

Pengaruh Pengaku Konsentris (*Concentric Bracing*) dan Eksentris (*Eccentric Bracing*) pada Struktur Baja dengan Daktilitas Penuh Terhadap Gempa

Sumargo *)
Syamsul Basri **)
Anis Rosyidah *)

Abstrak

Tujuan dari penulisan ini adalah untuk mengetahui perbedaan perilaku struktur baja berpengaku konsentris dan eksentris apabila diberi percepatan gempa El Centro dan Pasadena. Perilaku yang ditinjau meliputi periode getar, simpangan, *hysteresis loop*, daktilitas struktur dan elemen.

Model struktur adalah portal baja 12 lantai menggunakan pengaku konsentris tipe diagonal (A1) dan *inverted V* (A2), untuk pengaku eksentris tipe diagonal (B1) serta *inverted V* (B2). Alat bantu untuk analisis menggunakan *software SAP 2000* dan *excel*. Adapun metode penyelesaiannya meliputi perencanaan struktur dan analisis perilaku struktur.

Dari perencanaan didapat ukuran profil sama pada ke-empat struktur. Pada hasil analisis diperoleh periode getar alami terbesar pada struktur B1 = 0,423 detik dan terkecil adalah struktur A2 = 0,362 detik. Hasil simpangan terbesar akibat percepatan gempa El Centro maupun Pasadena terjadi pada struktur B2. Akibat gempa El Centro dan Pasadena pada ke-empat struktur masih bersifat elastis sehingga nilai daktilitas struktur (δ) = 1, begitu pula dengan daktilitas elemen, belum terjadi sendi plastis.

Kata kunci: pengaku konsentris, pengaku eksentris, daktilitas.

Abstract

This study evaluated concentric and eccentric braced-frame subjected to El Centro and Pasadena earthquake. The parameters examined were natural periods, story drift, hysteresis loop, element's and structure's ductility.

The structures are 12-story steel frames with 4 (four) different bracing configurations, such as: diagonal concentric bracing (A1), inverted V concentric bracing (A2), diagonal eccentric bracing (B1) and inverted V eccentric bracing (B2). Structural Analysis Program (SAP 2000) Version 7.42 and Microsoft Excel had been used as analytical aids. The methodology in this study consisted of design stage and analysis of structure behavior.

In order to examine structures behavior, the structures were analyzed using the same section properties. The result showed that B1 frame has the largest natural period of 0,423 second and the lowest natural period is A2 frame of 0,362 second. Steel frame B2 has largest drift due to El Centro and Pasadena earthquake. This seismic load resulted in elastic behavior for all steel frame under consideration so as the structure ductility (δ) = 1. The same result of unit ductility was obtained for all elements since plastic hinge had not been developed.

Keywords: concentric bracing, eccentric bracing, ductility.

**) Staf Pengajar dan Dosen Pembimbing di Politeknik Negeri Bandung

*) Alumni D-IV Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung, Staf Pengajar Politeknik Negeri Jakarta

Pendahuluan

Baja merupakan bahan konstruksi yang umum dan sering digunakan. Adapun kelebihan baja yang sangat menonjol dibanding bahan lain adalah kekuatan dan daktilitasnya. Pertimbangan lain menggunakan baja yaitu mudah didapatkan dalam jumlah banyak, ukuran dan spesifikasinya jelas, mempunyai daya tahan (*durability*) yang lama dan karena sifat daktilitas yang dimiliki baja ini sesuai untuk bangunan tahan gempa (Bowles; 1985). Dari beberapa kejadian gempa di Amerika, Jepang, Turki dan Taiwan, gedung-gedung modern berstruktur baja pada umumnya dapat bertahan dan tidak runtuh (Jitno, Hendra; 2000).

Potensi gempa di Indonesia relatif tinggi, sebab posisi wilayah Indonesia merupakan pertemuan tiga lempeng utama dunia yaitu lempeng Australia, lempeng Eurasia dan lempeng Pasifik (Gunadi, R.; 2000). Lempeng-lempeng tersebut bergerak aktif dengan kecepatan dan arah yang tidak sama. Selain itu Indonesia juga mempunyai gunung-gunung berapi jika sedang aktif akan menyebabkan gempa vulkanik. Berdasarkan hal ini setiap bangunan yang akan dibuat, baik yang di atas permukaan tanah maupun di bawah permukaan tanah harus memasukkan resiko gempa dalam perencanaan (Wijayanto; 2000).

