

BRESING YANG BAIK UNTUK STRUKTUR GEDUNG TAHAN GEMPA

Arie Taveriyanto

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang (UNNES)
Gedung E4, Kampus Sekaran Gunungpati Semarang 50229, Telp. (024) 8508102

Abstract: *On some types of chevron regular, concentric steel frame bresing (OCBF) suffered a major earthquake hazard. A building in North Hollywood, which was chosen for this study, due in January 1994 Northridge earthquake. The danger of this earthquake that underlie the development of bresing shape configuration, in order to obtain good bresing for building earthquake-resistant structures. Bresing of chevron configuration changes to the configuration X 2 floors to avoid instability and plastic joints in the floor beams. Further improvement can be achieved by redesigning bresing and floor beams into a system of weak and strong beams SCBFs. The increase in CSBFs produce this full histeretik good response with inelastic action produces a good response to the action histeristik inelastic bresing produce a ductile, showing the distribution of the ductile, showing the proper distribution of the dangers that are high on the building.*

Key words: *bresing, buildings, earthquake resistant*

Abstrak: Pada beberapa tipe *chevron* biasa, rangka bresing baja konsentrik (OCBF) menderita bahaya gempa bumi yang besar. Sebuah gedung di Hollywood Utara, yang dipilih untuk studi ini, karena pada bulan Januari 1994 di Northridge terjadi gempa bumi. Adanya bahaya gempa bumi ini yang mendasari pengembangan bentuk konfigurasi dari bresing, sehingga diperoleh bresing yang baik untuk struktur gedung yang tahan gempa. Perubahan konfigurasi bresing dari *chevron* menjadi konfigurasi X 2 lantai dapat menghindari ketidakstabilan dan sendi plastis pada balok lantai. Lebih lanjut perbaikan dapat dicapai dengan mendesain ulang bresing dan balok lantai menjadi sistem lemah dan balok kuat SCBFs. Peningkatan penuh ini pada CSBFs menghasilkan respon histeretik yang baik dengan aksi inelastik menghasilkan respon histeristik yang baik dengan aksi inelastik menghasilkan bresing yang daktail, menunjukkan distribusi yang daktail, menunjukkan ditribusi yang layak dari bahaya yang tinggi pada gedung.

Kata kunci: bresing, gedung, tahan gempa

PENDAHULUAN

Sistem perancang struktur khususnya konstruksi baja kini terus berkembang menuju ke arah penghematan, tanpa mengurangi faktor kekuatan dan keamanan dari system konstruksinya. Hal ini ditandai dengan adanya penemuan konsep-konsep perancangan yang baru, sebagai penyempurnaan konsep perancangan sebelumnya, yang dikembangkan untuk mencapai efisiensi dalam perancangan sebuah stuktur.

Masalah gempa yang menjadi ancaman suatu struktur bangunan sipil dalam hal kita ambil sebagai contoh adalah gedung, terus dipikirkan sehingga diperoleh suatu konfigurasi yang tahan gempa. Hal ini ditandai dengan

adanya penemuan konsep-konsep perancangan yang baru, sebagai penyempurnaan konsep perancangan sebelumnya, yang dikembangkan untuk mencapai efisiensi dalam perancangan pada sebuah struktur.

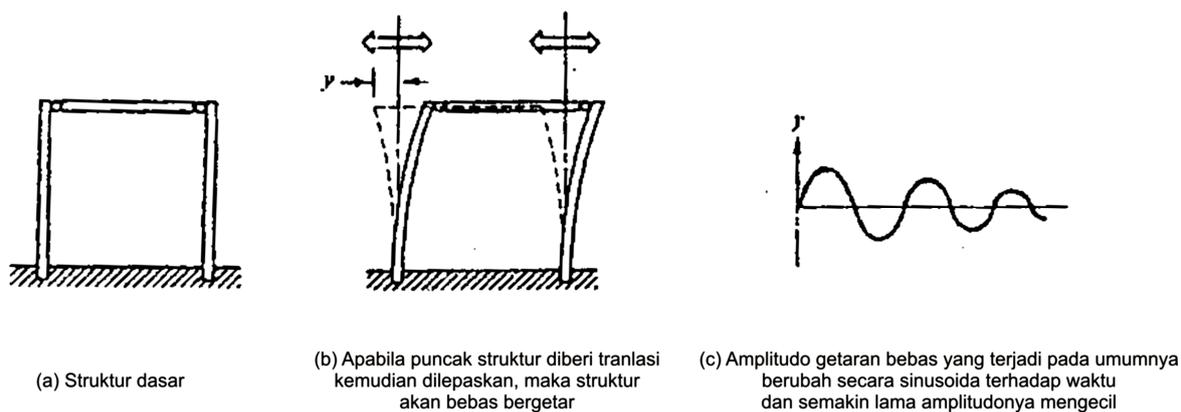
Gempa bumi sendiri adalah fenomena getaran yang dikaitkan dengan kejutan pada kerak bumi. Beban kejut ini dapat disebabkan oleh banyak hal, tetapi salah satu yang utama adalah benturan pergesekan kerak bumi yang mempengaruhi permukaan bumi. Lokasi gesekan ini terjadi disebut *fault zone*. Gelombang ini menyebabkan permukaan bumi dan bangunan di atasnya bergetar. Pada saat bangunan bergetar, timbul gaya-gaya pada struktur bangunan karena adanya

kecenderungan massa bangunan untuk mempertahankan dirinya dari gerakan. Gaya yang timbul ini disebut inersia. Besar gaya-gaya tersebut bergantung pada banyak faktor. Massa bangunan merupakan faktor yang paling utama karena gaya tersebut melibatkan inersia. Faktor lain adalah bagaimana massa tersebut terdistribusi, kekakuan struktur, kekakuan tanah, jenis fondasi, adanya mekanisme redaman pada bangunan, dan tentu saja perilaku dan besar getaran itu sendiri. Gerakan tanah horizontal biasanya merupakan bentuk terpenting dalam tinjauan desain struktural.

