

**ANALISIS KINERJA GEDUNG BETON BERTULANG
DENGAN DENAH BERBENTUK □ YANG MENGALAMI
BEBAN GEMPA TERHADAP EFEK *SOFT STOREY***

SKRIPSI

Oleh :

YOGA KARTASASMITA

07 172 046



**JURUSAN TEKNIK SIPIL - FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2011**

ABSTRAK

Saat ini, jenis bangunan yang menggunakan sistem struktural beton bertulang sangat beragam, mulai dari rumah hingga gedung perkantoran. Fenomena ini banyak dijumpai pada wilayah perkotaan. Salah satu bentuk bangunan beton bertulang yang banyak dijumpai saat ini adalah bangunan yang memiliki lantai dasar terbuka (*open ground storey buildings*). Lantai dasar terbuka digunakan untuk berbagai keperluan seperti parkir dan toko. Dalam pengamatan, gedung dengan lantai dasar terbuka sering dijadikan indikator bahwa gedung tersebut merupakan struktur *soft-storey*. Gedung dengan *soft-storey* mudah mengalami keruntuhan jika terjadi gempa. Namun demikian, diperlukan analisis untuk memastikan apakah suatu gedung termasuk struktur *soft-storey*. Oleh karena itulah dilakukan penelitian kinerja sebuah bangunan gedung yang memiliki lantai dasar terbuka saat diberi beban gempa. Selain itu, juga dilakukan analisis pengaruh bentuk denah gedung terhadap kinerja gedung.

Analisis dilakukan dengan menggunakan dua metode analisis, yaitu Metode Analisis Respons Spektrum dan Metode Analisis Statik Nonlinier (*Pushover*). Sesuai dengan SNI 03-1726-2003, Metode Analisis Respons Spektrum digunakan terutama karena metode analisis ini cocok digunakan untuk gedung yang tidak beraturan. Dalam metode ini, pembebanan gempa diberikan dalam arah sumbu utama dengan efektivitas 100%, sedangkan sumbu lain dengan efektivitas 30%. Sementara itu, Metode Analisis Statik Nonlinier (*Pushover*) digunakan dengan alasan metode ini dapat mengidentifikasi titik-titik terlemah pada

struktur saat terjadi gempa bumi. Beban gempa diberikan dengan intensitas yang terus ditingkatkan hingga komponen gedung yang paling lemah mengalami deformasi.

Dalam penelitian ini, kedua analisis dilakukan dengan menggunakan *software* analisis struktur. Hasil analisis yang diperoleh yaitu kurva kapasitas *pushover*, distribusi sendi plastis, nilai perpindahan lantai (*displacement*), simpangan antartingkat (*interstory drift*), dan gaya dalam kolom dan balok. Diantara kedua analisis, perpindahan lantai dengan Metode Analisis Statik Nonlinier (Pushover) memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan Metode Analisis Respons Spektrum. Untuk kedua metode, simpangan antartingkat maksimum terjadi anantara lantai dasar dengan lantai satu. Dari hasil Metode Analisis Statik Nonlinier (Pushover) diketahui bahwa terbentuknya sendi plastis tidak terdistribusi secara merata, baik jika ditinjau dalam arah vertikal maupun dalam arah horizontal. Selanjutnya, hasil analisis kedua metode menunjukkan bahwa gaya dalam maksimum terjadi pada kolom dan balok lantai satu.

Kata kunci : gedung beton bertulang, kinerja, gempa, Metode Analisis Respons Spektrum, Metode *Pushover*.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton bertulang merupakan salah satu jenis material bangunan yang paling banyak digunakan di dunia. Hal ini disebabkan oleh berbagai kelebihan yang dimiliki oleh beton bertulang. Kelebihan utama yang dimiliki oleh beton bertulang adalah kombinasi beton dan baja tulangan yang memberikan kuat tekan sekaligus kuat tarik yang besar. Hal ini menyebabkan beton bertulang banyak digunakan pada struktur kecil maupun besar seperti bangunan gedung, jembatan, bendungan, dinding penahan tanah, perkerasan jalan, saluran irigasi, dan sebagainya. Saat ini, jenis bangunan yang menggunakan sistem struktural beton bertulang sangat beragam, mulai dari rumah hingga gedung perkantoran. Fenomena ini banyak dijumpai pada wilayah perkotaan. Menurut *World Housing Encyclopedia* (2006), dengan pertumbuhan populasi yang cepat di wilayah perkotaan, konstruksi beton bertulang telah banyak digunakan, baik di negara berkembang maupun di negara maju. Yakut (2004), seperti yang dikutip dalam *World Housing Encyclopedia* (2006), memberikan contoh bahwa 75% bangunan di Turki menggunakan konstruksi beton bertulang, sedangkan di Meksiko mencapai 80%.