Adapun syarat dalam merencanakan bangunan tahan gempa adalah stabil, kuat dan kaku antar sambungannya. Pada dasarnya beban gempa adalah gaya lateral dan bersifat siklik (bolak-balik) sehingga untuk menahannya, struktur harus diberi pengaku. Macam-macam pengaku pada struktur antara lain: dinding geser, *core* (inti), pengaku baja dan lain-lain. Pada struktur baja untuk menahan gaya lateral umumnya menggunakan pengaku (*bracing*). Fungsi dari pengaku (*bracing*) adalah sebagai perkuatan struktur dan kestabilan (Englekirk, Robert; 1994). Ada dua jenis pengaku (*bracing*), yaitu pengaku konsentris (*concentric bracing*) dan pengaku eksentris (*eccentric bracing*).

Analisa Beban Gempa

Dalam menganalisa beban gempa secara dinamik dapat menggunakan analisis respon spektra dan analisis riwayat waktu.

Respon spektra merupakan suatu metode analisis dinamik yang bertujuan menentukan respon struktur berdasarkan rekaman dari respon maksimum sejumlah struktur sejenis dengan waktu getar yang bervariasi terhadap gempa-gempa yang mewakili selama *return period* yang ditinjau (Widodo; 2001).

Analisis riwayat waktu adalah analisis dinamik yang meninjau respon yang terjadi pada struktur dari waktu ke waktu selama terjadi gempa. Analisis riwayat waktu menggunakan catatan *accelogram* gempa tertentu sebagai *input* data dan *output* berupa respon yang terjadi pada struktur, respon tersebut meliputi: simpangan, gaya dalam, kecepatan dan percepatan (Gunadi, Riawan; 2000).

Daktilitas

Nilai daktilitas struktur (μ_s) dapat dihitung berdasarkan rasio antara simpangan maksimum saat semua sendi plastis telah terjadi pada elemen struktur (δ_{maks}) dengan simpangan saat terjadi sendi plastis pertama kali (δ_y) (Minoru; 1986).

$$\mu_s = \frac{\delta_{maks}}{\delta_y}$$

Metodologi

Pendekatan yang digunakan dalam mendesain struktur baja ini berdasarkan AISC-LRFD. Alat bantu untuk olah data menggunakan *software SAP 2000*.

Model struktur adalah portal baja duabelas (12) lantai. Dianalisis secara dua dimensi arah sumbu lemah.

Model pengaku yang digunakan adalah:

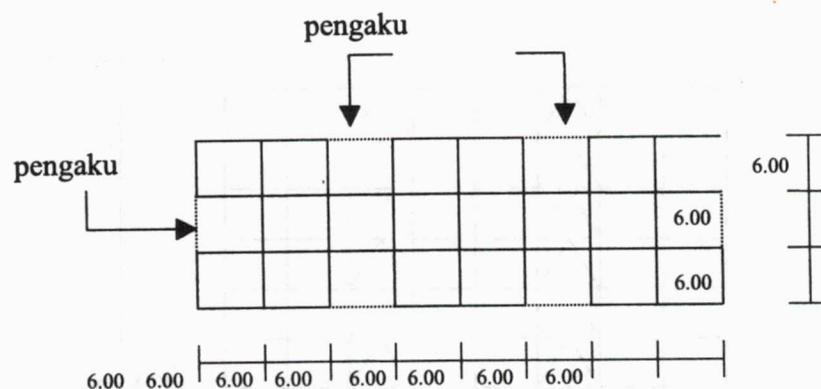
- konsentris: (a) tipe diagonal, diberi notasi A1
(b) tipe V terbalik, diberi notasi A2
- eksentris: (a) tipe diagonal, diberi notasi B1
(b) tipe V terbalik, diberi notasi B2

Bangunan direncanakan sebagai gedung perkantoran, perhitungan pembebanan disesuaikan berdasarkan fungsinya, terdiri dari: (a) beban mati, (b) beban hidup, (c) beban gempa, menggunakan analisis dinamik respon spektra berdasarkan Pedoman Perencanaan Gempa Indonesia, di wilayah gempa 3 (tiga), pada tanah lunak dengan daktilitas penuh.