Massa dan kekakuan struktur, juga periode alami getaran yang berkaitan, merupakan faktor terpenting yang

mempengaruhi respon keseluruhan struktur terhadap gerakan dan besar serta perilaku gaya-gaya yang timbul sebagai akibat gerakan tersebut. Struktur mempunyai fleksibilitas seperti umumnya struktur gedung yang akan ditinjau berikutnya.

Satu aspek penting yang utama dalam meninjau perilaku struktur fleksibel yang mengalami percepatan tanah adalah periode alami getaran. Apabila puncak struktur dipindahkan secara horizontal, kemudian dilepaskan, jelaslah bahwa bagian atas struktur itu akan berosilasi bolak-balik dengan amplitude yang semakin kecil sampai pada akhirnya struktur kembali diam, seperti halnya yang ditunjukkan pada gambar 1.

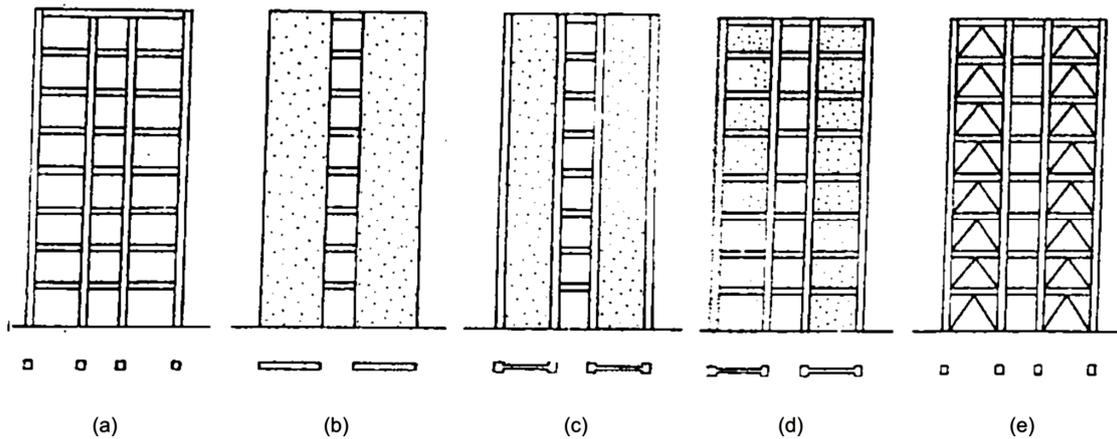


Gambar 1. Getaran bebas dan paksa pada sistem massa-pegas

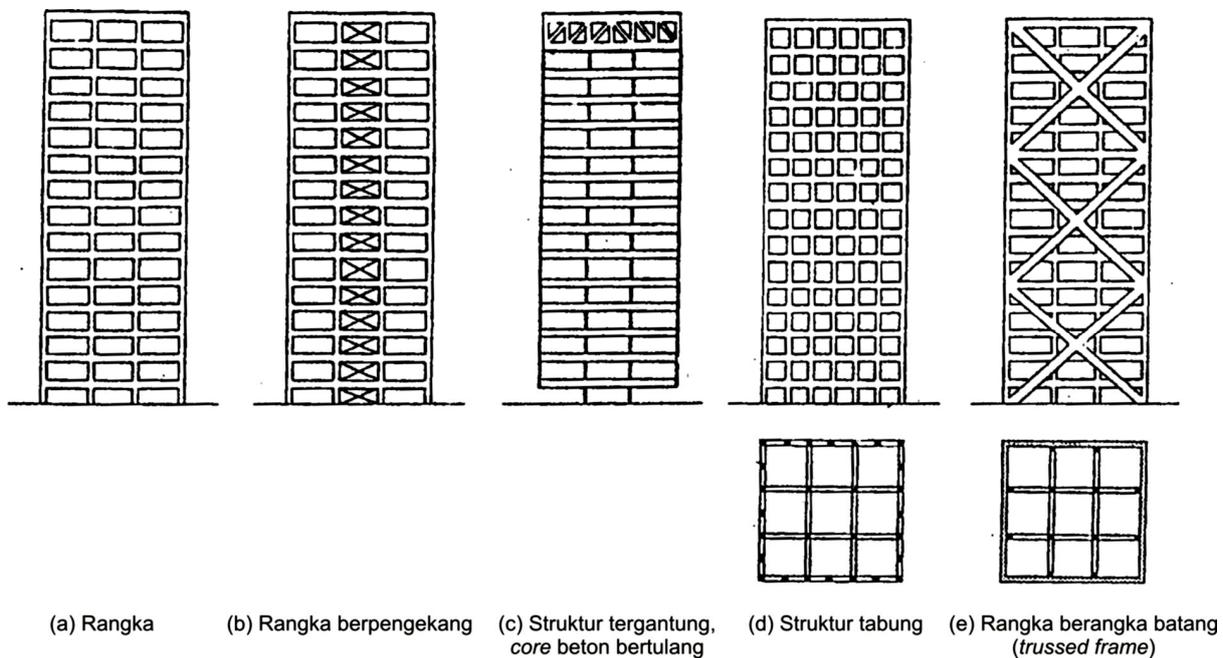
APLIKASI

Saat ini beberapa macam bresing ataupun dinding geser maupun komposit dari keduanya yang ditawarkan untuk mengantisipasi adanya gempa. Jika kekakuan dan kekuatan rangka tidak memadai, *load bearing wall* dan atau bresing sering digunakan untuk mengimbangi kekuatan dan kekakuan rangka. Dinding geser dan bresing juga berguna untuk melindungi komponen non struktural dari kegagalan oleh penurunan tingkat penyimpangan, misalnya pada gambar berikut

