing* dapat ditempatkan pada satu bentang saja atau pada beberapa bentang portal, dengan penggunaan satu bentuk *bracing* ataupun kombinasi dari beberapa bentuk *bracing*.

a. Diagonal Bracing

Bentuk *Diagonal bracing* akan memerlukan jumlah batang yang lebih sedikit dibandingkan dengan bentuk-bentuk *bracing* yang lain, karena hanya disusun oleh sebuah batang diagonal yang diletakkan secara menyilang pada portal.

Untuk desain terhadap beban dinamis seperti beban gempa dengan gaya lateral bolak-balik (dua arah), maka *Diagonal bracing* harus direncanakan terhadap gaya tarik dan gaya tekan, karena gaya lateral bolak-balik tersebut hanya akan ditahan oleh satu batang diagonal saja.

b. X-Bracing

Bracing bentuk *X* ini dikatakan sebagai pengembangan dari bentuk *Diagonal bracing*. Bentuk *X-bracing* akan membutuhkan jumlah batang yang lebih banyak dibandingkan dengan *Diagonal bracing*, karena dilengkapi oleh dua batang diagonal yang saling menyilang yang dapat menahan gaya tarik dan gaya tekan. Sering diasumsikan *bracing* ini hanya berfungsi sebagai batang tarik saja, karena beban gempa dengan gaya lateral

bolak-balik (dua arah) akan selalu ditahan oleh salah satu batang tarik.

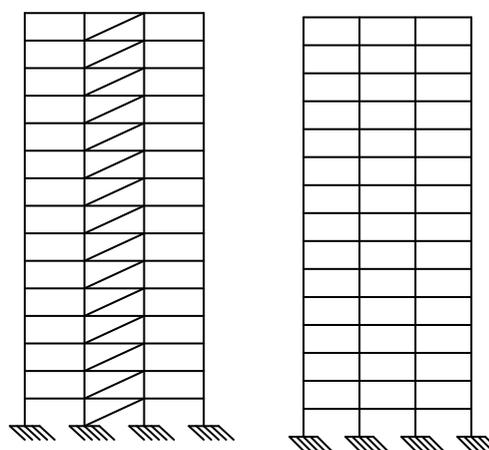
c. Chevron Bracing

Pada desain *bracing* bentuk *Chevron*, panjang batang *bracing* akan menjadi pendek karena akan memiliki tumpuan ditengah balok. Tumpuan ini akan mengurangi deformasi lentur balok, sehingga dimensi balok akan menjadi lebih kecil.

Perlu diperhatikan bahwa *bracing* ini selain menahan beban lateral juga akan menerima beban vertikal, yang mengakibatkan berkurangnya kemampuan batang untuk menahan beban lateral.

d. Pemodelan Struktur

Struktur yang dianalisa adalah portal baja 15 tingkat (2 dimensi) yang mempunyai tinggi 60 m, dengan tinggi masing-masing tingkat 4 m. Ukuran lantai pembebanan 8 m x 24 m untuk masing-masing tingkat. Data percepatan gempa yang digunakan adalah rekaman percepatan gempa El-Centro 1940 NS pada selang waktu 0,00-10,00 detik. Analisa struktur akan dilakukan pada kondisi tanpa dan dengan *bracing* dengan variasi bentuk-bentuk *bracing* (*Diagonal bracing*, *X-bracing* dan *Chevron bracing*).



a)
Gbr 1. Portal 15 tingkat tanpa *bracing* dan dengan *Diagonal bracing*.

Elemen-elemen struktur baja:

- Kolom tingkat 1, 2, 3, 4 dan 5 digunakan elemen baja profil W 21x402
- Kolom tingkat 6, 7, 8, 9 dan 10 digunakan elemen baja profil W 21x364
- Kolom tingkat 11, 12, 13, 14 dan 15 digunakan elemen baja profil W 21x333
- Balok tingkat 1, 2, 3, 4 dan 5 digunakan elemen baja profil W 18x311