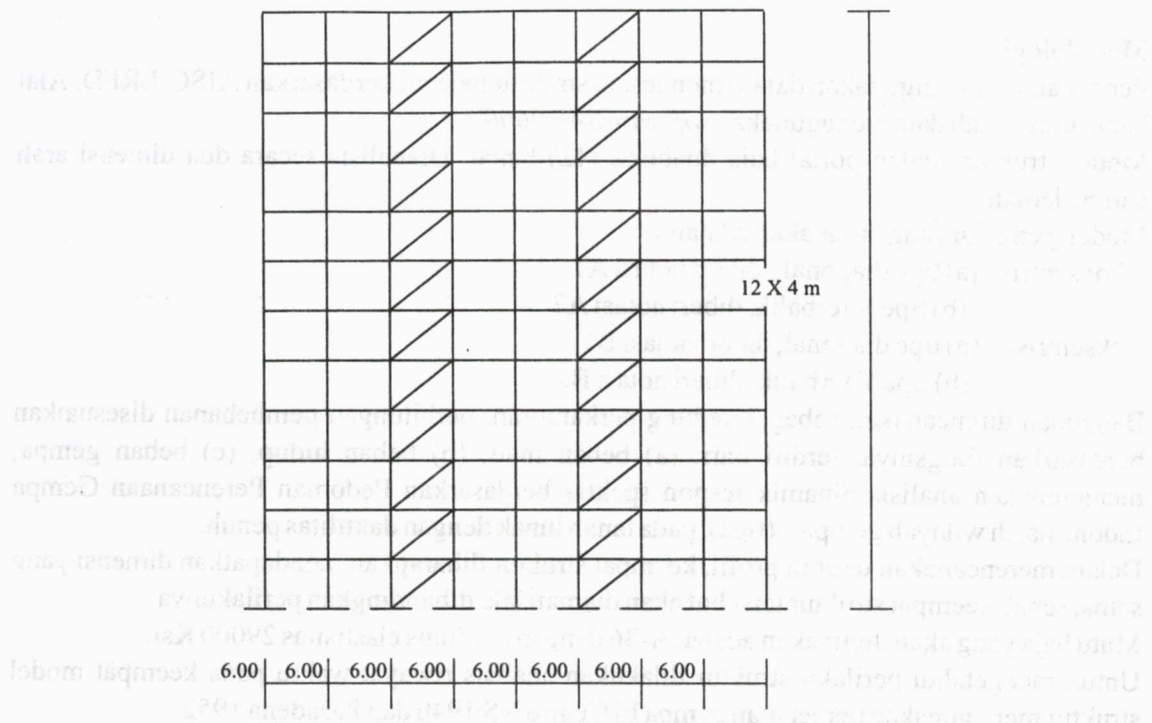
Dalam merencanakan ukuran profil, keempat struktur diharapkan mendapatkan dimensi yang sama, sebab keempat struktur tersebut akan diamati lalu dibandingkan perilakunya.

Mutu baja yang akan digunakan adalah A-36 dengan modulus elastisitas 29000 Ksi.

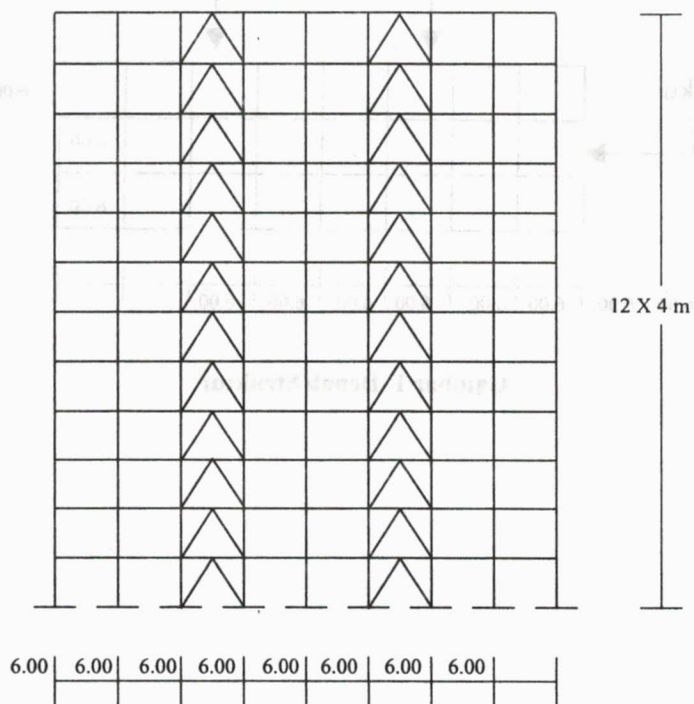
Untuk mengetahui perilaku struktur dilakukan analisis riwayat waktu pada keempat model struktur menggunakan percepatan gempa El Centro NS 1940 dan Pasadena 1952.