ini. Gambar 2b menunjukkan kasus dimana *bearing wall* dipakai dan gambar 2c menunjukkan kombinasi penggunaan kolom dan *bearing wall* pada gambar 2d menggambarkan penggunaan *infilled wall*. Dari sudut pandang *aseismic*, gedung pada gambar 2c dan 2d lebih tinggi dari 2b. Bagaimanapun gedung pada gambar 2b yang paling menguntungkan untuk fleksibilitas dari ruang tertutup dan hal itu sering dipakai. Bresing baja seperti yang ditunjukkan dalam gambar 2e. Beton bertulang jarang dipakai karena sulit untuk menjangkarkan pada rangka.



Gambar 2. Macam bresing dan dinding geser



(a) Rangka (b) Rangka berpengekang (c) Struktur tergantung, core beton bertulang (d) Struktur tabung (e) Rangka berangka batang (trussed frame)

Gambar 3. Konstruksi bertingkat banyak

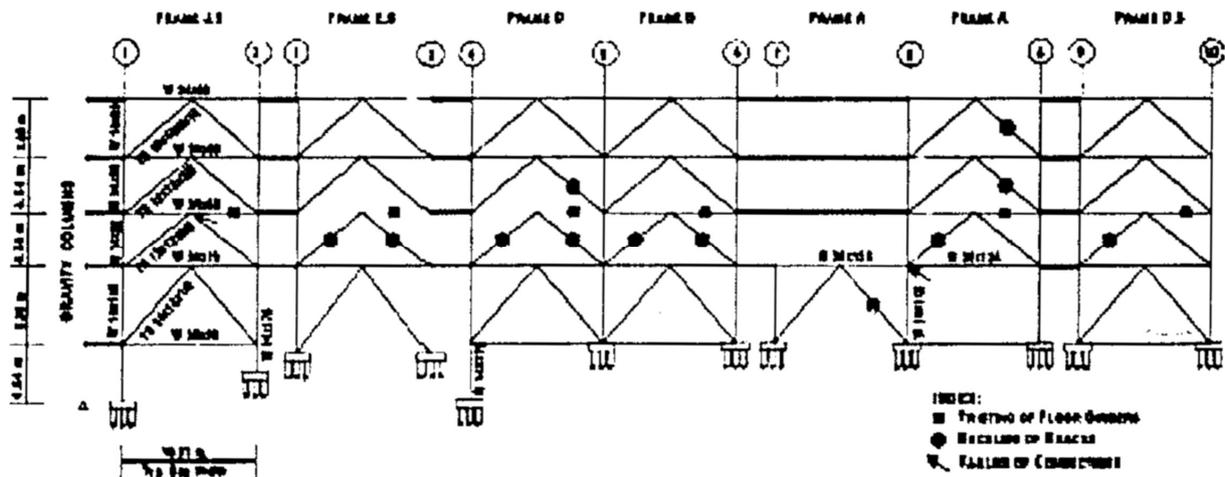
Pada gambar 3 menunjukkan suatu konfigurasi bresing yang lain dan struktur beton bertulang, yang baik untuk struktur gedung tahan gempa.

MASALAH

1. Definisi dari struktur CBF dan perilaku siklik dari bagian bresing

Rangka bresing konsentrik (CBF) adalah antara sistem struktural yang paling efisien pada konstruksi baja untuk perpindahan gaya lateral menjadi angin dan gempa karena

mereka menghasilkan aksi truss yang komplit. Bagaimanapun juga, sistem pemasangan struktur ini tidak benar-benar dipertimbangkan daktilitasnya oleh kode gedung dan desain praktis sebelumnya. Pada gempa bumi yang lampau pada tahun 1994 di Northridge dan tahun 1995 di Kobe, nilai yang signifikan dari struktur CBF mendapat bahaya yang besar. Sementara struktur baja mengalami kegagalan total dan besar dan terjadi kehilangan nyawa, sehingga dibutuhkan evaluasi terhadap kemampuan bencana dari struktur untuk



Gambar 5. Elevasi dari semua rangka lateral dari gedung yang ditinjau pada direksi N-5 dan lokasi bahaya yang diamati pada gempa bumi Northridge

3. Pengamatan bencana gempa bumi di Northridge (1994)

lurus dan ditempatkan pada posisi hati-hati sesudah gempa bumi.

Berikutnya beberapa hal yang dapat ditemukan akibat gempa bumi:

- a. Bahaya struktural diamati pada lateral dihadapan sepanjang direksi N-S, yang terdiri dengan bahaya gempa bumi yang diamati pada gedung lain.
- b. Pada bahaya batang lateral kegagalan dikonsentrasikan pada bresing 2 lantai. Bahaya sangat berkurang dengan pengamatan lantai lain seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.
- c. Jenis kegagalan struktur yang utama pada rangka bresing adalah: tekuk dan patah dari batang bresing yang berbentuk pipa dan beberapa kegagalan dari penghubung bresing.
- d. Bahaya pada komponen non struktural adalah batas tinggi dan sistem mekanik *penthouse*. Bahaya batas tinggi adalah luas pada atas lantai di atas bresing yang tetekuk dari lantai kedua. Bagaimanapun juga, bahaya kecil yang terjadi pada desain luar dan gedung pada dasarnya pengukur tegak

PEMBAHASAN

Berdasarkan tinjauan desain struktural, apabila sesuatu gedung semakin tinggi, respon struktur terhadap beban lateral (baik akibat beban gempa maupun beban angin) menjadi semakin penting.

