

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Struktur Tahan Gempa

Pada umumnya sangatlah tidak ekonomis untuk merancang struktur yang berespon elastis akibat gempa yang memberikan gaya inersia yang sangat besar. Pengalaman menunjukkan bahwa struktur yang dirancang dengan beban yang diatur oleh peraturan-peraturan gempa dapat menahan beban gempa yang cukup besar. Hal ini disebabkan, pertama karena struktur-struktur tersebut yang dirancang dengan baik dapat berdeformasi sampai keadaan inelastisnya tanpa menunjukkan keruntuhan, kedua karena berkurangnya respon akibat kekakuannya berkurang, dan ketiga akibat interaksi tanah dengan struktur. (Gideon. dkk, 1994).

Sistem struktur selama gempa bumi berlangsung, bangunan mengalami gerakan vertikal dan horizontal, sehingga gaya gempa dalam arah vertikal maupun horizontal akan menjadi titik-titik pada massa struktur. Gaya gempa pada arah vertikal hanya berpengaruh sedikit pada gaya gravitasi yang bekerja pada struktur, karena struktur biasanya dirancang terhadap gaya-gaya vertikal dengan faktor keamanan yang memadai, sehingga jarang terjadi struktur rumah runtuh terhadap gaya vertikal. Sebaliknya gempa horizontal banyak menimbulkan keruntuhan (*collapse*) atau kegagalan (*failure*). Atas alasan ini prinsip utama dalam perancangan struktur tahan gempa (*earthquake resistant design*) dengan meningkatkan kekuatan struktur terhadap gaya lateral (ke samping) yang umumnya tidak memadai. (Muto, 1987).

Pemancaran energi ini bertujuan untuk mempertahankan perilaku elasto-plastis dalam struktur pada waktu menahan gaya gempa yang menjadi dasar teknik pencadangan energi yang dipakai dalam perancangan struktur daktail, dimana perilaku struktur harus memuaskan dan terjamin dengan baik setelah melampaui batas elastik. Jika sistem struktur telah ditentukan, tempat-tempat yang dirancang bagi sendi-sendi plastis untuk pemencaran energi harus dibuatkan detailnya, sehingga komponen struktur tersebut benar-benar berperilaku daktail. Mekanisme terbentuknya sendi plastis diarahkan agar timbul di tempat-tempat

yang telah direncanakan dengan cara meningkatkan kuat komponen-komponen struktur yang bersebelahan. Komponen-komponen struktur yang lain tersebut harus cukup diberi cadangan kekuatan untuk menjamin berlangsungnya mekanisme pemencaran energi selama terjadi gempa. (Dipohusodo, 1994).

B. Referensi Penelitian

Pada perencanaan bangunan gedung bertingkat di Indonesia sering kali suatu bangunan hanya melihat dari fungsional dan arsitektur bangunan tanpa menghiraukan struktural bangunannya, misalkan pada situasi yang mengharuskan suatu bangunan bantang struktur bangunan besar serta harus bebas kolom pada bentang baloknya, sehingga akan menghasilkan beban yang dihasilkan oleh gaya luar bangunan hanya menumpu pada titik-titik tertentu, bertolak belakang dengan konsep perencanaan struktur bangunan bertingkat bahwasanya suatu bangunan pada saat menerima gaya luar harus didistribusikan merata sampai pada ujung dasar pondasi. Disamping itu pada perkembangan zaman peraturan mengenai kegempaan dari tahun ke tahun banya mengalami perubahan dari segi peta wilayah gempa, koefisien dan parameter beban gempa yang diimbangi dengan teknologi yang lebih maju, oleh karena itu suatu perencanaan gedung bertingkat diharuskan mengikuti peraturan-peraturan yang berlaku yang tahun-tahun lalu di Indonesia diberlakukan peraturan kegempaan SNI 1726:2012.