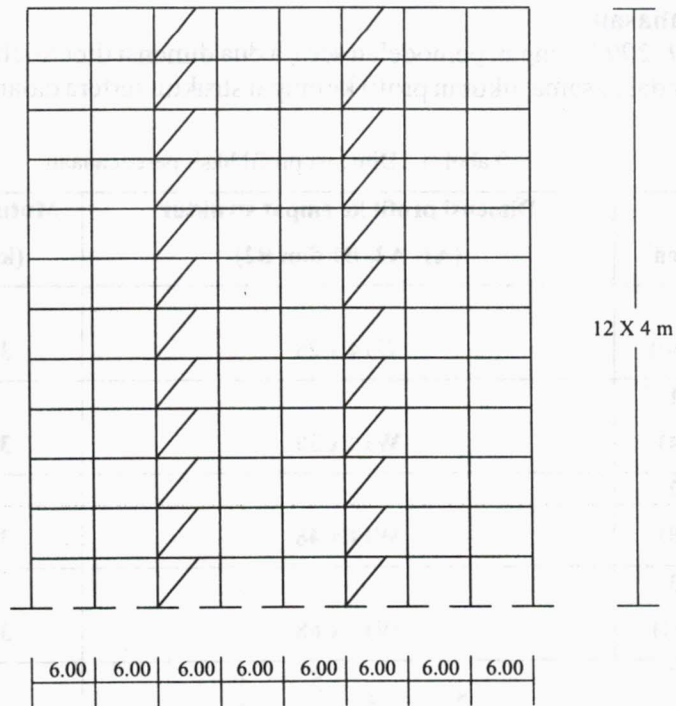
Gambar 1. Denah Struktur



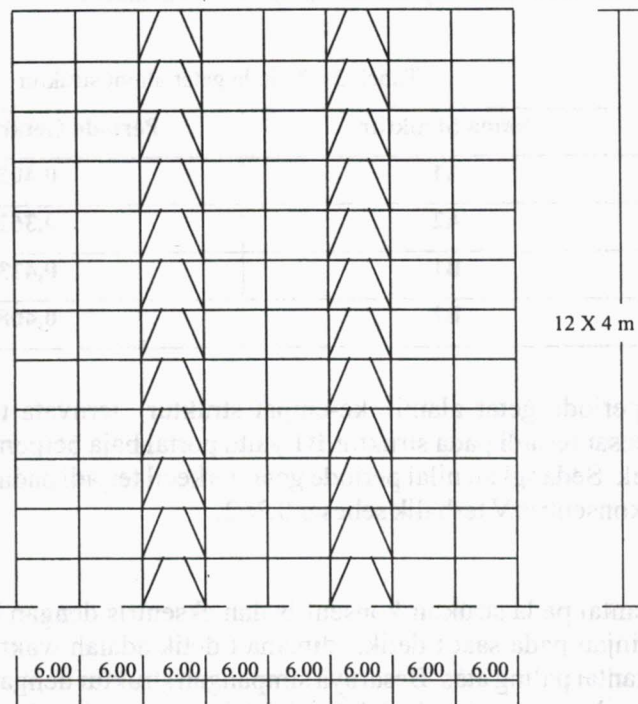
Gambar 2. Struktur A1



Gambar 3. Struktur A2



Gambar 4. Struktur B1



Gambar 5. Struktur B2

Hasil dan Pembahasan

Menggunakan *SAP 2000*, dengan pemodelan secara dua dimensi diperoleh dimensi profil pada ke empat struktur adalah sama, ukuran profil ke empat struktur tertera dalam tabel di bawah.