Diantara berbagai cara untuk memperoleh kestabilan, aksi rangka adalah kurang efisien dalam memberikan kestabilan lateral seperti pada gedung-gedung bertingkat menengah. Gedung rangka baja yang memikul beban dengan aksi rangka, misalnya; hanya efisien untuk tinggi sampai sekitar 10 tingkat. Untuk struktur yang lebih tinggi lagi cara ini sudah tidak efisien, yang ditunjukkan dengan tidak terlalu banyaknya material rangka yang digunakan.

Meskipun pada struktur bertingkat menengah dimana aksi rangka mungkin masih cocok digunakan, tidak ada perbedaan dalam kapasitas pemikul beban diantara jenis-jenis rangka yang mungkin. Sistem rangka baja mempunyai kekhususannya dalam hal ini, yaitu

dapat didesain pada hampir segala situasi. Sebaliknya, sistem beton bertulang harus digunakan secara lebih hati-hati. Gambar 3 merupakan pendekatan struktural tipikal pada konstruksi bertingkat banyak.

Evaluasi gempa dan prediksi bahaya gempa bumi.

Model struktural snap-2DX

Formula snap-2DX adalah yang mendasari model bagian ke bagian, penyesuaian satu ke satu yang terdiri dari antara elemen dari model dan bagian dari struktur. Sifat elemen gaya deformasi ditunjukkan dengan bentuk respon histeristik pada bagian sepasang gaya deformasi yang dikontrol perilaku batangnya. Sebagai contoh, momen dan rotasi adalah gaya dan kuantitas deformasi respektif, digunakan untuk menggambarkan perilaku histeristik dari elemen balok. Sifat kaku dari kolom kedua ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Properties of secondary columns

Story	No. of columns	ΣA (cm ²)	Σf (cm ⁻¹)	ΣM_P (kN)	ΣP_Y (MN)
1	54	12,277	3,093,973	56,240	368
2	54	10,155	2,502,591	38,460	254
3	45	8,232	2,019,014	30,830	204
4	43	7,890	1,935,851	29,555	196

Analisa elastis

Analisa spektrum respon memperkirakan gempa. Perkiraan gempa pada struktur setiap rancangan tingkat gempa bumi diperoleh dengan analisa spektrum respon (RSA) dari analisis model pada gedung. Rasio kapasitas permintaan (DCR) kemudian diperoleh dengan membagi geser lantai ultimit dengan perhitungan kapasitas geser lantai pada rangka seperti pada tabel 2. Hasil analisa model 2D dapat dibandingkan dengan model 3D, dengan menggunakan program analisa komputer ETABS.

Tabel 1. Model story shears and demand/capacity ratio

Floor level	Factored story shear from RSA (kN)	Estimated story capacity (kN)	Demand/capacity ratio
Roof	6582	15,086	0.44
3	10,840	23,140	0.47
2	13,911	23,140	0.60
1	15,753	30,216	0.52

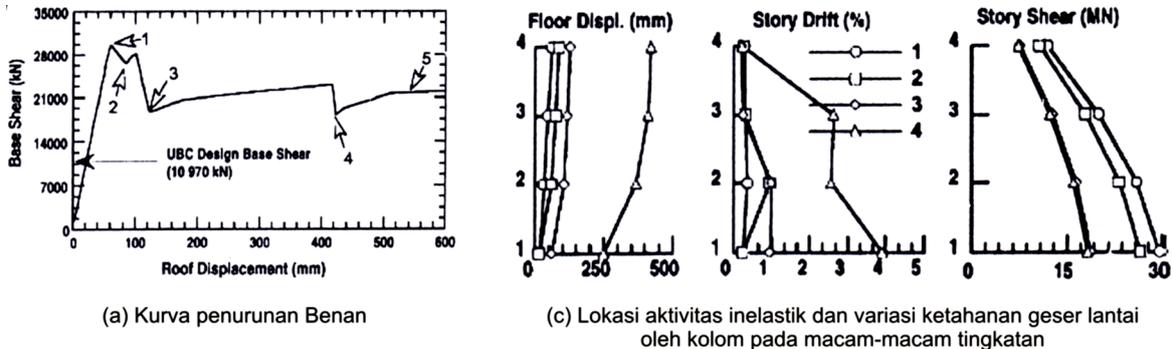
Analisa inelastis

Objek dari analisa dorongan terbalik statis ditentukan kapasitas lateral dari batang struktur, mekanisme kegagalan, dan rangkaian dari respon elastik yang terkenal mendekati koleps. Model 2D tampak pada gambar 6. Respon diidentifikasi oleh 5 peristiwa, setiap peristiwa menunjukkan aksi inelastis pasti pada rangka yang diilustrasikan pada gambar 6b. Aksi inelastik dimulai dengan tekuk pada bresing 2 lantai dengan hilangnya kekuatan dan

kekakuan dicatat ketika bresing pada lantai paling atas mulai tertekuk. Kekuatan dicatat ketika bresing pada lantai paling atas mulai tertekuk. Kekuatan lateral dari rangka meningkat dengan redistribusi lebih lanjut dari beban tetapi jatuh lagi pada peristiwa sendi plastis balok lantai ketika bresing tipe V terbalik terpotong. Pada pemberian beban lantai, dengan tertekuknya bresing tekan dan pengurangan kapasitas beban yang dibawa, beban vertikal yang tidak seimbang menyebabkan penambahan permintaan lenturan pada balok