Dalam perencanaan gedung di daerah rawan gempa, gedung dengan segenap komponen struktur penahan gempa harus direncanakan dan dibuat mendetail sedemikian rupa sehingga keseluruhannya mampu memberikan perilaku daktail sepenuhnya, artinya saat menerima beban sampai melebihi kuat elastisnya struktur tidak langsung pecah atau rusak, namun berubah bentuk terlebih dahulu secara plastis sampai batas tertentu pada saat terjadi gempa. Ketentuan ini didasarkan pada kenyataan bahwa secara ekonomi tidaklah lazim untuk merencanakan struktur gedung sedemikian kuat sehingga tahan terhadap gempa secara elastik (Dipohusodo, 1994).

Saat terjadinya gempa struktur harus bersifat daktail, yang artinya saat menerima beban sampai melebihi kuat elastisnya struktur tidak langsung rusak, namun berubah bentuk terlebih dahulu secara plastis sampai batas tertentu. Pada

struktur beton yang terdiri dari beton dan tulangan maka dapat bersifat daktail seperti tulangan baja dan dapat bersifat getas seperti beton.

Berikut beberapa review jurnal terkait dengan penelitian ini :

1. Remigildus Cornelis, Wilhelmus Bunganaen, Bonaventura Haryanto Umbu Tay, (2014) ,Analisis Perbandingan Gaya Geser Tingkat, Gaya Geser Dasar, Perpindahan Tingkat Dan Simpangan Antar Tingkat Akibat Beban Gempa Berdasarkan Peraturan Gempa Sni 03-1726-2002 Dan Sni 1726:2012.

Objek pada penelitian ini adalah model struktur 18 tingkat yang diletakkan pada 6 lokasi yang memiliki karakteristik situs yang berbeda-beda berdasarkan SNI 1726- 012 dan berada pada wilayah gempa 5 berdasarkan SNI 1726-2002 dengan kondisi tanah keras, tanah sedang dan tanah lunak. Struktur dimodelkan menggunakan program ETABS versi 9.0 dan dilakukan perhitungan dengan metode analisis dinamis respon spektrum 3D berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 1726:2012 untuk memperoleh gaya geser, perpindahan tingkat dan simpangan antar tingkat.

Hasil analisis menunjukkan bahwa dari enam lokasi yang ditinjau, pada kondisi tanah keras, nilai gaya geser, perpindahan tingkat dan simpangan antar tingkat untuk Bandar Lampung, Biak, Jayapura, Manado dan Padang berdasarkan SNI 03-1726-2002 lebih kecil dari SNI 1726:2012 sedangkan untuk Kupang nilai gaya geser, perpindahan tingkat dan simpangan antar tingkat berdasarkan SNI 03-1726-2002 lebih besar dari SNI 1726:2012.

a. Metode Penelitian

Adapun langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- 1) Pada tahap awal dilakukan perhitungan beban gempa berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 1726:012.
- 2) Pada tahap selanjutnya dilakukan analisis dinamis dengan metode spektrum respon dengan mengambil respon spektrum menurut SNI 03-1726-2002 untuk penentuan berapa besar gaya geser, perpindahan tingkat dan

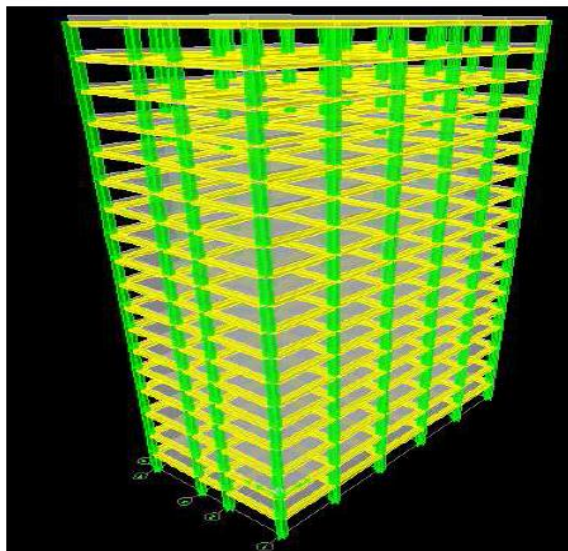
simpangan antar tingkat yang dihasilkan dengan menggunakan program ETABS.