Tabel 1. Dimensi profil hasil perencanaan

Nama elemen	Dimensi profil ke empat struktur (A1, A2, B1 dan B2)	Mutu baja (ksi)	E (ksi)
BALOK (semua lantai)	W14 x 26	36	29000
KOLOM 1 (lantai 1 – 4)	W14 x 30	36	29000
KOLOM 2 (lantai 5 – 8)	W14 x 48	36	29000
KOLOM 3 (lantai 9 – 12)	W14 x 68	36	29000
BRACING (semua lantai)	$2L \ 5 \times 5 \times \frac{5}{16} - \frac{3}{4}$	36	29000

Periode Getar

Periode getar alami maksimum pada tiap struktur disajikan dalam tabel 2.

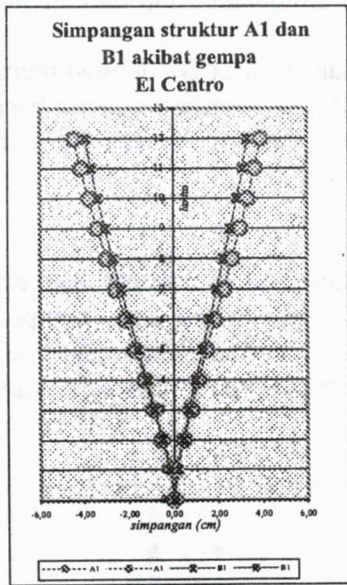
Tabel 2. Periode getar alami struktur

No.	Nama Struktur	Periode Getar (T) detik
1	A1	0,405
2	A2	0,362
3	B1	0,423
4	B2	0,408

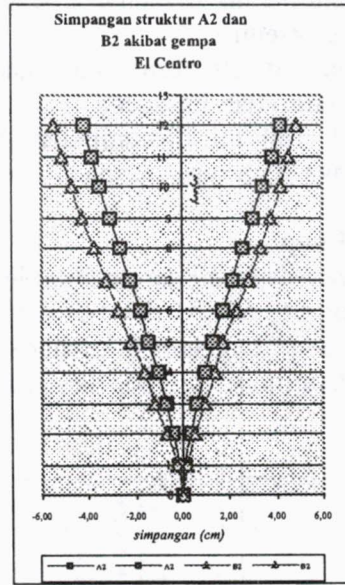
Perbedaan nilai periode getar alami ke-empat struktur ternyata tidak terlalu jauh. Nilai periode getar terbesar terjadi pada struktur B1 yaitu portal baja berpengaku eksentris diagonal sebesar 0,423 detik. Sedangkan nilai periode getar terkecil terjadi pada struktur A2 atau portal baja berpengaku konsentris V terbalik sebesar 0,362.

Simpangan

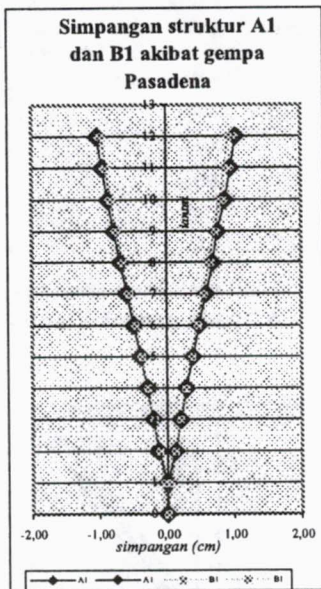
Simpangan tiap lantai pada struktur konsentris dan eksentris dengan beban gempa El Centro dan Pasadena ditinjau pada saat t detik, dimana t detik adalah waktu terjadinya simpangan maksimum pada lantai paling atas. Besarnya simpangan struktur dengan bentuk pengaku sama, beban gempa sama dan yang membedakan adalah konsentris dan eksentris, dapat dilihat pada grafik di bawah.



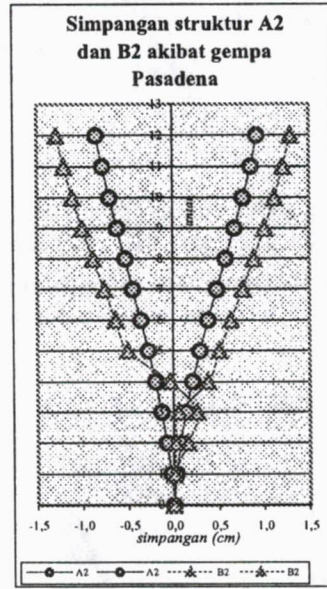
Gambar 6. Simpangan struktur A1 dan B1 akibat gempa El Centro