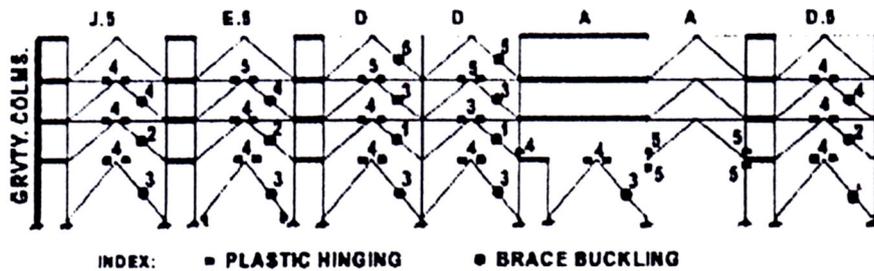
lantai. Gaya yang tidak seimbang ini cukup besar menyebabkan sendi plastis pada balok lantai dari rangka lateral. Beberapa sendi kolom pada lantai kedua juga diamati sebagai

permintaan ketahanan pada kolom. Distribusi penurunan lantai, *story drift* dan *story shear* lebih tinggi dari rangka yang ditunjukkan pada gambar 6c.



(a) Kurva penurunan Benan

(c) Lokasi aktivitas inelastik dan variasi ketahanan geser lantai oleh kolom pada macam-macam tingkatan



(b) Gaya dan kuantitas deformasi

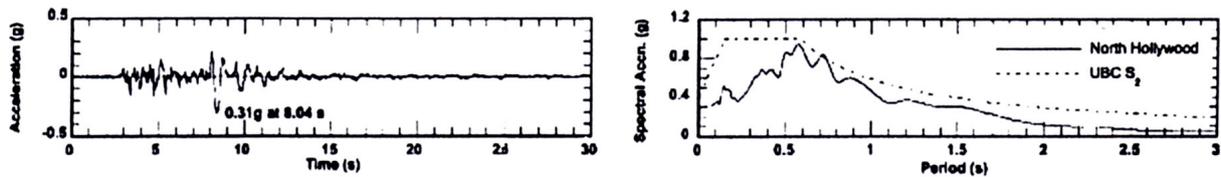
Gambar 6. Analisa Pushover model 2D

Pencatatan waktu percepatan, menggunakan dasar esitasi pada analisa riwayat waktu yang datang dari basemen gedung 20 lantai, sekitar 1,2 km dari tempat gedung yang ditinjau. Spectrum respon ini merupakan pergerakan yang lengkap diselubungi oleh spectrum desain UBC untuk profil S2 lokasi tanah seperti yang ditunjukkan pada gambar (7a). Energi spectral puncak pada periode 0,72 s, yang mana tertutup untuk periode mendasar (0,75 s) dari model 2D.

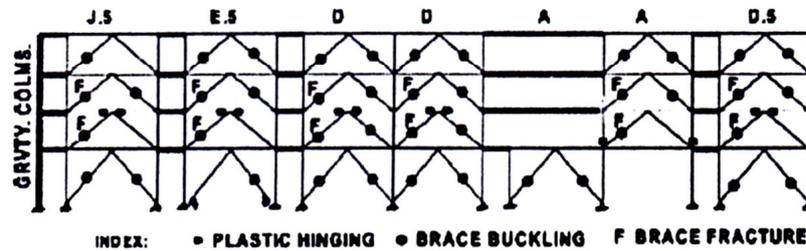
Pernyataan yang beralasan antara memprediksi aktivitas inelastic (gambar 7 (b)) dan pengamatan bahaya (gambar 5) yang diperoleh. Bagian utara gedung, kolom lantai pertama dibresing rangka A yang menjadi pokok gaya geser yang besar pada saat ketiadaan bresing dan berkembangnya sendi plastis. Semua batang bresing mengalami tekuk dan

patah. Pada lantai kedua, menurut pengamatan. Suatu model juga memperkirakan tekuk dari bresing pada lantai pertama dan yang paling atas bagaimanapun juga bahaya tidak hanya diamati pada rangka A. Analisa lebih jelas tampak lantai atas yang mempunyai sifat mudah terkena bahaya.

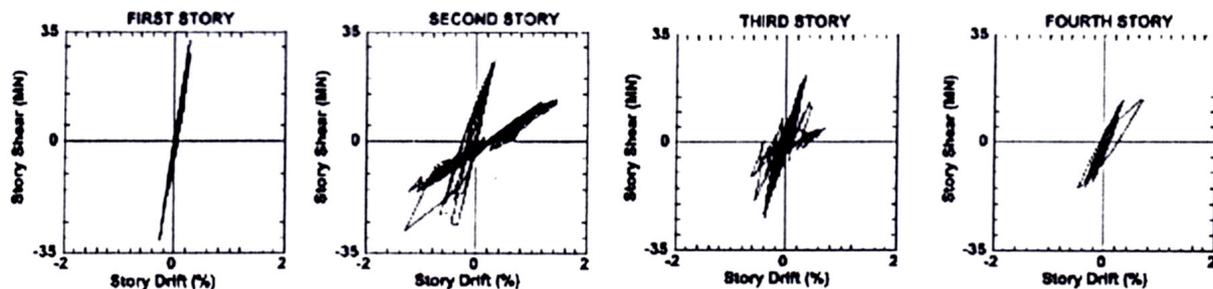
Respon histeritik, pada bagian geseran dan simpangan lantai untuk semua lantai seperti pada gambar 7(c). Tampak jelas bahwa lantai pertama berperilaku mendekati elastik meskipun tekuk pada bresing mengidkasikan deformasi inelastik yang kecil, mengingat semua lantai paling atas berpengalaman penyimpangan inelastis besar dan menderita penurunan lateral permanen. Reduksi yang signifikan pada kekakuan lantai kedua adalah jelas mengikuti tekuk bresing dan sendi balok