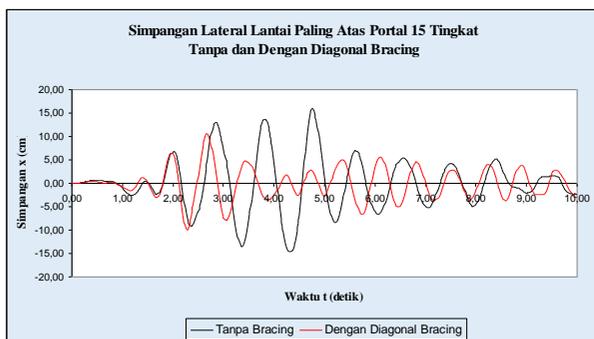
- Balok tingkat 6, 7, 8, 9 dan 10 digunakan elemen baja profil W 18x258
- Balok tingkat 11, 12, 13, 14 dan 15 digunakan elemen baja profil W 18x211
- *Bracing* digunakan elemen baja profil 2L 8x8x9/8

Data-data material baja:

Modulus Elastisitas (E) = 2380700 kg/cm²

Tegangan Leleh (σ_y) = 3500 kg/cm²

Hasil Analisa dengan menggunakan program aplikasi SAP 2000 adalah sebagai berikut.



Gbr 2. Simpangan maksimum portal dengan baracing dan tanpa bracing.

Berdasarkan grafik simpangan lateral lantai paling atas portal 15 tingkat tanpa dan dengan *Diagonal bracing* (gambar 2), nampak bahwa dengan menggunakan *bracing* akan semakin mengurangi respon (simpangan lateral) atau goyangan yang terjadi pada portal. Ini bisa dilihat pada grafik, dimana pada saat (pada selang waktu) portal tanpa *bracing* memberikan simpangan lateral yang besar, portal dengan *bracing* hanya menghasilkan simpangan lateral yang kecil. Hal ini disebabkan karena batang *bracing* akan memberikan kekakuan yang sangat besar terhadap kekakuan lateral portal untuk menahan beban gempa yang bekerja. Dari grafik juga nampak bahwa simpangan lateral maksimum portal dengan *bracing* akan lebih kecil dibandingkan dengan simpangan lateral maksimum portal tanpa *bracing*, seperti yang terlihat pada tabel 1 berikut ini :

Portal	Simp. maks. (cm)	Prosen	%selisih
tanpa <i>bracing</i>	15,97	100 %	33,66 %
dengan <i>Diagonal bracing</i>	10,59	66,34 %	

Tabel 1. Simpangan lateral maksimum lantai paling atas portal 15 tingkat tanpa dan dengan *Diagonal bracing*

Portal	Δ/h	Kontrol $\Delta/h \leq 0,002$
tanpa <i>bracing</i>	0,00266	tidak memenuhi
dengan <i>Diagonal bracing</i>	0,00177	memenuhi

Tabel 2. Kontrol simpangan lateral maksimum untuk portal 15 tingkat tanpa dan dengan *Diagonal bracing*

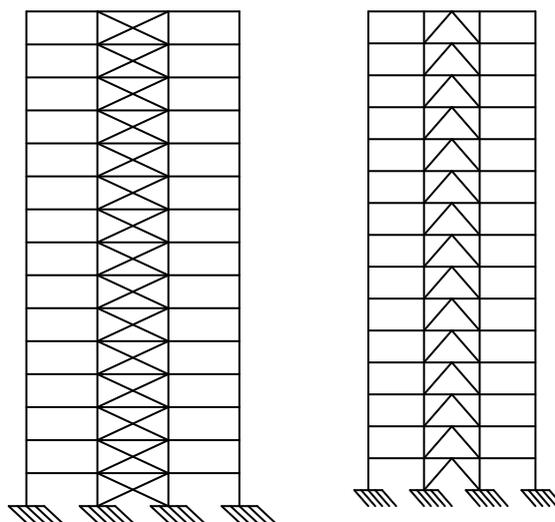
Grafik simpangan lateral lantai paling atas portal 15 tingkat maksimum yang diijinkan $\Delta/h \leq 0,002$ (Tabel 2).

dimana: Δ = simpangan lateral maksimum dan h = tinggi struktur.

Penggunaan *Diagonal bracing* pada struktur portal bertingkat 15, maka simpangan lateral maksimum yang terjadi pada lantai paling atas (lantai 15) akan berkurang sebesar 33,66% dari simpangan lateral maksimum portal yang tidak menggunakan *bracing* (tabel 5.1), sehingga bisa memenuhi syarat simpangan lateral.