Gambar 7. Simpangan struktur A2 dan B2 akibat gempa El Centro



Gambar 8. Simpangan struktur A1 dan B1 akibat gempa Pasadena



Gambar 9. Simpangan struktur A2 dan B2 akibat gempa Pasadena

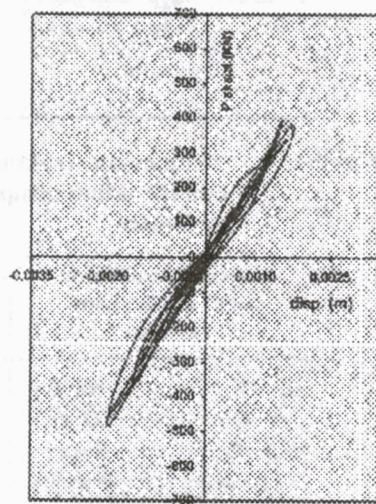
Dari Gambar 6 dan 7 serta Gambar 8 dan 9, perbandingan simpangan struktur A1 dan struktur B1 dengan memberi beban gempa El Centro dan Pasadena, simpangan struktur A1 cenderung lebih besar daripada struktur B1. Hal ini berarti

pada pengaku bentuk diagonal, tipe konsentris justru simpangan tiap lantainya lebih besar daripada tipe eksentris

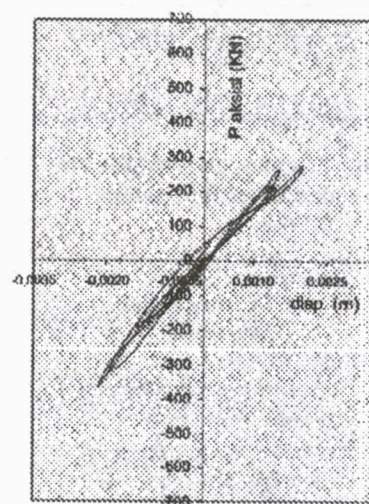
Pada Gambar 8 dan 9, besar simpangan struktur A2 dan struktur B2 dengan memberi beban gempa El Centro dan Pasadena, nilai simpangan struktur B2 cenderung lebih besar daripada struktur A2. Hal ini menunjukkan bahwa pengaku bentuk V terbalik tipe eksentris simpangannya lebih besar daripada tipe konsentris.

Histeresis Loop

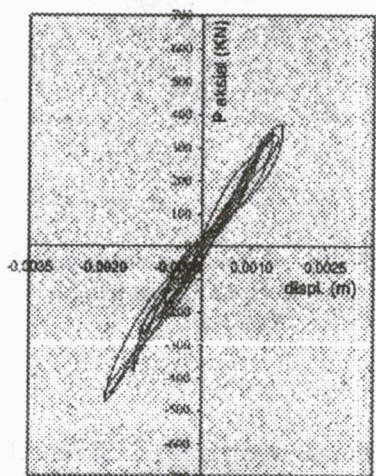
Histeresis loop dapat dibuat apabila elemen yang ditinjau sudah mengalami kelelahan. Namun baik struktur A1, A2, B1 dan B2 saat diberi percepatan gempa El Centro maupun Pasadena belum ada yang mengalami kelelahan sehingga tidak dapat terbentuk histeresis loop. Gambar di bawah adalah histeresis loop dari gempa El Centro yang percepatannya dinaikkan 3 kali.



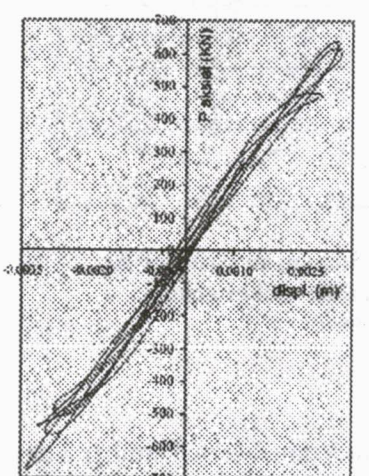
Gambar 10. Histeresis loop struktur A1 pada pengaku lantai 1



Gambar 11. Histeresis loop struktur A2 pada pengaku lantai 1



Gambar 12. Histeresis loop struktur B1 pada pengaku lantai 1



Gambar 13. Histeresis loop struktur B2 pada pengaku lantai

Daktilitas Struktur

Daktilitas struktur dapat dihitung bila struktur sudah mengalami keruntuhan. Ternyata ketika diberi percepatan gempa El Centro dan Pasadena, struktur A1, A2, B1 dan B2 belum ada yang runtuh sehingga daktilitas struktur adalah 1 ($= 1$). Hal ini mungkin saja terjadi, suatu struktur tetap dalam keadaan elastis pada waktu terjadi gempa kuat jika tidak terjadi resonansi akibat dari kadar frekuensi gempa yang berbeda dengan frekuensi alami bangunan yang ditinjau.