- 3) Pada tahap selanjutnya dilakukan analisis dinamis dengan metode spektrum respon dengan membuat respon spektrum menurut SNI 1726:2012 untuk penentuan berapa besar gaya geser, perpindahan tingkat dan simpangan antar tingkat yang dihasilkan dengan menggunakan program ETABS.
- 4) Tahap berikutnya membandingkan hasil gaya geser dan simpangan dari hasil analisis dinamis dengan metode spektrum respon antara SNI 03-1726-2002 dengan SNI 1726:2012.

b. Metode Penelitian

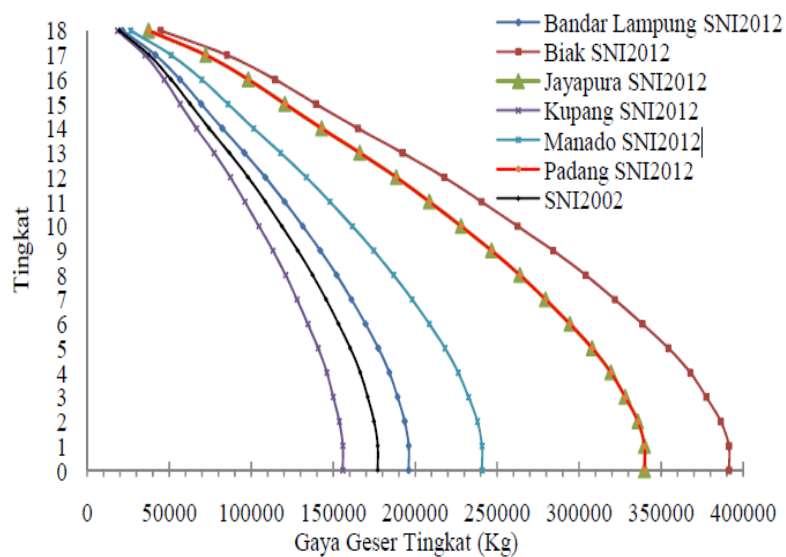
1) Model Struktur

Analisis dilakukan pada model struktur 18 tingkat dengan analisis dinamik 3D menggunakan bantuan software ETABS. Dimensi balok 400/700 mm, kolom 500/800 mm, tebal pelat 100 mm, 120 mm dan 150 mm

