

EFEKTIFITAS PENGGUNGAAN BRACING PADA PORTAL BERTINGKAT ASIMETRIS

Jhonson Andar Harianja¹⁾, Zaluku, R.A²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta
e-mail : harianja_andar@yahoo.com

²⁾Alumni S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta

ABSTRACT

When a structure is subjected to lateral load, it will experience lateral displacement which, when loading occurs repeatedly, will cause the structure to ultimately reach its plastic state, and hence, its collapse. To minimize lateral displacement, structures need to have sufficient stiffness to resist lateral load. In this experimental study a structural model in the shape of an asymmetrical portal was made. A bracing was designed which could be attached to any part of the portal. For each configuration, the fortified portal was subjected to seismic type of loading to observe the effectiveness of the bracing against the load. The effectiveness of the bracing was measured by the lateral deflection experienced by the structure.

SBR rubber was selected as the material for the portal due to its high elasticity. The portal was placed on a movable base, which, when subjected to lateral load would induce a seismic type of base shear on the structure. The lateral displacement which occurred in each portal configuration was measured. The experiment was conducted for nine designated bracing positions attached to the portal. Another test was run with the bracing not attached to the portal.

The result of the experiment revealed, both test result and analysis results, obtained that the asymmetric model with a bracing. A portal is a portal model the most rigid and most effective way to reduce earthquake forces, lateral displacement value 0,04 cm and 0,044 cm test result with the percentage effectiveness analysis results 95,18 % on the test results 96,431 % in the analytical results. It can be concluded that this form of bracing. Bracing is a good model to be applied as lateral stiffness to the bottom horizontal shear force.

Keywords : *portal asymmetric, bracing, lateral displacement.*

I. PENDAHULUAN

Gaya geser horizontal seperti gempa (lateral) penting diperhitungkan untuk kestabilan sebuah gedung. Gaya ini mengakibatkan simpangan pada sebuah gedung yang berlangsung secara berulang-ulang. Jika kondisi elemen struktur melampaui batas plastis

maka gedung tersebut akan kehilangan kestabilan dan pada akhirnya dapat runtuh. Untuk mengatasinya, dibutuhkan pengaku yang tepat pada sebuah struktur agar memiliki kemampuan layan dan kekakuan yang baik terhadap simpangan . Pengaku tersebut dapat dipasang secara meyilang pada salah satu atau lebih di sisi portal yang berfungsi sebagai pengaku lateral. Pada penelitian ini diamati perilaku struktur portal asimetris akibat gaya geser horizontal (lateral) secara visual dan manual. Untuk tujuan ini diaplikasikan bracing pada model portal berbentuk asimetris lantai dua.

Frame portal untuk pengujian terbuat dari karet dengan elastisitas yang tinggi sehingga diharapkan mampu menunjukkan simpangan secara visual. Model portal ini diberikan pengaku lateral (*bracing*) dengan berbagai bentuk yang dianggap dapat meredam simpangan oleh adanya gaya lateral yang bekerja. Besar redaman terhadap simpangan masing-masing bentuk *bracing* akan dibandingkan satu sama lain. Gaya geser horizontal dihasilkan sebuah alat yang didesain khusus untuk menirukan gaya geser lateral gempa pada dasar bangunan. Simpangan yang terjadi pada model portal diamati secara visual dan manual.

Besarnya simpangan yang terjadi pada model portal asimetris dengan menggunakan bracing berhubungan dengan kekakuan model portal. Struktur yang memiliki kekakuan yang baik merupakan syarat utama agar dapat berdiri dengan stabil. Semakin besar simpangan sebuah struktur akibat bekerjanya gaya geser lateral menandakan kekakuannya semakin tidak baik. Model portal yang dirancang adalah portal dengan bracing yang dapat diganti bentuknya untuk menghasilkan bentuk yang paling efektif dan selanjutnya dibandingkan dengan model portal tanpa menggunakan bracing.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Model struktur

Dewasa ini pengjian model dibidang struktru banyak dilakukan karena hasil-hasilnya sangat membantu dalam bidang penelitian/riset, perancangan, dan pengajaran ilmu. Disamping itu untuk kondisi struktur yang kompleks ataupun sangat kompleks, baik geometrinya maupun batasanya, diana metode analistik maupun numerik tidak/belum tersedia ataupun tidak/belum bisa diselesaikan, maka penyelesaian dengan model test merupakan jawaban. Menurut bambang sehendro (2000) model struktur dapat diklasifikasikan menjadi :

a. Model Elastik (Elastick Model)

Model tipe ini dipakai untuk memperoleh/mempelajari respon elastik dari suatu struktur. Pada model tipe ini, geometri dari model harus mirip (similar) dengan geometri dari struktur aslinya (prototype), namun bahan yang dipakai untuk membuat model tidak harus sama dengan bahan prototypenya. Yang penting disini bahan tersebut harus homogen dan elastik.

