

PERBANDINGAN ANALISIS RESPON STRUKTUR GEDUNG ANTARA PORTAL BETON BERTULANG, STRUKTUR BAJA DAN STRUKTUR BAJA MENGGUNAKAN BRESING TERHADAP BEBAN GEMPA

Oleh:
Agus¹⁾, Syafril²⁾

¹⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Padang
e-mail : mscagus@yahoo.co.id

²⁾Mahasiswa Tahap Akhir Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Padang

Abstrak

Secara umum, sistem struktur dalam suatu konstruksi terdiri dari sistem struktur penahan beban gravitasi dan sistem penahan beban lateral. Untuk mengetahui sejauh mana perbandingan analisa struktur model portal open frame pada beton bertulang dan baja, juga pada struktur baja menggunakan bresing terhadap beban gempa. Perbandingan analisa struktur dilakukan pada gedung 7 (tujuh) lantai yang berfungsi sebagai gedung perkantoran di Padang berdasarkan SNI 03-1726-2012, dan beban gempa dihitung secara analisis statik ekuivalen. Pemodelan struktur dalam 3D dianalisis dengan program SAP2000 Versi 14. Dari hasil analisis struktur didapatkan rasio simpangan antar lantai pada masing-masing model struktur masih dalam batas izin, dengan momen dan gaya geser struktur open frame portal beton lebih besar dari model struktur open frame portal baja, namun perbandingan displacement struktur open frame portal beton lebih kecil dari model struktur open frame portal baja. Sedangkan pada model struktur baja menggunakan bresing momen, gaya geser dan perpindahan jauh lebih kecil dibandingkan model struktur portal open frame baja apalagi struktur open frame beton. Penelitian menunjukkan bahwa model struktur baja menggunakan bresing merupakan model struktur yang efektif, karena displacement dan gaya dalam elemen struktur yang lebih kecil dibandingkan model struktur open frame beton dan struktur open frame baja dalam menahan beban gempa.

Kata kunci : gempa, open frame, braced frame

1. Pendahuluan

Ilmu pengetahuan dan penerapan teknologi dalam bidang pembangunan konstruksi teknik sipil mengalami perkembangan yang pesat, membuat kita dituntut untuk lebih produktif, kreatif dan inovatif, terutama dalam hal perancangan struktur. Salah satu kriteria dalam merencanakan struktur bangunan bertingkat adalah kekuatan serta perilaku bangunan tinggi. Secara umum, sistem struktur dalam suatu konstruksi terdiri dari sistem struktur penahan beban gravitasi dan sistem penahan beban lateral. Sistem struktur penahan beban gravitasi terdiri dari sistem *moment resisting frame* (portal penahan momen dengan hubungan balok – kolom), sistem *braced frame* (pengaku diagonal), *shear wall* (dinding geser).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana perbandingan analisa struktur gedung beton bertulang dan struktur baja model portal *open frame*, dan struktur portal baja menggunakan bresing terhadap beban gempa, dan menentukan struktur model portal yang efektif terhadap beban gempa. Struktur portal *open frame* gedung beton bertulang atau struktur portal *open frame* baja atau struktur portal baja yang menggunakan bresing.

Mengingat luasnya permasalahan dan dengan keterbatasan waktu, maka perlu pembatasan masalah dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

- Struktur bangunan yang akan dianalisa adalah struktur bagian atas dan terdiri dari 7 (tujuh) lantai. Berupa gedung perkantoran di Padang dengan kondisi tanah sedang.
- Hanya membandingkan struktur model *open frame* beton bertulang, struktur model *open frame* baja dan struktur baja menggunakan bresing.
- Pemodelan struktur portal 3D dengan analisis menggunakan software SAP2000 Versi 14.

- Beban gempa yang dihitung adalah beban gempa statik ekuivalen.

2. Tinjauan Pustaka

Sifat khusus dari struktur yang berhubungan dengan tingkat layanan bangunan akibat gempa adalah (Agus, Wardi. S :2013):

- Kekakuan (*Stiffness*)
- Kekuatan (*Strength*), diantaranya: Kekuatan Perlu, Kekuatan Ideal, *Probable Strength*, Kekuatan Lebih.