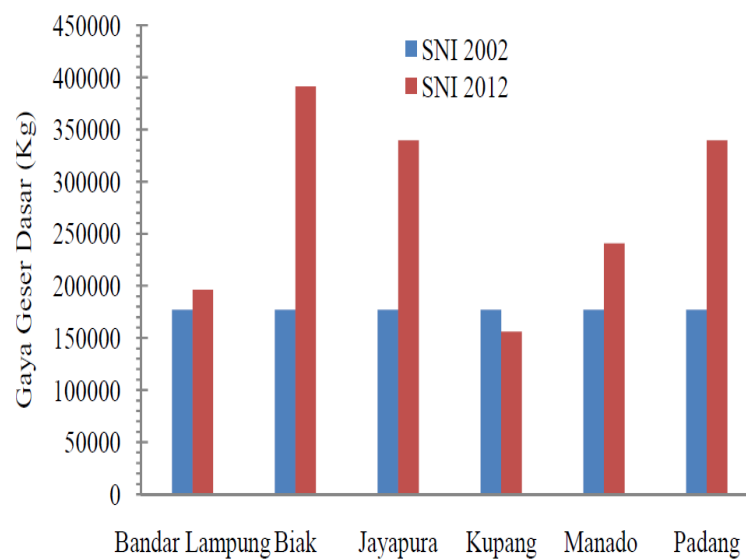


Gambar 2.1 Gambar struktur

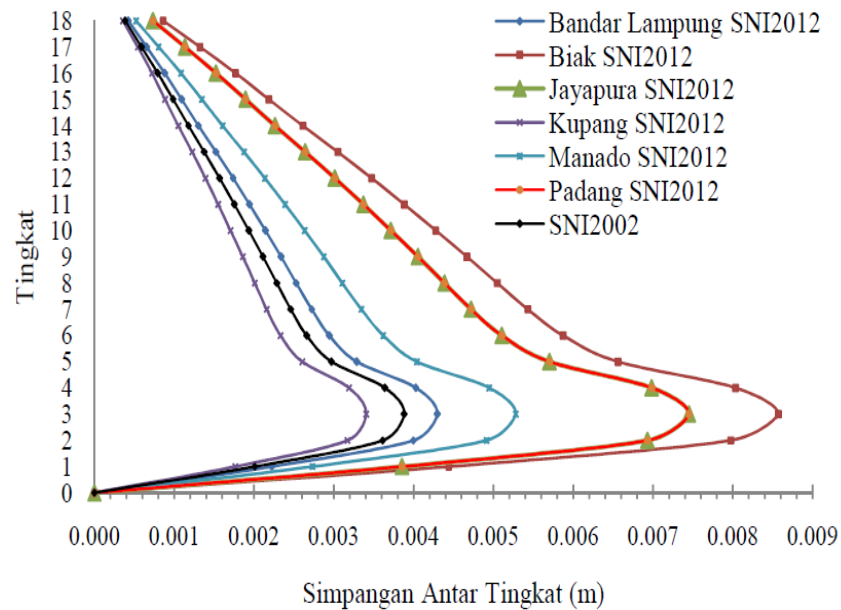
2) Gaya Geser Dasar, Gaya Geser Tingkat, Perpindahan Tingkat dan Simpangan Antar Tingkat Tanah Keras



Gambar 2.2 Grafik gaya geser tingkat



Gambar 2.3 Grafik gaya geser dasar



Gambar 2.4 Grafik simpangan antar tingkat

c. Hasil dan Kesimpulan

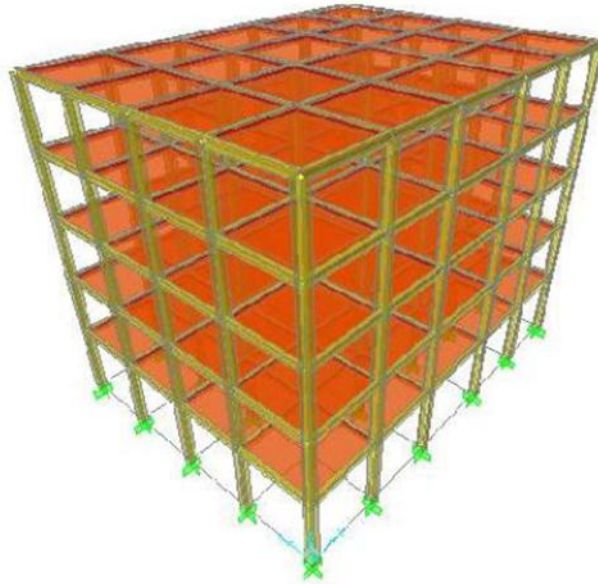
Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan sebagai berikut :

- 1) Gaya gempa rencana berdasarkan SNI 1726:2012 tidak selalu lebih besar dari gaya gempa rencana berdasarkan SNI 03-1726-2002, tetapi tergantung dari percepatan respon spektral lokasi bangunan tersebut.
 - 2) Gaya gempa rencana pada lokasi Bandar Lampung, Kupang dan Manado berdasarkan SNI 03-1726-2002 lebih besar dari gaya gempa rencana berdasarkan SNI 1726:2012.
2. Iskandar (2013), Analisis Pushover Struktur Baja Pada Wilayah Gempa Kuat (6) Dengan Studi Kasus Struktur Bangunan Baja Beraturan.
- Dalam penelitian ini, serangkaian analisis respon struktur dilakukan terhadap sistem struktur bangunan baja dengan bentuk beraturan, didesain sesuai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung [SNI 03-1726-2002] dan Tata Cara Perhitungan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung [SNI 03-1729-2002]. Perilaku seismik struktur-struktur