b. Model tidak langsung (indirect model)

Model tipe ini sering kali tidak memiliki kemiripan langsung dengan prototypenya. Sebagai contoh, suatu portal 2 dimensi yang perilakunya tergantung dari nilai kekakuan lentur (EI) masing-masing batangnya dapat dibuat indirect modelnya dengan hanya menggunakan nilai kekakuan lentur relatifnya. Dengan demikian, tampang pada modelnya, asal kekakuan lentur relatifnya terpenuhi. Disini luas tampang batangnya, walaupun tidak diskala tidak akan mempengaruhi hasil eksperimen.

c. Model langsung (direct model)

Pada model tipe ini, bentuk geometri dan pembebanan pada model harus mirip dengan prototypenya, dan regangan, deformasi, serta tegangan pada model juga mirip dengan prototypenya. Dengan demikian model tipe ini juga merupakan keadaan khusus dari model elastik (elastic model).

d. Model Kekuatan (strenght Model)

Pada model tipe ini, selain geometrik dan pembebanan pada model harus mirip dengan prototypenya, bahan untuk membuat model tersebut juga harus sama dengan bahan prototypenya. Dengan demikian, model ini dapat dipakai untuk memperoleh respon struktur sampai dengan keruntuhan struktur tersebut (inelastic range).

e. Model pengaruh angin (wind effect model)

1. Model bentuk

Hanya bentuk strukturnya yang dipentingkan, karena yang diinginkan hanya mengetahui pengaruh bentuk struktru terhadap suatu respon (misanya gaya hambat, aliran air/udara yang melewatinya).

2. Model *aeroelastik*

Disamping bentuk strukturnya, kekakuan dan kekuatan strukturnya juga dipentingkan, karena selain respon yang seperti diuraikan pada shape model,

tegangan-tegangan di dalam struktur maupun deformasi yang terjadi juga diinginkan untuk diketahui.

2.2. Struktur Portal

Struktur rangkaku/ portal adalah struktur yang terdiri atas elemen-elemen linear, umumnya balok dan kolom, yang saling dihubungkan pada ujung-ujungnya oleh joints dengan kaku yang dapat mencegah rotasi relatif di antara elemen struktur yang dihubungkannya (schodek,1999). Dengan demikian, elemen struktur tersebut menerus pada titik hubung itu. Struktur rangka kaku adalah statis tak tentu.

Berdasarkan geometrik vertikalnya, portal dapat dibedakan menjadi portal simetris dan portal asimetris. Struktur portal asimetri tidak mempunyai cerminan yang sama jika diberikan sumbu tengah yang membagi portal tersebut. Untuk menganalisis sebuah portal asimetri menggunakan ukuran model yang utuh sehingga membutuhkan ketelitian dan waktu yang agak lama karena penggunaan data yang lengkap pada setiap segmen portal dan proses analisis yang lebih panjang.

Struktur portal dipengaruhi oleh gaya internal dan gaya eksternal. gaya internal merupakan kekakuan struktur tersebut terhadap gaya eksternal, dalam hal ini mengangai elastisita bahan dan momen inersianya. Elastisita (E) dinyatakan seperti persamaan (1) (berdasarkan hukum hooke) dengan satuan kg/cm^2 dan momen inersia (I) dimensi persegi seperti persamaan (2) dengan satuan cm^4 .

$$E = \frac{f(\text{tegangan})}{\varepsilon(\text{regangan})} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$I = \frac{1}{12}bh^3 \dots\dots\dots (2.3)$$

2.3. Struktur Portal dengan bracing

Struktur portal merupakan struktur yang tidak efisien apabila digunakan untuk beban lateral yang sangat besar, terutama beban gempa. Untuk memikul beban demikian cara efisien yang dapat dilakukan adalah dengan menambahkan shear wall (dinding geser) atau diagonal bracing (pengaku diagonal) pada struktur (schodek,1999). Pada penelitian ini, struktur portal menggunakan pengaku dengan bracing yang bertujuan memberikan kekakuan struktur sehingga dapat meminimalisir simpangan pada struktur.