Salah satu karakteristik bangunan gedung beton bertulang yang banyak dijumpai saat ini adalah gedung yang memiliki tingkat dasar terbuka (*open ground storey buildings*). Tingkat dasar terbuka biasanya digunakan untuk berbagai keperluan seperti lahan parkir dan toko. Dalam pengamatan, gedung dengan tingkat dasar terbuka sering

dijadikan indikator bahwa gedung tersebut merupakan struktur *soft storey* (tingkat lunak). Namun demikian, diperlukan suatu analisis untuk memastikan apakah suatu gedung termasuk struktur *soft storey*. Gedung dengan tingkat dasar terbuka memiliki karakteristik sebagai berikut :

1. Bagian tingkat dasar relatif lebih fleksibel dibandingkan tingkat di atasnya.
2. Bagian tingkat dasar relatif lebih lemah dibanding tingkat di atasnya.



Gambar 1.1 Bangunan Gedung Beton Bertulang dengan Tingkat Dasar Terbuka

Sumber : BMTPC India

Dari berbagai peristiwa gempa bumi di seluruh dunia, dapat diamati bahwa banyak gedung dengan tingkat dasar terbuka mengalami kerusakan parah. Sebagai contoh, dilaporkan akibat gempa bumi Izmit pada tahun 1999, 725 dari 1215 gedung rusak karena memiliki tingkat dasar terbuka. Dari dalam negeri, efek merugikan tingkat lunak pada gedung dapat dilihat pada peristiwa gempa bumi di Kota Padang pada tahun 2009. Pada gambar 1.2 dapat diperhatikan sebuah bangunan ruko tiga lantai yang mengalami keruntuhan pada lantai satu, sedangkan dua

lantai di atasnya tampak utuh. Hal ini dapat dipahami karena lantai satu sebuah ruko atau toko biasanya memiliki bukaan yang lebar. Sementara lantai di atasnya memiliki dinding bata antarkolom. Selain pada lantai dasar, mekanisme keruntuhan tingkat lunak juga bisa terjadi pada lantai lain, seperti yang ditunjukkan oleh gambar 1.3.



Gambar 1.2 Sebuah Ruko yang Runtuh Akibat Gempa Bumi di Kota Padang Tahun 2009
Sumber : Duniatekniksipil (2009a)



Gambar 1.3 Keruntuhan Tingkat Lunak pada Bagian Tengah Gedung
Sumber : Duniatekniksipil (2009a)

Selain karena konfigurasi arah vertikal, perilaku suatu struktur gedung terhadap gempa juga dipengaruhi oleh konfigurasi gedung dalam arah horizontal atau denah gedung. Gedung dengan bentuk denah sederhana, simetris, dan tidak memiliki coakan adalah konfigurasi denah yang diinginkan terhadap pengaruh gempa bumi. Sementara itu, gedung dengan bentuk denah rumit dan tidak simetris merupakan konfigurasi yang dihindari dalam perencanaan gedung tahan gempa. Untuk mengetahui efek konfigurasi gedung arah vertikal dan horizontal terhadap beban gempa, dilakukan analisis terhadap suatu gedung yang memiliki lantai dasar terbuka dan denah berbentuk □ .

1.2 Tujuan dan Manfaat

Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah untuk menganalisis kinerja bangunan gedung beton bertulang yang mengalami beban gempa kuat. Gedung yang dianalisis memiliki denah berbentuk □ serta memiliki lantai dasar terbuka (*open ground storey*).

Manfaat penulisan tugas akhir ini adalah untuk mengetahui apakah bangunan gedung beton bertulang dengan denah berbentuk □ serta memiliki lantai dasar terbuka cocok dibangun pada wilayah gempa kuat.

1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup dan batasan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bangunan yang dianalisis adalah gedung struktur beton bertulang.
2. Denah gedung berbentuk □ .

3. Pada lantai dasar gedung tidak terdapat dinding antarkolom, sedangkan pada lainnya terdapat dinding antarkolom.
4. Analisis beban gempa dilakukan dengan menggunakan Metode Analisis Dinamis Respons Spektrum dan Metode Analisis Statik Nonlinier (*Pushover*).
5. Analisis beban gempa pada gedung dilakukan dengan menggunakan *software* analisis struktur.
6. Standar peraturan yang digunakan dalam tugas akhir ini, yaitu : Peraturan Pembebanan Indonesia (PPI) untuk Gedung tahun 1983, Tata Cara Perencanaan Tahan Gempa untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002, dan Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SNI 03-1726-2003.
7. Hasil analisis beban gempa yang akan dibahas, yaitu : kurva kapasitas *pushover*, perpindahan lantai (*displacement*), simpangan antartingkat (*interstorey drift*), distribusi sendi plastis, dan gaya dalam kolom dan balok.