ini dievaluasi dengan menggunakan analisis kinerja dengan menggunakan pushover analysis. Analisis Pushover (pushover analysis) merupakan prosedur analisis untuk mengetahui perilaku keruntuhan bangunan terhadap beban gempa. Dengan analisis pushover ini dapat diperkirakan gaya maksimum serta deformasi yang terjadi pada bangunan. Analisis yang digunakan adalah analisis statik non-linier (pushover analysis) dengan metoda spektrum kapasitas untuk mendapatkan kinerja struktur akibat pengaruh gempa rencana. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana perilaku struktur bangunan baja ketika menerima beban gempa kuat. Adapun gempa kuat yang dimaksudkan adalah bangunan dianggap berada pada wilayah yang percepatan gempanya besar, yaitu pada wilayah 5 dan 6. Dalam penelitian ini direncanakan bangunan berada pada wilayah gempa 6.

a. Metode Penelitian

Pemodelaan struktur pada penelitian ini ini dimodelkan sebagai struktur rangka terbuka (open frame) dengan komponen batas dalam tiga dimensi (sumbu x, y, dan z). Pemodelan menggunakan bantuan program SAP2000 ver. 9.03. Pemodelan struktur adalah dengan jumlah lantai 5, bentuk bangunan masuk dalam kategori struktur dengan bentuk beraturan, ketinggian antar lantai, untuk lantai dasar dengan ketinggian 4000 mm sedangkan lantai berikutnya dengan ketinggian konstan 3600 mm. Untuk tebal pelat lantai dibuat sama pada setiap lantai yaitu 150 mm. Untuk dimensi kolom dan balok pendekatan yang digunakan adalah berdasarkan panjang bentang dan kondisi bangunan yang direncanakan, sehingga untuk kolom digunakan Profil WF 400x400 dan balok digunakan profil WF 400x200 . Mutu baja profil yang digunakan $f_y = 240$ MPa.. Untuk denah dan tampak model dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 pemodelan struktur dengan SAP

b. Hasil Dan Pembahasan

1) Periode Alami Struktur

Perioda alami struktur bangunan mencerminkan tingkat kefleksibelan struktur tersebut. Besarnya perioda alami struktur dibatasi oleh Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002) berdasarkan besarnya koefisien f_e yang ditentukan oleh wilayah gempa dan jenis struktur. Struktur dianalisis dengan pembebanan gempa wilayah 6 sehingga besarnya nilai f_e adalah 0.102. Berdasarkan SNI besarnya waktu getar alami struktur diperoleh = 0.91 detik. Berdasarkan hasil analisis program dapat diketahui besarnya perioda alami struktur. Berikut adalah 0,748 detik, nilainya lebih kecil dari batas izin SNI, sehingga struktur dianggap tidak

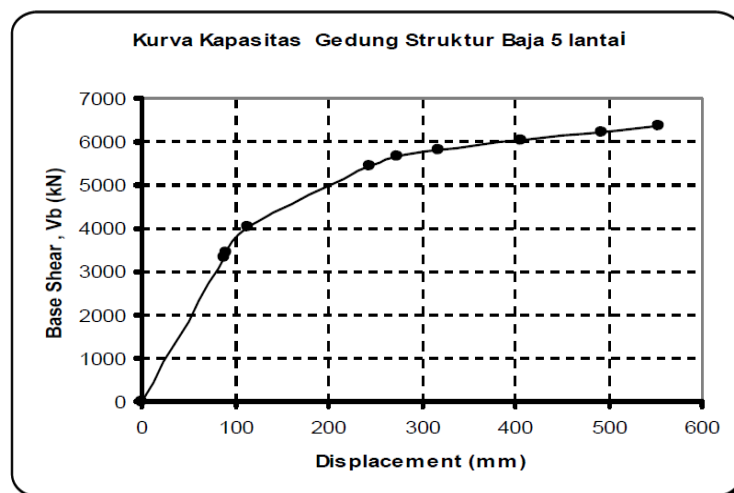
terlalu fleksibel. Dengan demikian berarti perencanaan dimensi struktur tersebut cukup baik.