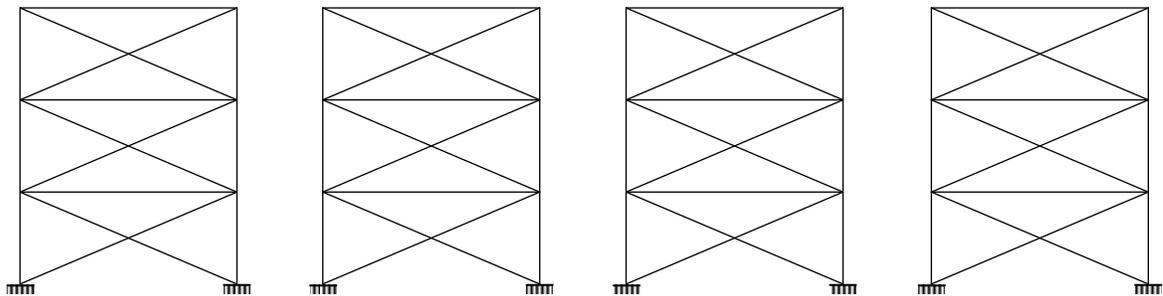
Secara umum bentuk bracing yang digunakan untuk struktur portal terdiri dari dua, yaitu *centrically braced frame* dan *eccentrically braced frame*.

a. Sistem rangka bracing konsentrik

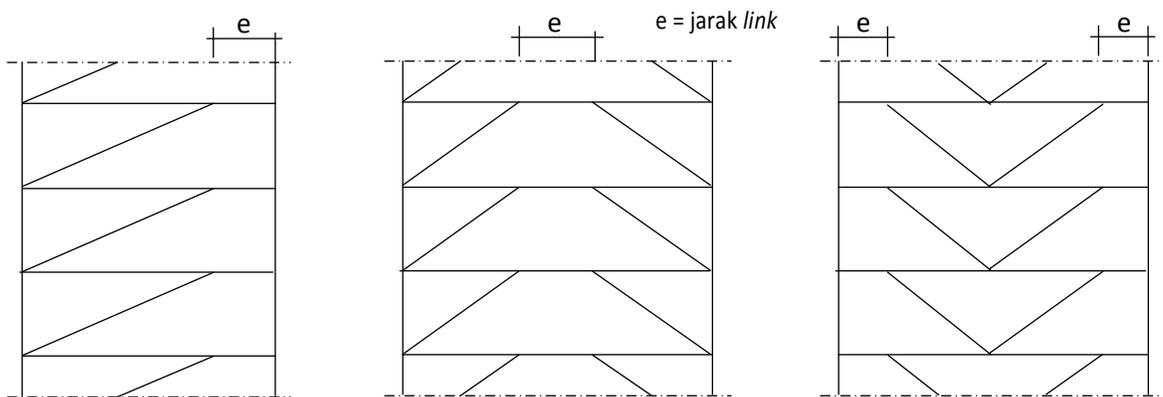
Kekakuan sistem ini (Gambar 1) terjadi akibat adanya elemen pengaku yang berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang terjadi pada struktur. Sistem ini penyerapan energinya dilakukan melalui pelelehan yang dirancang terjadi pada pelat buhul. Sistem ini daktilitasnya kurang begitu baik sehingga kegagalannya ditentukan oleh tekuk bracing.

b. Sistem rangka *bracing eksentrik*

Pada sistem rangka bresing eksentrik disingkat *EBF* (Gambar 2.2) ada suatu bagian dari balok yang disebut *link* dan direncanakan secara khusus. *EBF* diharapkan dapat mengalami deformasi inelastis yang cukup besar pada link saat memikul gaya-gaya akibat beban gempa rencana karena element link tersebut berfungsi sebagai pendisipasi energi ketika struktur menerima beban gempa. Pendisipasi energi ini diwujudkan dalam bentuk plastifikasi pada elemen link tersebut. Hal tersebut yang menyebabkan sistem SRBE mempunyai nilai daktilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan SRBK yang lebih mengutamakan pada kekuatan strukturnya.



Gambar 2.1. Berbagai bentuk *centrically braced frame* (CBF)



Gambar 2.2. Berbagai bentuk *Eccentrically Braced Frame* (EBF)

2.4. Simpangan (Δ) akibat gaya geser horizontal

Simpangan atau drift adalah perpindahan lateral relative antara dua tingkat bangunan yang berdekatan atau dapat dikatakan simpangan mendatar tiap-tiap tingkat bangunan akibat gaya gempa. Besarnya simpangan (Δ) bergantung pada kemampuan struktur dalam menahan gaya geser horizontal yang terjadi. Apabila struktur memiliki kekakuan yang besar untuk melawan gaya horizontal maka struktur akan mengalami simpangan horizontal yang lebih kecil dibandingkan dengan struktur yang tidak memiliki kekakuan yang cukup besar.

III. LANDASAN TEORI

3.1. Pendahuluan

Struktur portal dapat mengalami reaksi tertentu apabila menerima aksi atau pembebanan tertentu, salah satunya adalah simpangan lateral. Secara fakta dilapangan simpangan lateral pada struktur dapat diakibatkan oleh berbagai hal, terutama akibat gaya gempa. Pada penelitian ini gaya lateral yang diterima oleh model portal berupa gaya geser dasar horizontal sebagai pemberi efek simpangan pada model portal. Tetapi metode dan langkah analisis gaya geser gempa, karena sama-sama memiliki unsur getaran yang memberikan efek lateral terhadap struktur. Tetapi perbedaannya adalah gaya geser dasar horizontal terjadi pada sebuah model struktur portal untuk melihat perilaku model tersebut dalam bentuk simpangan (drift).