Sistem struktur dasar penahan beban lateral secara umum dapat dibedakan atas (SNI 03-1726-2012):

- 1) Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)
 - Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)
 - Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)
 - Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)
- 2) Sistem Dinding Struktural (SDS)
 - Sistem Dinding Struktural Biasa (SDSB)
 - Sistem Dinding Struktural Khusus (SDSK)
- 3) Sistem Ganda (gabungan SRPM dan SDS)

Dalam memilih jenis struktur yang tepat, ada beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan misalnya tinggi bangunan, arsitektural, dan fungsi bangunan. Dengan mendesain bangunan sesuai dengan berbagai ketentuan yang ada di SNI diharapkan struktur bangunan tersebut tidak mengalami keruntuhan pada saat terjadi gempa (Agus, 2002).

1) Struktur *Open Frame*

Struktur portal *open frame* terdiri dari kolom dan balok yang digabungkan dengan sambungan tahan momen. Kekakuan lateral dari portal kaku cenderung tergantung dari kekakuan lentur dari kolom, balok dan sambungannya (Amrinsyah Nasution, 2009).

2) Struktur Portal Bresing (*Braced Frame*)

Bresing adalah suatu sistem kantilever berupa *truss vertical* yang memikul beban lateral melalui kekakuan aksial portal. Interaksi bresing dan portal Ketika menerima beban lateral, bresing berdeformasi layaknya sebuah kantilever, sedangkan portal kaku berdeformasi geser. Menurut Agus (2002), dari ketiga struktur yang telah dianalisis, ternyata struktur dengan penambahan *bracing* diagonal pada sudut denah struktur sangat efektif mengurangi pergeseran dan simpangan pada struktur kerangka terbuka.

Untuk struktur gedung beraturan, pengaruh Gempa Rencana dapat ditinjau sebagai pengaruh beban gempa statik ekuivalen, sehingga analisisnya dapat dilakukan berdasarkan analisis statik ekuivalen. Sedangkan untuk struktur gedung tidak beraturan, pengaruh Gempa Rencana harus ditinjau sebagai pengaruh pembebanan gempa dinamik, sehingga analisisnya harus dilakukan berdasarkan analisis respons dinamik. Di dalam SNI 03-1726-2012 dijelaskan mengenai ketentuan-ketentuan pengelompokan gedung beraturan dan tidak beraturan, daktilitas struktur, pembebanan gempa nominal, wilayah gempa Indonesia beserta respons spektrum gempa untuk masing-masing wilayah., kinerja struktur gedung, dan lain-lain.

2.1. Pembebanan Komponen Struktur :

Beban yang dipikul oleh bangunan tinggi dapat dikategorikan menjadi tiga yaitu beban gravitasi, beban lateral dan beban khusus. Beban gravitasi terdiri dari beban mati dan beban hidup, beban lateral sendiri terdiri dari beban gempa dan angin.

1) Beban Gravitasi

- Beban mati

Menurut Pedoman Perencanaan dan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPPuRdG), beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang

merupakan bagian yang terpisah dari gedung. Apabila beban mati memberikan pengaruh yang menguntungkan terhadap kekuatan struktur maka beban mati tersebut harus dikalikan dengan koefisien 0,9.

- **Beban hidup**

Menurut Pedoman Perencanaan dan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPPuRdG), beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan ke dalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut.

2) **Beban Gempa**

Menurut Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPPuRdG), beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Dalam peraturan bangunan tahan gempa Indonesia, analisa statik ekuivalen ini, digunakan untuk persyaratan sebagai berikut (SNI 03-1726-2012):

- Gedung dengan tinggi maksimum kecil dari 40 m.
- Bentuk dari bangunan gedung beraturan.
- Gedung dengan kekakuan tiap tingkat rata.
- Untuk gedung yang mempunyai loncatan bidang muka, dimana ukuran denah dari bagian yang menjulang dan masing- masing arah adalah paling sedikit 75%.

Struktur- struktur lainnya yang tidak begitu mudah diperkirakan perilakunya terhadap gempa harus direncanakan dengan cara analisis dinamis. Beban gempa pada gedung di Indonesia diatur sepenuhnya pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-1726-2012. Tahap perhitungan beban gempa secara statik ekuivalen sebagai berikut:

- Menghitung berat total bangunan (W)

Berat total bangunan terdiri dari berat bangunan tiap lantai, antara lain:

- Beban Mati
- Beban Hidup

- Menentukan faktor keutamaan (I_e) berdasarkan Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya untuk Beban Gempa.
- Menentukan S_{DS} , parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentangperiode pendek.
- Menentukan R berdasarkan system struktur bangunan yang digunakan.
- Menghitung gaya geser dasar (V)

$$V = C_s W \quad (2.1)$$

Koefisien respons seismik, C_s , harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.2)$$