1.4 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I Pendahuluan

Pada bab ini diuraikan latar belakang masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Pada bab ini diuraikan teori penunjang yang berkaitan dengan analisis yang akan dilakukan.

BAB III Metodologi Penelitian

Pada bab ini diuraikan tahapan pengerjaan tugas akhir mulai dari tinjauan pustaka hingga diperoleh kesimpulan.

BAB IV Prosedur dan Hasil Kerja

Pada bab ini diuraikan tahapan pemecahan masalah hingga diperoleh hasil. Hasil ditampilkan dalam bentuk tabel, grafik, dan gambar.

BAB V Analisis Dan Pembahasan

Pada bab ini diuraikan analisis dan pembahasan terhadap hasil yang diperoleh.

BAB VI Kesimpulan

Pada bab ini diuraikan kesimpulan dan saran.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB VI

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis gempa dinamis respons spektrum dan analisis statik nonlinier (*pushover*) terhadap gedung dengan denah berbentuk dan □ memiliki lantai dasar terbuka (*open ground storey*) dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Gedung yang dianalisis menunjukkan respon yang tidak diinginkan terhadap beban gempa yang diberikan. Hal ini seperti yang ditunjukkan oleh kurva kapasitas *pushover*, dimana struktur gedung mengalami penurunan kapasitas penyaluran beban.
2. Desain gedung termasuk tidak aman karena titik kinerjanya (*performance point*) berada jauh dari daerah elastis.
3. Ditinjau dalam arah vertikal, sendi plastis hanya terbentuk pada kolom lantai satu. Hal ini menunjukkan bahwa kolom lantai satu lebih lemah dibandingkan kolom lantai lain.
4. Terbentuknya sendi plastis hanya pada kolom lantai satu juga memberikan gambaran bahwa mekanisme keruntuhan yang mungkin terjadi pada gedung tersebut adalah keruntuhan *soft-storey*.
5. Ditinjau dalam arah horizontal, yaitu pada lantai dasar, sendi plastis tidak terdistribusi secara merata. Sendi plastis dalam kondisi kritis lebih banyak terbentuk pada bagian tonjolan gedung.

6. Sendi plastis dalam kondisi kritis lebih dahulu terbentuk pada kolom tepi daripada kolom lainnya.
7. Nilai simpangan (*interstory drift*) antara lantai dasar dengan lantai satu lebih besar dibanding lantai-lantai di atasnya. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat dasar pada gedung tersebut lebih fleksibel dibandingkan tingkat lainnya.
8. Gaya dalam aksial, geser, dan momen lentur maksimum terjadi pada kolom dan balok lantai satu. Hal ini berarti bahwa komponen struktural pada lantai ini menerima beban yang lebih besar dibandingkan dengan lantai di atasnya.

5.2 Saran

1. Pada wilayah gempa kuat, sebaiknya tidak dibangun gedung dengan denah berbentuk \sqsubset dan memiliki lantai dasar terbuka (*open ground storey*). Gedung dengan karakteristik seperti ini menunjukkan kinerja yang buruk terhadap gempa.
2. Gedung dengan lantai dasar terbuka pada wilayah gempa kuat harus diberi perkuatan yang tepat dengan tujuan untuk meningkatkan kinerja gedung dan menghindari keruntuhan.
3. Untuk mengetahui kinerja gedung terhadap beban gempa, dapat digunakan metode analisis statik nonlinier (*pushover*).
4. Untuk penelitian selanjutnya, dapat dilakukan analisis terhadap gedung dengan variasi kondisi struktural dan kekuatan gempa.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- [1] Architectjaved. (Tanpa Tahun). *Horizontal and Vertical Shaking of a Structure*. [Online]. Tersedia di :
http://articles.architectjaved.com/earthquake_resistant_structures/horizontal-and-vertical-shaking-of-a-structure/. [Diakses pada : 7 Oktober 2011]
- [2] Building Materials and Technology Promotion Council (BMTPC) India. (Tanpa Tahun). *Earthquake Tip*. [Online]. Tersedia di : <http://www.bmtpc.org/>. [Diakses pada : 24 Oktober 2011]
- [3] Departemen Pekerjaan Umum. 1993. *Pedoman Pembangunan Bangunan Tahan Gempa*.
- [4] Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2002. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung SNI-1726-2002*. Bandung.
- [5] ---, 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002*. Bandung.
- [6] ---, 2003. *Tata Cara Perencanaan Tahan Gempa untuk Bangunan Gedung SNI 03-172-2003*. Bandung.
- [7] Dewobroto, Wiryanto. 2006. *Evaluasi Kinerja Bangunan Baja Tahan Gempa dengan SAP2000*. Jurnal Teknik Sipil, Vol. 3 , No. 1.