Besarnya nilai simpangan pada struktur portal juga bergantung pada kestabilan struktur tersebut. Struktur yang stabil merupakan gaya internal yang timbul di dalam struktur yang mempunyai kecenderungan untuk mengembalikan bentuk struktur ke bentuk semula apabila bebannya telah dihilangkan. Kekakuan elemen penyusun struktur portal itu juga merupakan salah satu pendukung kestabilan struktur. Penggunaan bracing sebagai pengaku dan menjaga kestabilan struktur merupakan cara yang umum dipakai saat ini. Setiap bentuk bracing memiliki tingkat keefektifan masing-masing dalam meredam gaya gempa berdasarkan simpangan yang terjadi.

Untuk menemukan jawaban dari penjelasan di atas tentang keefektifan bracing, pada penelitian ini didesain sebuah alat peraga yang mampu bergetar memberi gerakan geser dasar horizontal. Proses penelitian dilakukan secara manual, sehingga bahan karet yang

memiliki sifat elastisitas tinggi digunakan sebagai bahan untuk membentuk model struktur poertal agar dapat menunjukkan jauh simpangan yang terjadi secara visual.

Pada proses penelitian ini, selain yang diperoleh data pengujian, juga dilakukan analsisi dengan bantuan program komputer yaitu SAP2000 untuk memperoleh data simpangan hasil analisis. Dalam menganalisis model struktur diperlukan data-data material dan beban. Data-data tersebut adalah modulus elastisitas (E) bahan, monen inersia (I) dan beban gempa pada masing-masing tingkat. Secara teoritis, gaya geser gempa (V) didapat dengan menggunakan persamaan berikut.

$$V = \frac{C \cdot I}{R} W_t \dots\dots\dots (3.1)$$

Untuk mendapatkan nilai V pada penelitian sesuai rumus di atas, dilakukan dengan mencari gaya dorong meja getar secara horizontal. Selanjutnya, nilai dari gaya dorong kemudian diasumsikan sebagai gaya geser dasar horizontal. Beban horizontal pada masing-masing tingkat diperoleh dengan mendistribusikan gaya geser dasar horizontal (V) dengan analisis statik ekuivalen.

3.2. Pemahaman Analisa Statik Ekuivalen

Analisa statik ekuivalen dipergunakan untuk mendistribusikan gaya geser horizontal (V) dari dasar model portal atau pada meja getar ke masing-masing tingkat pada model portal menjadi beban horizontal. Nilai beba horizontal (F) didapat berdasarkan berat (w) struktur pada setiap tingkat dan ketinggian (h) tingkat tersebut. Penyelesaian secara statik ekuivalen seperti persamaan di bawah ini.

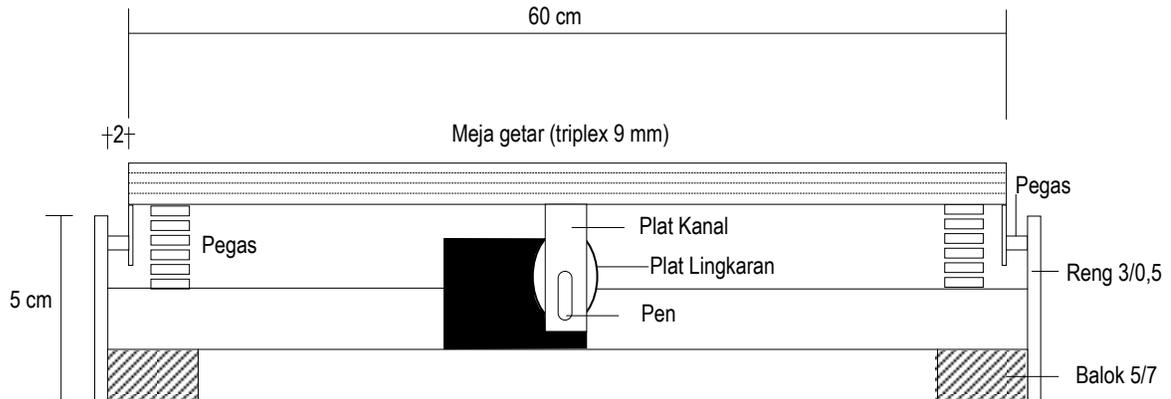
$$F_i = \frac{W_i h_i}{\sum W_i h_i} \cdot V \dots\dots\dots (3.2)$$