(a) Accelerogram Hollywood Utara dan percepatan spectrum



(b) Prediksi aktivitas inelastis



(c) Perilaku histriitik dari rangka N-S

Gambar 7. Respon histeritik

Rencana peningkatan dan keefektifannya

Terdapat 3 (tiga) rencana peningkatan, juga termasuk perbedaan harga dan tingkat gangguan untuk pemakaian struktur sampai proses peningkatan, yang dipelajari untuk bermacam-macam tingkatan bentuk, dari tingkat sebagian sampai penuh dari gedung yang ditinjau dan lain yang merupakan CBF's

Rencana 1 : peningkatan daktilitas dari bresing

Bentuk gempu dari rangka lateral dapat menjadi peningkatan yang signifikan jika retak awal dari batang bresing dapat dihindari. Bagian bresing yang berbentuk pipa digunakan pada studi gedung yang tidak cukup kompak dan rawan terhadap tekuk lokal.

Rencana 2 : perubahan konfigurasi bresing menjadi bentuk 2 lantai arah x

Perilaku gempu dari rangka bresing

dipengaruhi oleh 3 faktor sebagai berikut : desain bresing dan detail, bresing menjadi balok atau menjadi kolom penghubung, dan konfigurasi bresing. Sementara 2 faktor pertama bertanggung jawab untuk daktilitas pada tingkat batang, factor terakhir langsung dihubungkan dengan daktilitas dan stabilitas pada tingkat struktur. Hal-hal yang perlu untuk menggunakan konsep bresing daktil dalam desain dari semua rangka bresing untuk meningkatkan energi disipasi dan patah alami dari batang bresing. Bagaimana pun juga, respon post-bucking dari beberapa rangka dapat sangat dibuat-buat oleh bagaimana bresing disusun ditekuk.

Bresing berbentuk V terbalik, kekuatan dan kekakuannya post-bucking lebih tinggi tanggungannya pada kapasitas kekakuan dan kelenturan dari persimpangan balok lantai oleh

bresing. Komponen vertikal yang tidak seimbang dari gaya, reduksi yang signifikan pada tekanan gaya bresing sesudah tekuk, peningkatan permintaan kelenturan pada balok lantai yang signifikan. Ketahanan lateral hilang beberapa hal jika sendi plastis terjadi pada balok. Konfigurasi 2 lantai X dikurangi dengan balok lantai pada system bresing berbentuk V terbalik sebagai beban lateral yang disalurkan pada bresing yang lain sesudah bresing tertekuk.

Rencana 3 : meningkatkan menjadi SCBF

Pada system SCBF, balok lantai didesain untuk gaya vertical bresing yang tidak seimbang sesudah tekuk. Hasil rangka adalah system balok kuat-bresing lemah, yang mana untung menahan konfigurasi bresing berbentuk

V terbalik. Untuk beberapa sistem, nilai yang lebih tinggi dari faktor modifikasi respon RW dapat digunakan dalam menghitung desain UBC gaya geser dasar. Nilai 10 digunakan sebagai reduksi 25% pada desain gaya OCBF yang ada. Perhitungan untuk desain bresing dan balok dapat dilihat pada table 4, untuk desain balok lantai, permintaan kelenturan untuk menahan momen akibat beban vertikal yang tidak seimbang dengan menambah jumlah permintaan momen gravitasi. Gaya vertikal yang tidak seimbang pun dan hasil momen M_{un} ditambahkan untuk beban lantai pada persimpangan dari bresing didapat dari hubungan berikut :

$$P_{un} = (P_y - 0.55P_{br}) \sin \theta$$

$$M_{un} = P_{un} \frac{L}{4}$$

Tabel 4. Design of braces and floor beam for upgrading to SCBF

Desain of braces					
Story	Design story shear (kN)	Design brace force (kN)	Section size	Tensile yield capacity P_y (kN)	Brace buckling capacity P_{ix} (kN)
1 st	1400	1081	TS 10.10.5/8	4584	2826
2 nd	1221	797	TS 8.8.5/8	2946	1722
3 rd	942	614	TS 7.7.1/2	2537	1210
Roof	564	374	TS 7.7.1/2	2537	1148
Design of floor beams					
Story	Plastic modulus for gravity loads (cm^3)	Unbalanced vertical load P_{vn} (kN)	Moment due to P_{vn} (kN m)	Plastic modulus for unbalanced load (cm^3)	Section size
1 st	3277	2301	6309	25,400	W 40 x 397
2 nd	2901	1282	3515	14,158	W 36 x 256
3 rd	2901	1197	3285	13,224	W 36 x 245
Roof	2507	1264	3472	13,978	W 36 x 245

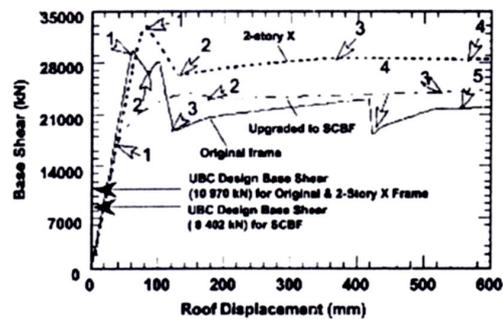
Membandingkan analisa pushover dari peningkatan rencana

Analisa pushover inelastic dari 2 peningkatan rencana di atas diubah menjadi konfigurasi x 2 lantai dan desain ulang sebagai SCBF yang dihubungkan. Pengisian beton pada bresing berbentuk pipa mempertinggi retak-retak alami yang merupakan langkah penyimpangan inelastis melingkar dan efeknya.