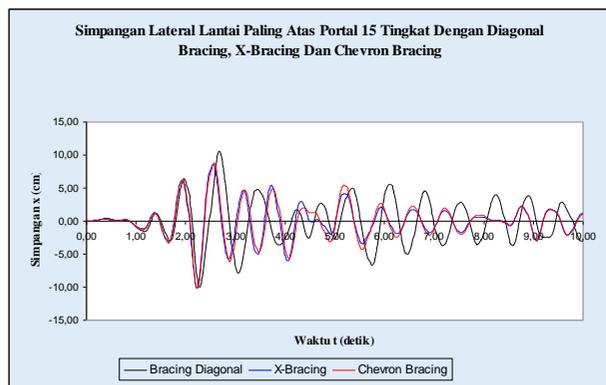
6. SIMPANGAN DINAMIS PORTAL BERTINGKAT BANYAK DENGAN VARIASI BENTUK BRACING

Gambar 3 memperlihatkan portal 15 lantai dengan variasi bentuk baracing. Berdasarkan grafik simpangan lateral lantai paling atas portal 15 tingkat dengan *Diagonal bracing*, *X-bracing* dan *Chevron bracing* (gambar 4), nampak bahwa portal yang menggunakan *X-bracing* dan *Chevron bracing* akan menghasilkan respon (simpangan lateral) atau goyangan yang lebih kecil dibandingkan dengan portal yang menggunakan *Diagonal bracing*.



Gbr 3. Portal 15 tingkat dengan *X-bracing*; dan *Chevron bracing*.

Hal ini disebabkan karena bentuk *X-bracing* dan *Chevron bracing* dilengkapi oleh dua batang diagonal yang diletakkan pada segmen portal, yang akan memberikan kekakuan yang lebih besar dibandingkan dengan *Diagonal bracing* yang hanya dilengkapi oleh satu batang diagonal saja. Dari grafik juga nampak bahwa dengan menggunakan ketiga bentuk *bracing* ini memberikan simpangan lateral maksimum yang sedikit berbeda (tabel 2).



Gbr 4. Grafik simpangan lateral lantai paling atas portal 15 tingkat dengan *X-bracing* dan *Chevron Bracing*

Portal	Simp. maks.	Prosentasi terhadap portal tanpa <i>bracing</i>
<i>Diagonal bracing</i>	10,59 cm	66,34 %
<i>X-bracing</i>	10,10 cm	63,24 %
<i>Chevron bracing</i>	10,19 cm	63,83 %

Tabel 2. Simpangan lateral maksimum lantai paling atas portal 15 tingkat dengan *Diagonal bracing*, *X-bracing* dan *Chevron bracing*

Portal	Δ/h	Kontrol $\Delta/h \leq 0,002$
<i>Diagonal bracing</i>	0,00177	memenuhi
<i>X-bracing</i>	0,00168	memenuhi
<i>Chevron bracing</i>	0,00170	memenuhi

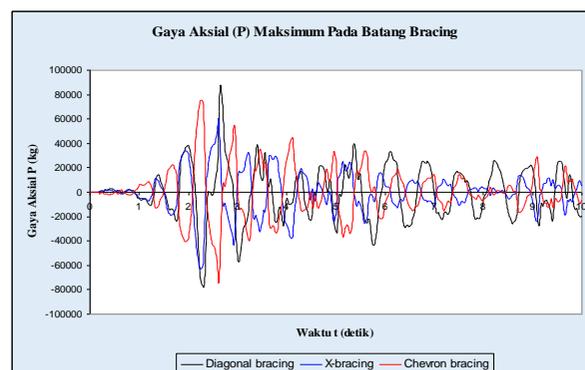
Tabel 3. Kontrol Simpangan lateral maksimum untuk portal 15 tingkat dengan *Diagonal bracing*, *X-bracing* dan *Chevron bracing*

dimana: Δ = simpangan lateral maksimum dan h = tinggi struktur.

Penggunaan *X-bracing* dan *Chevron bracing* pada portal 15 tingkat akan menghasilkan simpangan lateral maksimum pada lantai paling atas (lantai 15) sedikit lebih kecil dibandingkan dengan penggunaan *diagonal bracing*. Untuk portal dengan *X-*

bracing akan menghasilkan simpangan lateral 3,10% lebih kecil dari simpangan lateral portal dengan *Diagonal bracing* sedangkan untuk portal dengan *Chevron bracing* akan menghasilkan simpangan lateral 2,51% lebih kecil dari simpangan lateral portal dengan *Diagonal bracing* (tabel 3).