Daktilitas Elemen

Hal ini berhubungan dengan penjelasan 4.2.3, apabila elemen struktur belum terjadi kelelahan maka daktilitas elemen masih elastis ($= 1$). Baik struktur A1, A2, B1 dan B2 elemennya saat diberi gempa El Centro dan Pasadena, elemen strukturnya belum ada yang mengalami kelelahan. Hal ini dimungkinkan dalam perencanaan yang menggunakan respon spektra Indonesia zona gempa 3 pada tanah lunak dengan nilai $C = 0,07$ dan $T < 0,5$ sangat aman.

Kesimpulan

Dari analisa pada ke-empat model struktur dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut;

1. Periode getar maksimum dari ke-empat struktur ternyata struktur B1 (portal berpengaku eksentris diagonal) sebesar 0,423 detik dan terendah pada struktur A2 (portal berpengaku konsentris V terbalik) yaitu 0,362 detik.
2. Simpangan yang terjadi pada struktur A1 (portal berpengaku konsentris diagonal) dibandingkan dengan struktur B1 (portal berpengaku eksentris diagonal) saat diberi percepatan gempa El Centro dan Pasadena lebih besar struktur A1, namun perbedaannya tidak terlalu signifikan. Sedangkan struktur pada struktur A2 (portal berpengaku konsentris V terbalik) dibandingkan dengan struktur B2 (portal berpengaku eksentris V terbalik) saat diberi percepatan gempa El Centro dan Pasadena, simpangan yang terjadi pada struktur B2 lebih besar daripada struktur A2.
3. Dalam perencanaan dengan menyamakan semua profil pada ke-empat struktur diperoleh struktur yang kuat, ini terbukti ketika diberi percepatan gempa El Centro maupun Pasadena belum ada satupun elemen struktur yang mengalami kelelahan, hal ini berarti percepatan gempa pada respon spektra Indonesia wilayah gempa 3 untuk tanah lunak lebih kuat daripada percepatan gempa El Centro, sebab salah satu catatan gempa yang digunakan untuk membuat respon spektra Indonesia adalah gempa kuat El Centro.
4. Dengan menaikkan percepatan gempa El Centro sampai 3 kali, diperoleh *hysteresis loop* yang menunjukkan tingkat penyerapan energi terbesar terjadi pada struktur B2. Ada kecenderungan tingkat penyerapan energi struktur berpengaku eksentris lebih besar daripada konsentris.
5. Nilai daktilitas elemen dan struktur masih sebesar 1 sebab kondisi struktur masih elastis saat diberi percepatan gempa El Centro maupun Pasadena.

Daftar Pustaka

- 1987. *Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung*, SKBI. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- AISC Manual of Steel Construction. 1996. *Load and Resistance Factor Design (LRFD)*, Volume I. Chicago: American Institute of Steel Construction.
- Bowles JE. 1985. *Disain Baja Konstruksi*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Englekirk, Robert. 1994. *Steel Structure-Controlling Behavior Through Design*. California: John Wiley & Sons Inc.
- Gunadi, Riawan. 2000. *Rekayasa Gempa untuk Struktur Gedung*. Materi Kuliah. Bandung: Politeknik Negeri Bandung.
- Jitno, Hendra. 2000. *Haruskah Kita Menunggu The Big One?*. Jakarta: www.IndoConstruction.com/Oktober2000.
- Minoru Wakabayashi. 1986. *Design of Earthquake-Resistant Building*. USA: McGraw-Hill, inc.
- Widodo. 2001. *Respon Dinamik Struktur Elastik*. Yogyakarta: UII Press.
- Wijayanto S; dkk. 2000. *Gempa Bengkulu 4 Juni 2000*. Jakarta: Majalah IndoConstruction Agustus 2000.