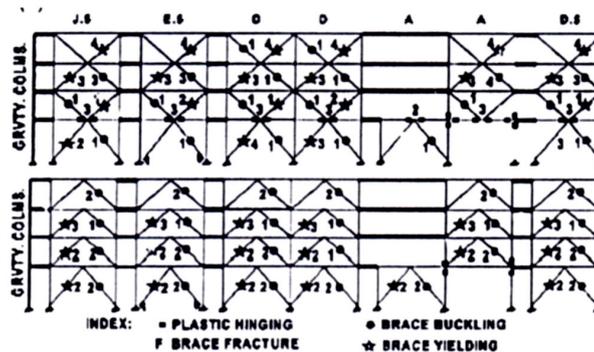
Pada perilaku beban deformasi yang tidak dapat dilihat pada analisa pushover gaya geser dasar vs kurva penurunan lantai dapat dilihat pada gambar 8(a) dan rangkaian dari aktivitas inelastic pada batang rangka dilihat pada gambar 8(b), untuk x 2 lantai dan SCBF peningkatan rangka. Rangka x 2 lantai kekakuannya lebih rendah daripada rangka bresing V terbalik murni yang disebarkan gaya

berlebihan dari kolom. Aktivitas inelastic pertama dicatat pada lantai kedua dari rangka D. Jangkauan rangka dengan kapasitas maksimum 32.929 KN pada penurunan atap 81,3 mm walaupun peristiwa awal aksi inelastis. Bagaimanapun juga pada tingkatan ini perubahan utama yang pertama pada kekuatan dan lenturan rangka yang terjadi ketika banyak bresing pada jangkauan kedua. Pada tekuknya dan kapasitas tarik leleh dan terjadi tekuk bresing pada lantai satu dan tiga.

Jangkauan konfigurasi x 2 lantai kapasitasnya lebih tinggi daripada rangka bresing V terbalik yang asli untuk mendapat tambahan kekuatan dari redistribusi beban sesudah leleh pertama. Sendi plastis dari lantai balok kedua tidak dapat dicegah pada kasus ini karena gaya vertikal tidak seimbang sesudah tekuk pada bresing sama pada lantai pertama dan kedua. Bresing V terbalik berperilaku sistem bresing lemah-balok kuat dan aktivitas inelastis dibatasi hanya bresing.



(a) Membandingkan gaya geser dasar dan kurva lendutan



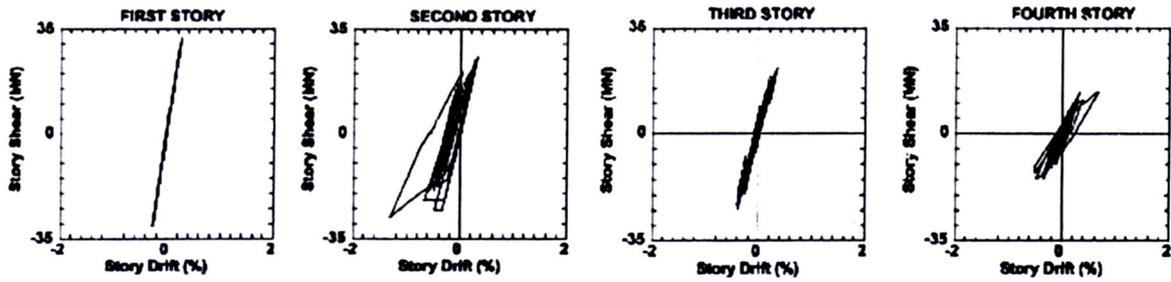
(b) Rangkaian aktivitas inelastis pada rangka lateral dengan susunan bresing X2 lantai dan peningkatan SCBF

Gambar 8. Analisa *pushover* dari rencana peningkatan

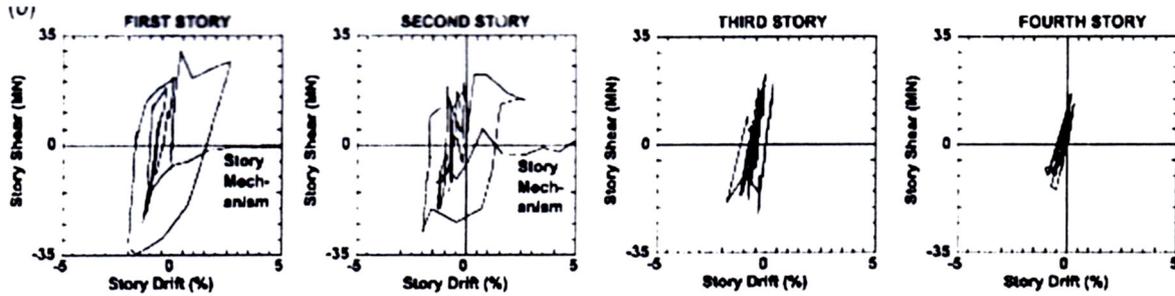
Membandingkan analisa riwayat waktu inelastis dari rencana peningkatan

Di Hollywood utara, keberadaan retak bresing jelas meningkatkan respon histerik dari lantai ketiga bagian bawah, khususnya lantai kedua dan ketiga yang menderita retak bresing dengan bresing berlubang yang dapat dilihat

dengan membandingkan gambar 7(c) dengan 10(a). Respon dari lantai paling atas sangat tidak berubah sebagai permintaan daktilitas bresing yang tidak tinggi pada lantai ini. Tren yang mirip meningkatkan respon histerik, yang diamati untuk lantai paling atas.