Dalam *Output* program SAP2000 juga menghasilkan gaya-gaya aksial yang bekerja pada batang *bracing* berdasarkan riwayat waktu seperti yang terlihat dalam grafik (gambar 4) berikut ini,



Gbr 4. Grafik gaya aksial maksimum pada batang *Diagonal bracing*, *X-bracing* dan *Chevron bracing* portal 15 tingkat

Gaya-gaya aksial yang bekerja pada batang *bracing* tersebut akan berbeda besarnya untuk masing-masing bentuk *bracing* (*Diagonal bracing*, *X-bracing* dan *Chevron bracing*), dimana besarnya gaya aksial P maksimum dapat dilihat dalam tabel 5.5 berikut ini:

Portal	Gaya Aksial (P) maks. pada batang <i>bracing</i>
<i>Diagonal bracing</i>	87370 kg
<i>X-bracing</i>	62940 kg
<i>Chevron bracing</i>	75510 kg

Tabel 4. Gaya aksial (P) maksimum pada batang *Diagonal bracing*, *X-bracing* dan *Chevron bracing*.

Tegangan batang *bracing* yang diakibatkan oleh gaya aksial sebesar P maksimum (tabel 4) harus memenuhi terhadap tegangan tarik ijin dan tegangan tekan ijin, karena gaya aksial tersebut bekerja dalam dua arah (bolak-balik) yaitu arah tarik dan arah tekan (gambar 4).

7. KESIMPULAN

Berdasarkan dari pembahasan dapat ditarik kesimpulan-kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan *Diagonal Bracing* pada portal 15 tingkat yang diletakkan pada seluruh bentang vertikal akan mengurangi simpangan lateral maksimum menjadi 66,34 % dari simpangan lateral maksimum portal tanpa *bracing* dan untuk penggunaan *X-bracing*, simpangan lateral maksimum akan berkurang menjadi 63,24 % dari simpangan lateral maksimum portal tanpa *bracing*. Pada penggunaan *Chevron bracing* akan mengurangi simpangan lateral maksimum menjadi 63,83 % dari simpangan lateral maksimum portal tanpa *bracing*.
2. Simpangan lateral maksimum portal 15 tingkat yang menggunakan *X-bracing* dan *Chevron bracing* yang diletakkan pada seluruh bentang vertikal, akan lebih kecil (lebih kecil 3,10 % untuk *X-Bracing* dan 2,51 % untuk *Chevron Bracing*) dibandingkan dengan portal yang menggunakan *Diagonal Bracing*.

8. DAFTAR PUSTAKA

- A. Chopra. 1995. *Dynamics of Structures. Theory and Applications to Earthquake Engineering*.
- Clough, Ray W. dan Penzien, Joseph. 1988. *"Dinamika Struktur", Jilid Satu*. Jakarta : Erlangga.
- Naeim, Farzad. 1989. *"The Seismic Design Handbook (Structural Engineering Series)"*. New york : Van Nostrand Reinhold.
- Bathe K.J. dan Wilson E.L., 1976. *Numerical Methods in Finite Element Analysis*.
- Schueller, Wolfgang. 1989. *"Struktur Bangunan Bertingkat Tinggi"*. Bandung: PT Refika Aditama.
- Paz, Mario. 1993. *"Dinamika Struktur (Teori dan Perhitungan)"*. Jakarta : Erlangga.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1970. *"Peraturan Muatan Indonesia". N.I-18. UDC : 389.6(910):624.07*. Bandung : Yayasan Penerbit PU.
-, 1998. *"SAP2000 Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures (Basic Analysis Reference)"*. California : Computer and Structures, Inc.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1987. *"Pedoman Perencanaan Ketahanan*

Gempa untuk Rumah dan Gedung". SKBI-1.3.53. 1987 UDC : 699.841. Jakarta : Yayasan Penerbit PU.

Ghali, A. dan Neville, A. M. 1986. *"Analisa Struktur (Gabungan Metode Klasik dan Matriks)"*, Edisi Kedua. Jakarta : Erlangga.