IV. METODOLOGI PENELITIAN

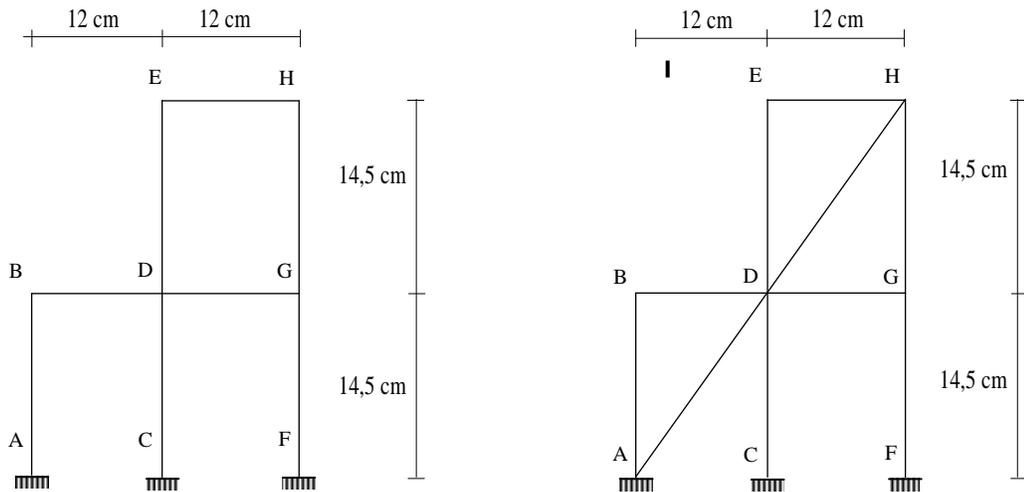
4.1. Pembuatan Alat Peraga

Bahan-bahan utama untuk pembuatan alat yang menghasilkan getaran terdiri dari dinamo, adaptor, triplek 9 mm, pegas, balok kayu 5/7, plat lingkaran, plat kanal, dan beberapa bahan pendukung lainnya. Mesin penggerak dari alat ini adalah dinamo. Sedangkan media penggerak aktifnya adalah plat lingkaran yang menempel langsung pada dinamo dan plat kanal adalah media peggerak pasifnya yang menempel dibagian bawah

triplek. Alat peraga didesain memiliki simpangan (Δ) sejauh 2 cm dengan desain alat seperti tampak pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Desain Alat Penghasil Getaran



Gambar 4.2. Contoh Model Portal

4.2. Pembuatan Model Portal

Material pembuatan model portal asimetri berasal dari bahan karet SBR hasil vulkanisir. Model portal dibuat sebanyak satu buah, tetapi dirangkai lebih dinamis pada titik hubungannya (joint) sehingga dapat mengubah-ubah bentuk bracing yang akan di tinjau. Bentuk model portal yang ditinjau sebanyak sepuluh buah, satu bentuk dengan portal tanpa bracing dan sembilan bentuk model portal dengan bracing. Batang portal dibuat dengan dimensi 1×1 cm dengan panjang koom 14,5 cm dan panjang balok 12 m seperti pada gambar 4.2

4.3. Mekanisme Pengukuran Simpangan dan Pengujian

Proses pengukuran simpangan dilakukan secara visual dan manual. Caranya adalah dengan memanfaatkan sebuah pena yang ditempelkan pada salah satu joint tingkat teratas pada model portal. Simpangan didapat berdasarkan hasil coretan pada kertas milimeter yang ditempelkan pada kaca. Kaca tersebut dibautkan pada balok kayu yang didesain sedemikian rupa dan telah disesuaikan dengan tinggi model portal yang telah diletakan diatas meja getar. Hasil coretan pada kertas milimeter dianggap sebagai simpangan awal (Δ') dan untuk mendapatkan simpangan (Δx) sebenarnya model portal didapatkan dengan persamaan dibawah ini.

$$\Delta x = \Delta' - \Delta' \dots\dots\dots (4.1)$$

4.4. Tahapan Mencari Nilai simpangan (Δx) dengan Analisis

Disasumsikan bahwa suatu benda yang mengalami perpanjangan atau perpendekan akibat gaya tarik atau tekan, maka benda tersebut telah mengalami tegangan akibat gaya yang terjadi. Dan salah satu unsur tegangan adalah adanya gaya. Untuk mendapatkan nilai itu, digunakan timbangan yang telah dikalibrasi. Saat posisi normal, pada sisi luar meja getar didekatka kepa timbangan. Sehingga, meja getar yang menghasilkan simpangan saat digerakkan akan menubruk dan menekan kepala timbangan. Dan didapat gaya dorongnya adalah 8,2 kg dan dianggap sebagai gaya geser dasar horizontal dengan ara statik ekuivalen seperti persamaan (3). Selanjutnya adalah menganalisis sepuluh bentuk model portal tersebut dengan menggunakan program SAP2000 versi 11

Pada proses ini, cara yang digunakan adalah dengan memanfaatkan sebuah software program komputer yaitu SAP2000 versi 11. Tujuanya adalah untuk mencari nilai simpangan (Δx) sebuah portal jika terjadi gaya lateral secara analisis.