2) Gaya Geser dasar dengan Metode Statik ekuivalen

Perencanaan beban gempa statik ekuivalen ini dengan diawali penentuan gaya geser ada lantai dasar V_b (base shear) dengan persamaan (2- 2). C adalah nilai faktor respon gempa yang didapatkan dari spektrum respon gempa rencana sesuai dengan daerah gempa wilayah 6 dan menurut waktu getar alami yaitu 0.9. I adalah faktor keutamaan (1), R adalah faktor reduksi gempa (8.5), dan W_t adalah berat total gedung termasuk beban hidup yang sesuai. Gaya geser struktur adalah 3654,402 kN.

3) Kurva Kapasitas

Berdasarkan hasil analisis pushover pada model gedung diperoleh kurva kapasitas (capacity curve) dan skema kelelahan berupa sendi plastis yang terjadi. Hasil analisis pushover diperoleh kurva kapasitas seperti diperlihatkan pada Gambar 2.6.



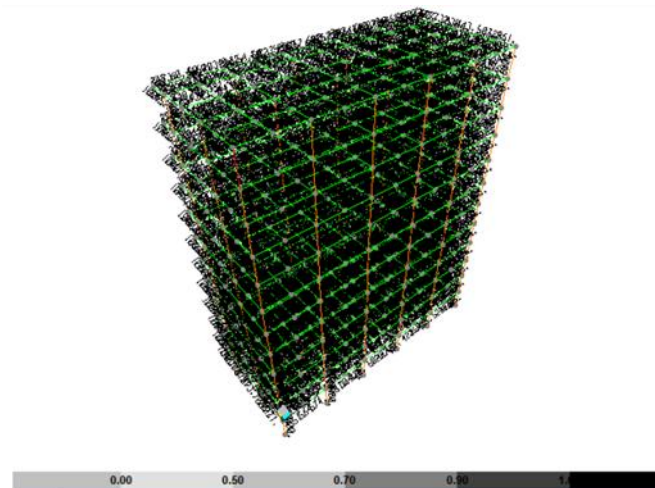
Gambar 2.6 Kurva kapasitas

c. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

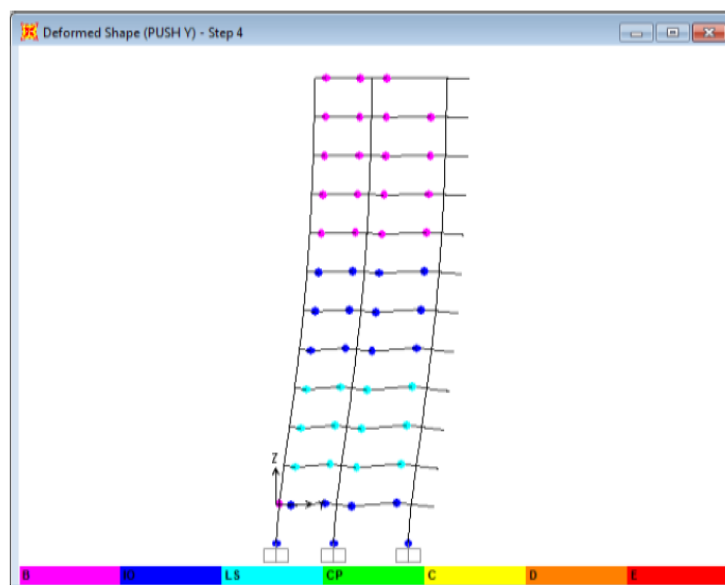
- 1) Berdasarkan beban gempa nominal yang diperoleh dari analisa struktur dengan cara respon spektrum diperoleh simpangan pada lantai paling atas, yaitu : untuk arah x 0,05186 m dan untuk arah y 0,06388 m, dan nilai simpangan maksimum ultimit tersebut masih lebih kecil dari batas maksimum (0,368 m), jadi struktur memenuhi pesyaratan kinerja yang ditetapkan oleh SNI 03-1726-2002.
 - 2) Hasil evaluasi kinerja terhadap gedung dengan struktur baja menurut ATC-40 memberikan target perpindahan, untuk arah x yaitu 0,238 m dengan base force (V) = 5477,757 kN, $T_{eff} = 1,016$ detik dan $\beta_{eff} = 0,224$ (22,4%). Kemudian untuk arah y, displacement = 0,317 m. Base force (V) = 5815,584 kN, $T_{eff} = 1,040$ detik dan $\beta_{eff} = 0,213$ (21.3%).
 - 3) Penentuan titik kinerja (target peralihan) merupakan parameter yang sangat penting untuk melakukan evaluasi terhadap perilaku struktur bangunan ketika dibebani dengan beban.
3. Fajar Aribisma, I Gusti Putu Raka dan Tavio (2015), Evaluasi Gedung MNC Tower Menggunakan SNI 1726:2012 dengan Metode *Pushover Analysis*. Penelitian ini membandingkan penerapan peraturan baru SNI 1726:2012 terhadap bangunan MNC Tower yang berada di Surabaya untuk mengetahui bagaimana perilaku struktur gedung tersebut terhadap peraturan baru yang dibuat. Metode yang digunakan untuk mengetahui tingkat keamanan dari gedung ini menggunakan metode *Pushover analysis*.