(a) Breising berbentuk pipa yang diisi dengan beton untuk Hollywood Utara



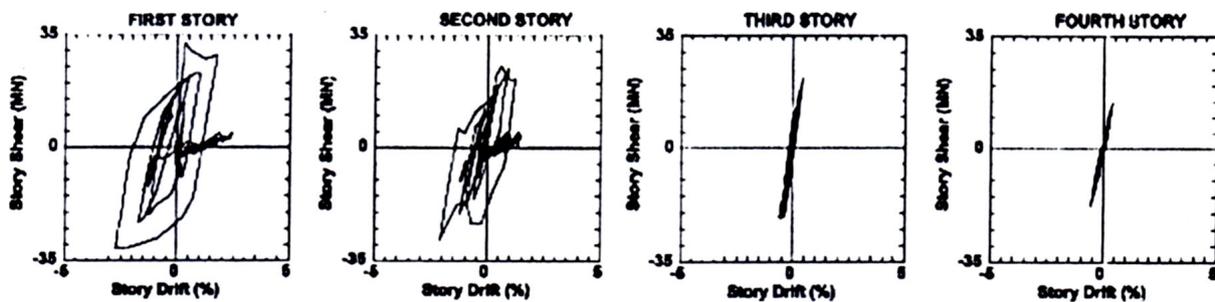
(b) Breising berbentuk pipa yang diisi dengan beton untuk accelerogram yang mirip

Gambar 9. Perilaku histeretik dari rangka lateral

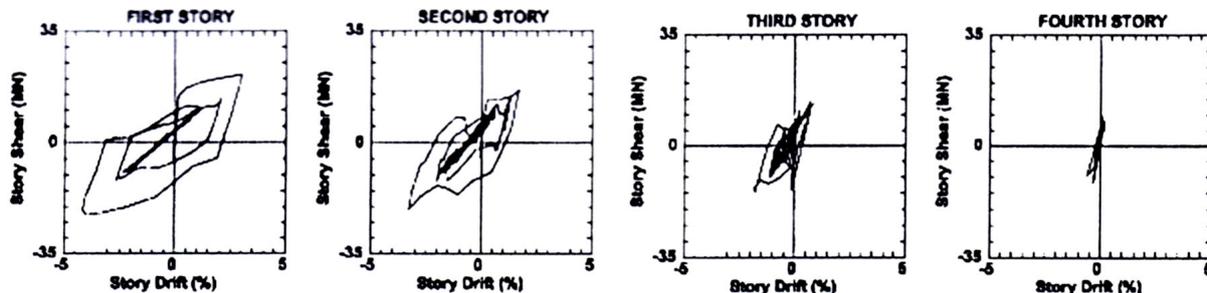
Manfaat relatif dan kemungkinan macam-macam rencana peningkatan

Suatu rancangan untuk tahan gempa baik tidaknya dapat dilihat pada histerik loopnya. Semakin luas, luasan histerik loop maka

semakin baik untuk gempa. Seperti halnya pada gambar 11 tampak bahwa rancangan SCBF lebih luas daripada konfigurasi x 2 lantai, sehingga rancangan SCBF lebih baik untuk konstruksi tahan gempa.



(a) Breising berbentuk X 2 lantai



(b) Breising ditingkatkan menjadi SCBF untuk accelerogram yang mirip

Gambar 10. Perilaku histeretik dari rangka lateral

KESIMPULAN

Hasil studi diatas merupakan evaluasi dari perilaku gempa dan perubahan peningkatan rangka baja bresing konsentrik (OCBF) untuk kebaikan gempa di masa mendatang. Gedung di Hollywood Utara yang menjadi obyek studi ini Karena bahaya gempa yang menimpanya tahun 994 beberapa kesimpulan dapat dihasilkan dari analisa studi berikut ini :

1. Pengamatan bentuk bahaya dari gedung yang ditinjau dapat ditinjau dengan analisa 2D, menggunakan program computer SNAP-2DX dan literature buku. Program ini dapat digunakan secara efektif untuk mengakses permintaan gempa dan bentuk struktur rangka bresing.
2. Konfigurasi bresing untuk gedung tahan gempa yang paling baik adalah model X dengan system balok kuat-bresing lemah (SCBF)
3. Histerik loop yang baik tampak pada system SCBF dibandingkan dengan X 2-story, yaitu dilihat dengan hasil dari luasannya. Semakin luas histerik loop semakin baik untuk konstruksi tahan gempa.

DAFTAR PUSTAKA

Goel, (2002), *Seismic Evaluation and Upgrading of Chevron Braced Frames*, Journal of Cosntructional Steel Research 59

Gokhan Pakean, (2000), *Experiments on Steel MRF Building With Supplemental Tendon System*, Journal of Structural Engineering

Hidajat Sugihardjo, (2004), *Kajian Analitik Perilaku Rangka Batang Daktil dengan Bresing-X dari Baja Sangat Lunak sebagai peredam Histeretik*, Prosding Konferensi Nasional Rekayasa Kegempaan II

Murdjito dan Pradintio Ariadi, (2002), *Studi Konfigurasi Bracing Kaki Jacj-Up Pengaruh Beban Gempa*, Majalan IPTEK

Chodek, Daniel L, (1998), *Struktur*, Refika Aditama

Chan, (2003), *Stability an Simulation-Based Design of Steel Scaffolding Without Using The Effective Length Methode*, International Journal of Structural of Stability and Dynamics

William A. Thornton, (2001), *Seismic Design of Connections in Concentrically Braced Frames*, Cives Engineering Cooperation

Liew and C.F. Duffield, (2002), *The Influence of Plasterboard Clad Walls on The Structural Behavior of Low Rise Residential Buildings*, Electric Journal of Structural Engineering

LRFD, *Lebih Hemat 10-15 Persen*, Majalah Konstruksi Mei-Juni 2001

....., *Teknologi Rancang Bangun Konstruksi Baja*, Majalah Konstruksi Nov-Des 2001