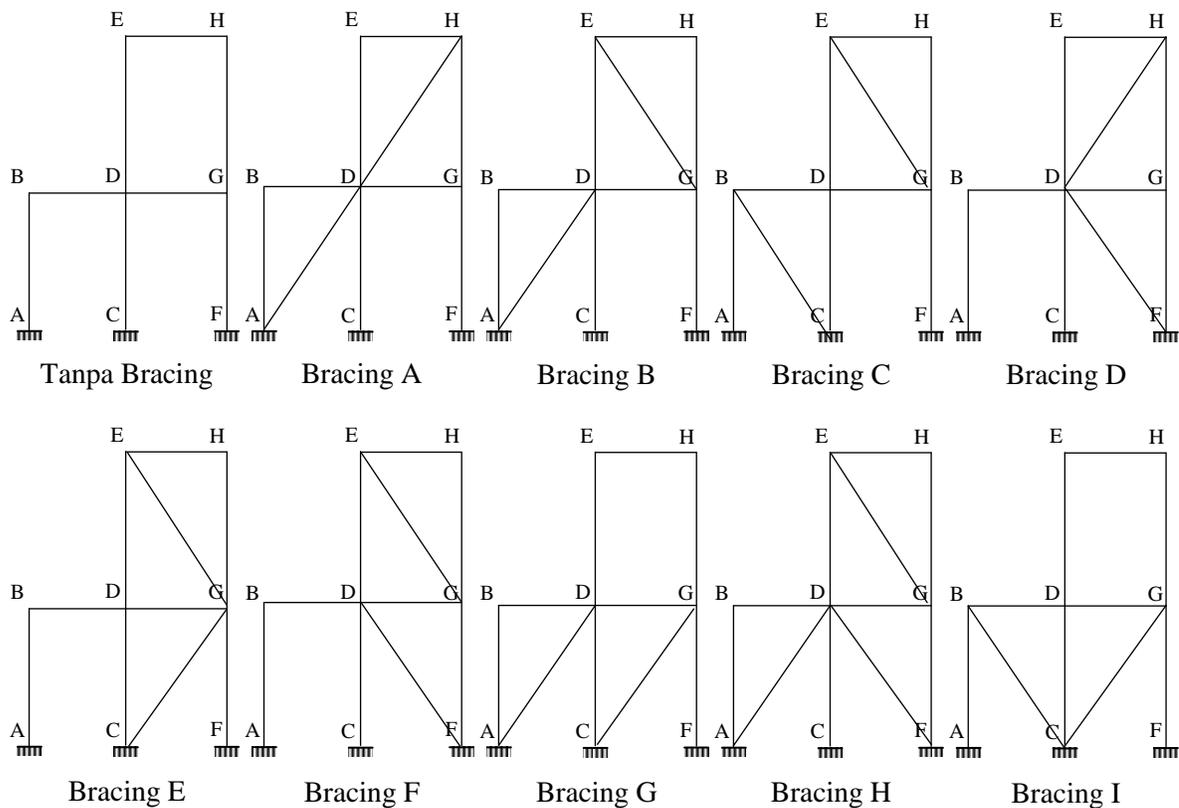
V. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1. Data hasil pengujian

Setiap model dilakuka tiga kali pengujian dan persamaan (4) digunakan pada tahap ini untuk setiap pengujiannya. Kemudian diambil rata-rata sebagai hasilnya data hasil egujian dapat dilihat pada Ttabel 5.1.

Tabel 5.1. Data hasil pengujian

Model	(Δx) cm
Tanpa Bracing	0,83
Bracing A	0,04
Bracing B	0,04
Bracing C	0,06
Bracing D	0,07
Bracing E	0,07
Bracing F	0,08
Bracing G	0,34
Bracing H	0,38
Bracing I	0,42



Gambar 5.1. Bentuk model portal yang diuji

5.2. Hasil Analisis

Sebelum dilakukan analisis menggunakan SAP2000, terlebih dahulu dilakukan pendistribusian gaya geser dasar horizontal (V) = 8,2 kg ke masing-masing tingkat pada model portal. Distribusi gaya geser pada model portal tanpa bracing dapat dilihat pada Tabel 5.2, distribusi gaya geser pada bracing A, B, C, D, E, dan F pada Tabel 5.3 sedang distribusi gaya geser pada bracing G, H, dan I dicantumkan pada Tabel 5.4.