Analisa stress check terhadap gedung MNC Tower menggunakan software SAP 2000 dengan memasukkan beban mati, hidup dan gempa dengan kombinasi sesuai SNI 1726:2012. Pemodelan dapat dilihat di gambar 2.7.

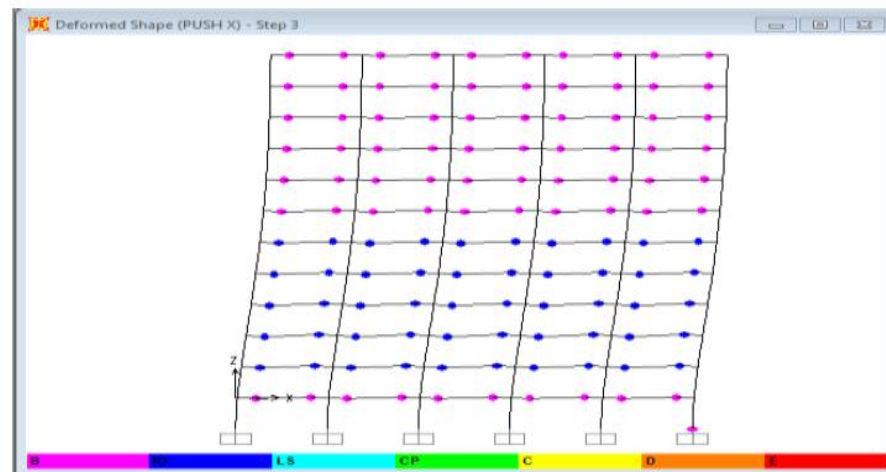


Gambar 2.7 Stress ratio

Dari gambar 2.7 dapat disimpulkan bahwa stress ratio yang terjadi pada setiap element dalam struktur MNC Tower dibawah 1, itu menandakan bahwa struktur kuat.



Gambar 2.8 Pushover analysis arah-y



Gambar 2.9 Pushover analysis arah-x

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Kinerja bangunan MNC Tower setelah menggunakan peraturan SNI 1726:2012 masih mampu memenuhi kriteria syarat di SNI 1726:2012 dan setelah dicek stress check menggunakan SAP 2000 menunjukkan kinerja yang baik karena masih dalam kinerja level warna hijau.
 - 2) Hasil analisa *pushover* yang kritis adalah pada arah y bangunan MNC Tower karena bila dilihat dari hasil displacement maupun sendi plastis memberikan nilai yang lebih besar ketimbang arah x .
4. Wandrianto S. Anggen, Agus Setiya Budi, Purnawan Gunawan (2013), Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Dengan Analisis Dinamik Time History Menggunakan Etabs (Studi Kasus: Hotel Di Daerah Karanganyar).
- a. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja struktur berdasarkan nilai drift dan interstory drift oleh pengaruh gempa rencana dan gempa

aktual. Studi kasus dalam penelitian ini adalah hotel bertingkat di Karanganyar, dimana model struktur dibuat dalam 3D dengan program ETABS. Pada level gempa rencana digunakan analisis dinamik time history dan analisis statik ekuivalen sebagai pembanding. Gempa aktual juga diterapkan dengan analisis dinamik time history pada beragam nilai percepatan gempa.