- Menghitung distribusi gaya geser (F_x)

$$F_x = C_{vx} \cdot V \quad (2.3)$$

Dimana

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (2.4)$$

- Menentukan nilai T (Periode Fundamental Struktur)

$$T_a = C_t \cdot h_n^x \quad (2.5)$$

2.2. **Kombinasi Pembebanan**

Sesuai dengan kombinasi yang diberikan pada SNI 03-2847-2002. Pasal 11.2:

- $U = 1,4 D$
 - $U = 1,2 D + 1,6 L$
 - $U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,0 EQ_x \pm 0,3EQ_y$
 - $U = 1,2 D + 1,0 L \pm 0,3 EQ_x \pm 1,0EQ_y$
 - $U = 0,9 D \pm 1,0 EQ_x \pm 0,3 EQ_y$
 - $U = 0,9 D \pm 0,3 EQ_x \pm 1,0 EQ_y$
- (2.6)

Penentuan simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Defleksi pusat massa di tingkat x (δx) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$\delta x = \frac{C_d \cdot \delta x_e}{I_e} \quad (2.7)$$

Simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δa) seperti didapatkan dari tabel untuk semua tingkat.

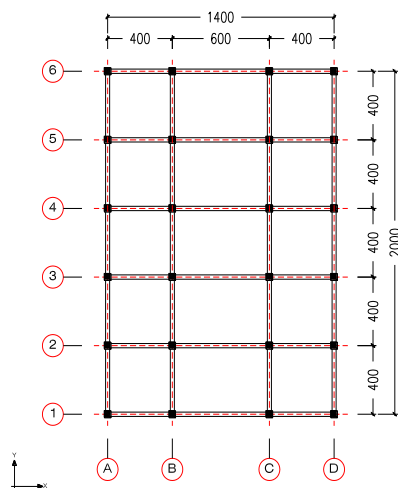
3. Metodologi

3.1. Standar Analisis yang digunakan :

- Pedoman Perencanaan dan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPURdG) 1987
- SNI 03-1726-2012 : Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
- SNI 03-2847-2002 : Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.
- SNI 03-1729-2002 : Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung
- Peta Hazard Gempa Indonesia 2010, Departemen Pekerjaan Umum.

3.2. Deskripsi Struktur Bangunan

- Denah Bangunan



Gambar 1 : Denah bangunan

- f. Lokasi Bangunan : Padang
- g. Kondisi tanah : Sedang

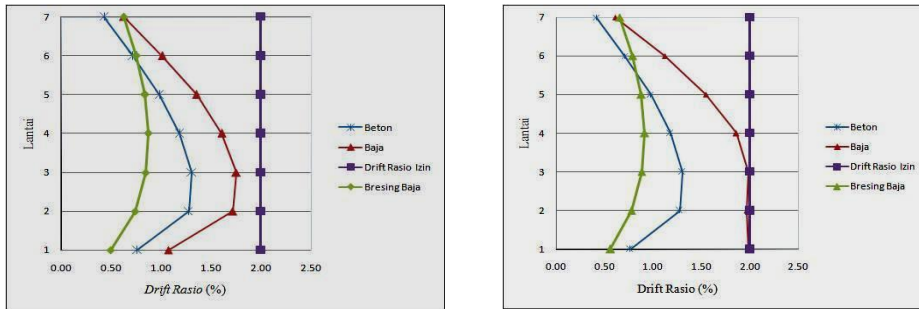
- Material Propertis

- Berat Jenis Beton (W_c) : 2400 kg/m³
- a. Mutu Beton, f_c' : 25 MPa ~ 300 Kg/cm²
- b. Mutu Baja tulangan, f_y : 400 MPa
- c. Baja : BJ 37
- d. F_u : 370 MPa
- e. Tegangan leleh, f_y : 240 MPa
- f. Modulus Elastisitas, E_s : 200000 M

- Data Umum Bangunan

- a. Jumlah lantai bangunan : 7 Lantai
- b. Tinggi tiap lantai : 4 M
- c. Tinggi total bangunan : 28 M
- d. Jenis Struktur : Portal *open frame*
- e. Fungsi Gedung : Perkantoran