Tabel 5.2. Distribusi gaya geser dasar horizontal (V) pada portal tanpa bracing

Tingkat	hi (cm)	Wi (kg)	hi Wi	Fi (kg)	½ . Fi,x (kg)
2	30	0,1486	4,4583	4,2305	2,1152
1	15	0,2789	4,1833	3,9695	1,9848
Σ			8,6416	8,2000	---

Tabel 5.3. Distribusi gaya geser dasar horizontal (V) pada portal bracing A,B,C,D,E,F,

Tingkat	hi (cm)	Wi (kg)	hi Wi	Fi (kg)	½ . Fi,x (kg)
2	30	0,1486	4,4583	4,2305	2,1152
1	15	0,2789	4,1833	3,9695	1,9848
Σ			8,6416	8,2000	---

Tabel 5.4. Distribusi gaya geser dasar horizontal (V) pada portal bracing G,H,I

Tingkat	hi (cm)	Wi (kg)	hi Wi	Fi (kg)	½ . Fi,x (kg)
2	30	0,1486	4,4583	3,8209	1,9104
1	15	0,3406	5,1097	4,3791	2,1896
Σ			10,4944	8,2000	---

Output nilai simpangan (Δx) dari program SAP2000 ditunjukkan oleh *joint displacement* dan dirangkum dalam Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5.5. Nilai simpangan untuk masing-masing model portal

Model Bracing	(Δx) cm
Tanpa Bracing	1,233
Bracing A	0,044
Bracing B	0,050
Bracing C	0,071
Bracing D	0,074
Bracing E	0,075
Bracing F	0,080
Bracing G	0,597
Bracing H	0,600
Bracing I	0,613

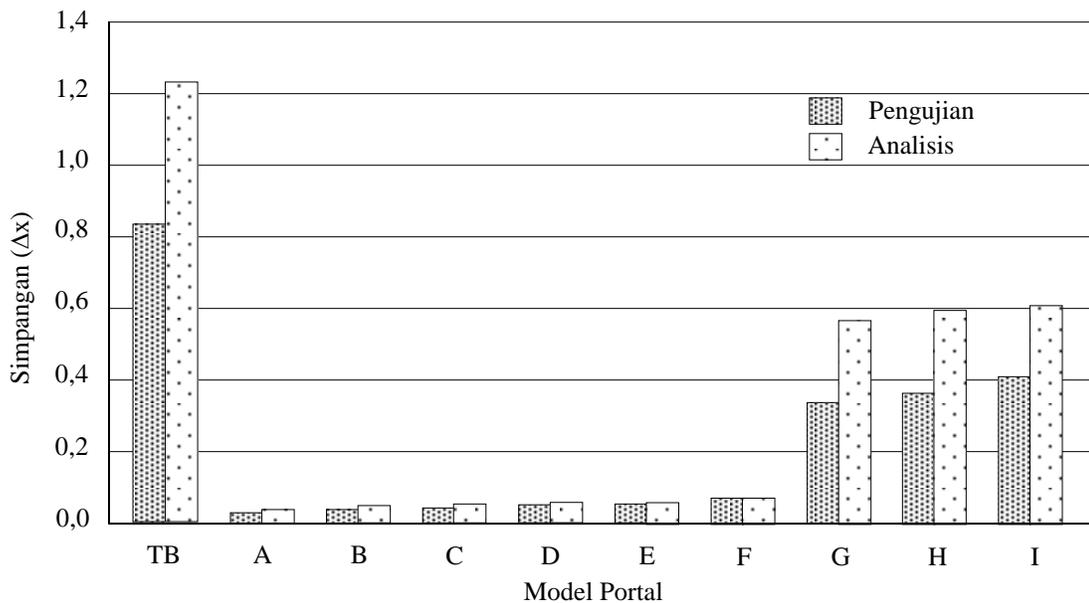
5.2. Perbandingan Hasil Pengujian dan Hasil Analisis

Pemasangan bracing menambah kekakuan model portal yang tampak pada besaran simpangannya mengecil akibat beban yang bekerja. Pada beban yang sama, tampak bahwa besarnya simpangan yang terjadi tidak sama untuk semua model portal yang dibuat.

Simpangan yang terjadi dari hasil pengujian dan hasil analisis pada Tabel 5.6 dan grafik pada Gambar 5.2 menunjukkan kesesuaian dalam menjelaskan kekakuan dan efek redaman terhadap model portal.