- [8] Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. 1981. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983. Bandung : Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- [9] Duniatekniksipil. 2009a. *Oleh-oleh dari Padang*. [Online]. Tersedia di : <http://duniatekniksipil.web.id/oleh-oleh-dari-padang/>. [Diakses pada : 7 Oktober 2011]
- [10] ---,2009b. *Soft-story Alias si Lantai Lunak*. [Online]. Tersedia di : <http://duniatekniksipil.web.id/soft-story-alias-si-lantai-lunak/>. [Diakses pada : 7 Oktober 2011]
- [11] Fajfar, Peter. 2000. *A Nonlinear Analysis Method for Performance Based Seismic Design*. Earthquake Spectra, Vol.16, No.3, pp.573-592.
- [12] Federal Emergency Management Agency. 1997. NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings. FEMA Publication 273. Washington, D.C.
- [13] Finley, David T. & Cribbs, Ricky A. (Tanpa Tahun). *Equivalent Static vs. Response Spectrum A Comparison of Two Methods*.
- [14] Ginsar, Ima Muljati dan Lumantarna, Benjamin. (Tanpa Tahun). *Seismic Performance Evaluation of Building With Pushover Analysis*. Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- [15] Habibullah, Ashraf and Pyle, Stephen. 1998. *Practical Three Dimensional Nonlinear Static Pushover Analysis*. Structure Magazine, Winter.
- [16] Ikhsanshaleh, Dodi. (Tanpa Tahun). *Review Kegagalan Struktur Beton Akibat Beban Gempa*. [Online]. Tersedia di :

<http://teknikaftui.wordpress.com/2010/12/10/consol-talk-ftui-terbaik-1/>. [Diakses pada : 13 oktober 2011]

- [17] Irsyam, Masyhur dkk. 2010. Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Peta Gempa Indonesia 2010. Edisi 2. Bandung : Kementerian Pekerjaan Umum.
- [18] Kadid, A and . Boumrkik, A. 2008. Pushover Analysis of Reinforced Concrete Frame Structures. *Asian Journal of Civil Engineering (Building and Housing)*, Vol. 9, No. 1, Pages 75-83.
- [19] Lumantarna, Benjamin. 2008. *Performance Based Design, Sebaiknya Menggunakan Modal Pushover Analysis atau Capacity Spectrum Method?*. Makalah disajikan dalam Seminar dan Pameran Pengaruh Gempa dan Angin terhadap Struktur , HAKI, 2008.
- [20] Mafioso de Civiliano. 2011. *Beban Gempa (Earthquake Load) pada Struktur Teknik Sipil (2)*. [Online]. Tersedia di : <http://www.mafiosodeciviliano.com/artikel/teknik-sipil/struktur/548-beban-gempa-earthquake-load-pada-struktur-teknik-sipil-2>. [Diakses pada : 7 Oktober 2011]
- [21] Murty, C. V. R et al. 2006. *AT RISK : The Seismic Performance of Reinforced Concrete Frame Buildings with Masonry Infill Walls First Edition*. Oakland : Earthquake Engineering Research Institute.
- [22] Oğuz, Sermin. 2005. *Evaluation of Pushover Analysis Procedures For Frame Structures*. A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of

Science in Civil Engineering. The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University.

- [23] Paulay, T & Priestley, M.J.N. 1992. *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*. New York : John Wiley & Sons, Inc.
- [24] Schodek, Daniel L. 1992. *Struktur*. Edisi 2. Terjemahan oleh Bambang Suryoatmono. 1999. Jakarta : Erlangga.
- [25] Smith, B.S. & Coull, Alex. 1991. *Tall Building Structures Analysis and Design*. New York : John Wiley & Sons, Inc.
- [26] Spacone, Enrico et al. (Tanpa Tahun). *Final Report Nonlinear Pushover Analysis of Reinforced Concrete Structures*. Colorado Advanced Software Institute.
- [27] Wilson, Edward L. 2002. *Three-Dimensional Static and Dynamic Analysis of Structures*. Berkeley : Computers and Structures, Inc.