• **Drift Ratio**



a. Arah X

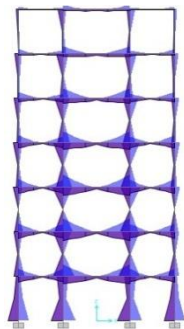
b. Arah Y

Gambar 4. Simpangan antar lantai

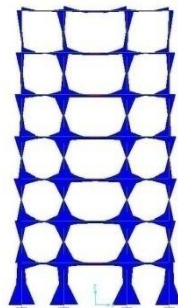
• **Gaya Dalam**

Gaya dalam ditinjau dari portal 1 untuk arah X dan portal A untuk arah Y

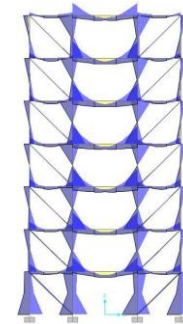
1) Diagram Momen



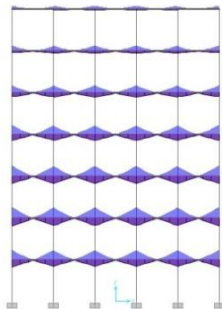
a. Beton Arah X



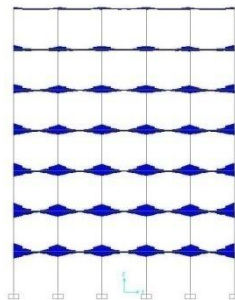
b. Baja Arah X



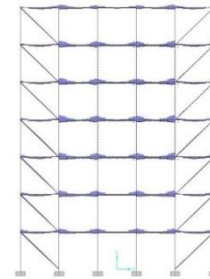
c. Baja Bresing Arah X



d. Beton Arah Y



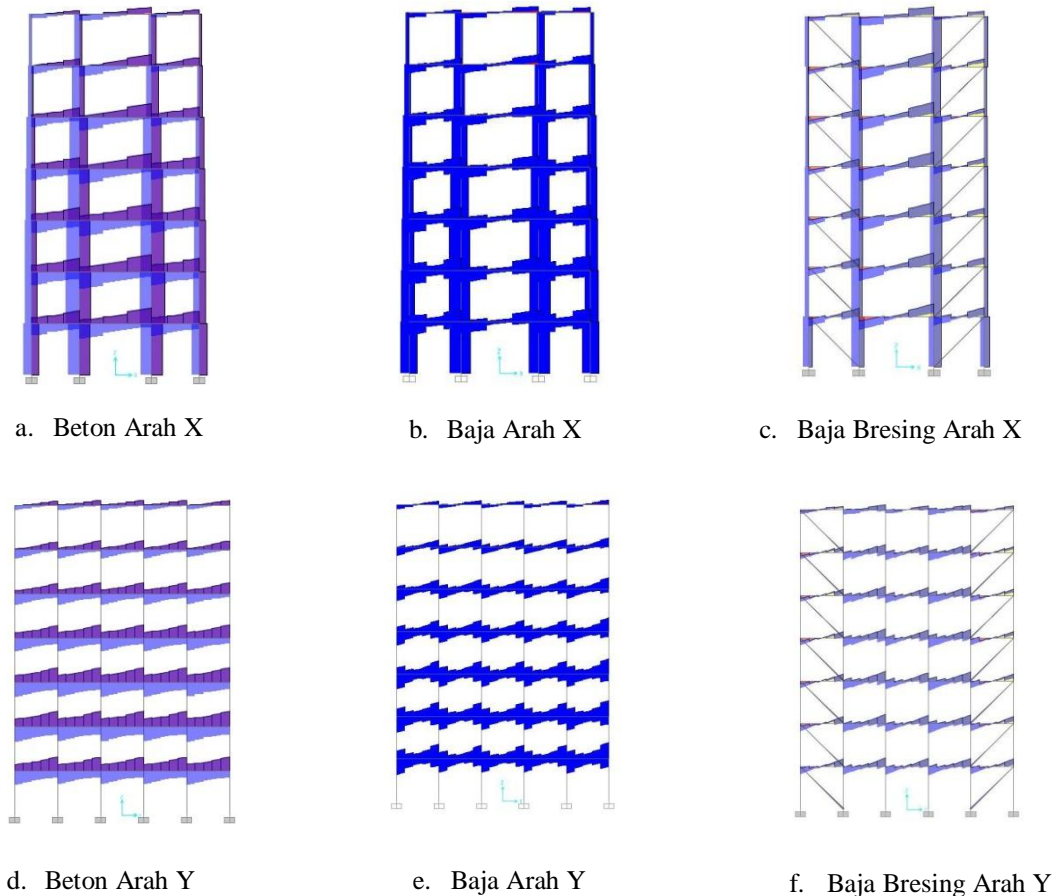
e. Baja Arah Y



f. Baja Bresing Arah Y

Gambar 5. Diagram momen model struktur

2) Diagram Geser



Gambar 6. Diagram gaya geser model struktur

4.3. Pembahasan

Dari hasil analisis struktur model portal Open frame Beton Bertulang, Open frame Struktur Baja dan Baja menggunakan Bresing pada bangunan gedung 7 (tujuh) lantai, didapatkan perbandingan displacement dan gaya dalam. Dimensi pada masing- masing pemodelan diuraikan pada tabel berikut:

- **Perpindahan (*Displacement*)**

Dari nilai displacement pada pemodelan struktur dapat diketahui bahwa displacement arah X dan Y pada model struktur baja lebih besar dibandingkan model struktur portal yang menggunakan beton bertulang. Namun displacement pada Struktur Baja menggunakan bresing jauh lebih kecil dengan dimensi baja yang juga lebih kecil.

- **Rasio Simpangan Antar Lantai (*Drift Ratio*)**

Pada pemodelan yang dilakukan didapat rasio simpangan antar lantai semua model struktur masih dalam batas izin,

- **Gaya Dalam**

Dari hasil analisis gaya dalam dari struktur yang didapatkan pada pemodelan awal dan pemodelan ulang sebagai berikut:

- 1) Perbandingan nilai momen dan gaya geser pada struktur ditinjau dari portal 1 untuk arah X, dan portal A untuk arah Y.
- 2) Nilai momen dan gaya geser model struktur Beton bertulang lebih besar dari model struktur baja dan struktur baja menggunakan bresing.
- 3) Pada momen dan gaya geser kolom jauh lebih kecil pada struktur baja menggunakan bresing dibandingkan model struktur open frame baja dan beton bertulang.
- 4) Dengan model struktur baja menggunakan bresing dapat menggunakan dimensi baja untuk kolom dan balok yang lebih kecil dibandingkan struktur open frame rangka baja.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis perbandingan struktur portal beton bertulang model *open frame*, struktur baja model *open frame* dan struktur portal baja menggunakan bresing terhadap beban gempa, dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Struktur portal baja menggunakan bresing yang menghasilkan Gaya dalam, diantaranya momen dan gaya geser lebih kecil dibandingkan model struktur portal *open frame* baja dan portal *open frame* beton bertulang.
2. Model struktur portal Baja menggunakan bresing merupakan model struktur yang efektif, karena displacement dan gaya dalam elemen struktur yang lebih kecil dibandingkan model struktur portal *open frame* baja dan struktur portal *open frame* beton bertulang dalam menahan beban gempa.
3. Untuk denah dan tinggi tingkat bangunan yang sama (dalam hal ini tujuh tingkat), pemakaian model struktur portal *open frame* baja dan model struktur baja menggunakan bresing dapat menggunakan dimensi kolom dan balok yang lebih kecil dari model struktur portal *open frame* beton bertulang. Karena kualitas bahan yang lebih baik dan daktilitas tinggi.
4. Meskipun demikian struktur portal *open frame* baja displacementnya lebih besar dari struktur portal *open frame* beton, tapi masih dalam batas izin.
5. Untuk mengatasi displacement yang besar pada struktur baja dilakukan dengan penambahan bresing sehingga diperoleh displacementnya jauh lebih kecil dari model struktur portal *open frame* beton, juga dimensi balok dan kolomnya lebih kecil dari portal *open frame* baja apalagi dengan portal *open frame* beton bertulang.

Daftar Pustaka

- Agus. 2002. Rekayasa Gempa – Untuk Teknik Sipil. Padang: ITP Press.
- Agus.Wardi.S.2013. Rekayasa Gempa - Perencanaan Struktur Gedung Berdasarkan Peraturan Gempa Indonesi Terbaru (SNI-03-1726-2012) (Erang R, Ed.). Yogyakarta: Andi
- Amrinsyah Nasution. 2009. Analisis Dan Desain Struktur Beton Bertulang. Bandung: ITB.
- Badan Standarisasi Nasional 2002,Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SNI 03-2847-2002.
- Badan Standarisasi Nasional 2002,Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung , SNI 03-1729-2002.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 03-1726-2012.
- Pedoman Perencanaan dan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPPuRdG).1987.
- Putri, Prima Yane. 2007. Analisis dan Desain Struktur Rangka dengan SAP2000 Versi Student. Padang: UNP Press.
- Wahana Komputer. 2010. Panduan Praktis Analisis Struktur Bangunan dan Gedung dengan SAP2000 Versi 14. Yogyakarta: Andi