Tabel 5.6. Perbandingan simpangan hasil pengujian dan analisis

Model Bracing	Δx hasil Pengujian (cm)	Δx hasil Analisi (cm)	Error	
			Absolute	Relative (%)
Tanpa Bracing	0,83	1,233	0,403	32,68
Bracing A	0,04	0,044	0,004	10,00
Bracing B	0,04	0,050	0,010	25,00
Bracing C	0,06	0,071	0,011	18,33
Bracing D	0,07	0,074	0,004	5,71
Bracing E	0,07	0,075	0,005	7,14
Bracing F	0,08	0,080	0,000	0,00
Bracing G	0,34	0,597	0,227	40,04
Bracing H	0,38	0,600	0,220	36,67
Bracing I	0,42	0,613	0,193	31,48



Gambar 5.1. Perbandingan simpangan (Δx) hasil pengujian dan analisis

5.3. Efektivitas Bracing

Dari hasil simpangan, model-model portal dengan bracing memiliki keefektifan masing-masing dalam meredam gaya geser dasar horizontal. Efektivitas bracing dalam meredam simpangan dibandingkan dengan *displacement* yang terjadi pada portal tanpa

bracing dengan beban yang sama. Efektivitas model portal dengan bracing berdasar data simpangan hasil pengujian dan hasil analisis dicantumkan dalam Tabel 5.7 dan 5.8.

Tabel 5.7. Efektivitas portal dengan bracing hasil pengujian

Model Bracing	Δx Hasil Pengujian (cm)	Selisih	% Keefektifan
Tanpa Bracing	<u>0,83</u>	---	---
Bracing A	0,04	0,79	95,18
Bracing B	0,04	0,79	95,18
Bracing C	0,06	0,77	92,77
Bracing D	0,07	0,76	91,57
Bracing E	0,07	0,76	91,57
Bracing F	0,08	0,75	90,36
Bracing G	0,34	0,53	63,86
Bracing H	0,38	0,53	63,86
Bracing I	0,42	0,52	62,65

Tabel 5.8. Efektivitas portal dengan bracing hasil analisis

Model Bracing	Δx Hasil Analisis (cm)	Selisih	% Keefektifan
Tanpa Bracing	<u>1,233</u>	---	---
Bracing A	0,044	1,189	96,43
Bracing B	0,050	1,183	95,95
Bracing C	0,071	1,162	94,24
Bracing D	0,074	1,159	93,99
Bracing E	0,075	1,158	93,92
Bracing F	0,080	1,153	93,51
Bracing G	0,597	0,666	54,02
Bracing H	0,600	0,633	51,34
Bracing I	0,613	0,620	50,28

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

- Model portal dengan Bracing A pada Gambar 5.1 adalah bentuk yang paling kaku dengan nilai simpangan $\Delta x = 0,04$ cm sesuai hasil pengujian dan $\Delta x = 0,044$ cm sesuai hasil analisis.
- Efektivitas portal dengan Bracing A adalah 95,18 % sesuai hasil pengujian dan 96,43 % sesuai hasil analisis dan merupakan model portal dengan bracing yang paling efektif dari model yang lain.
- Terdapat kesesuaian besaran simpangan Δx hasil pengujian dan hasil analisis.

6.2. Saran

- a. Perlu dilakukan kalibrasi model portal dan peralatannya sehingga dapat dirumuskan persamaan dasar simpangan untuk berbagai model portal yang lain.
- b. Perlu ditinjau nilai percepatan dari alat getar sehingga hukum Newton II dapat digunakan sedangkan sifat struktur dan kondisi tanah perlu dilakukan penyesuaian.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashari, T., , *Studi Perilaku Pengaku Anti Tekuk (Buckling Inhibited Braces) Pada Bangunan Struktur Baja Akibat Beban Gempa*, Jurnal, ITS, Surabaya.
- Dewi, S.M., 2009, *Teknik Gempa Untuk Teknik Sipil*, Bargie Media, Malang.
- Harianja, B., 1996, *Mekanika Teknik Analisis Lanjut Sistem Struktur Berbentuk Rangka*, Erlangga, Jakarta.
- Harianja, J.A., 2002, *Analisa Struktur IV*, Fakultas Teknik Ukrim Yogyakarta (Tidak dipublikasikan)
- Kamarwan, S.S., 1995, *Statika Bagian Dari Mekanika Teknik*, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Oktota, A.P., 2009, *Struktur Rangka Baja Tahan Gempa*, <http://andrepuja.wordpress.com/2009/12/23/struktur-rangka-baja-tahan-gempa/>
- Schodek, D.L., 1999, *Struktur*, alih bahasa oleh Suryoatmojo, Erlangga, Jakarta.
- Suhendro, B., 1999, *Teori Model Struktur dan Teknik Eksperimental*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Wigroho, 1999, *Analisa Struktur Statis Tidak Tertentu*, Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.
- Wiryanto, 2007., *Aplikasi Rekayasa Konstruksi dengan SAP2000*, ElexMedia Komputindo, Jakarta.