b. Metode Penelitian

Metode pada penelitian ini adalah metode analisis, dimana pemodelan struktur yang dijadikan studi kasus dibantu dengan program ETABS. Langkah analisis adalah dengan membuat model struktur yang terdiri dari elemen kolom, core wall, dinding basement, balok, dan pelat lantai. Beban: beban gravitasi (beban mati, beban mati tambahan, dan beban hidup) ditambah beban percepatan gempa (gempa rencana dan gempa aktual).

Pada level gempa rencana digunakan analisis dinamik time history dan analisis statik ekuivalen sebagai pembanding, pada level gempa aktual hanya digunakan analisis dinamik time history. Keseluruhan analisis pada gempa rencana dan gempa aktual dilakukan secara linear. Hasil analisis akibat gempa rencana dan gempa aktual kemudian dievaluasi untuk mengetahui kinerja dan tingkat kinerja struktur.

c. Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1) Parameter Respon Spektrum

Parameter respon spektral untuk wilayah Karanganyar (kelas situs D, tanah sedang) dengan nilai $S_s = 0,76.g$ dan $S_1 = 0,32.g$ yang ditentukan dari Peta Gempa SNI 1726:2012 (level gempa probabilitas 2% selama 50 tahun), kemudian diperoleh parameter respon spektrum elastik

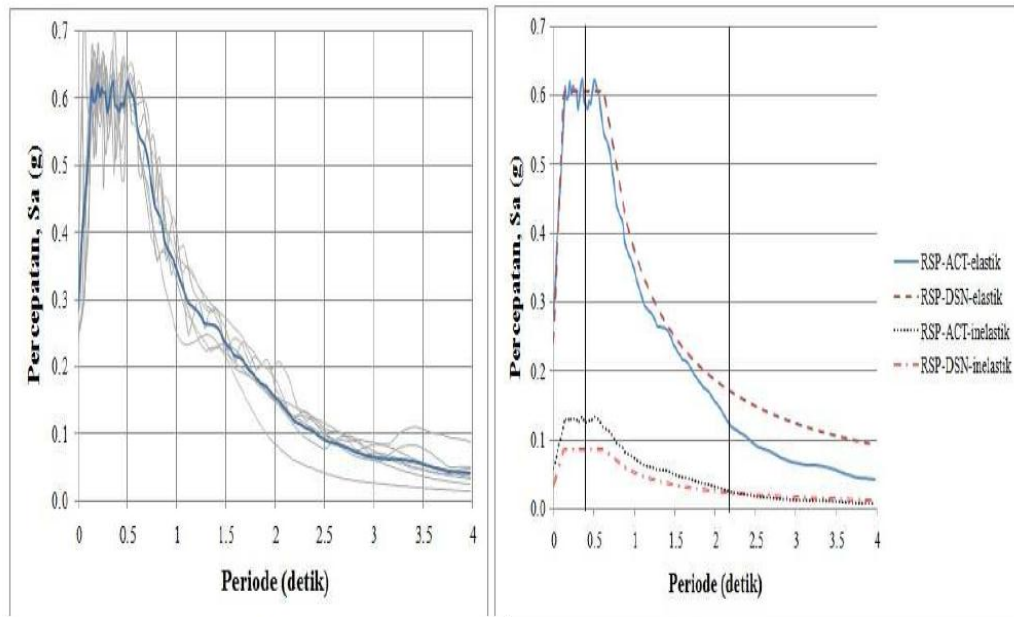
desain $SDS = 0,606.g$ (percepatan periode 0,2 detik) dan $SD1 = 0,376.g$ (percepatan periode 1 detik).

- 2) Aspek Gedung Terhadap Kegempaan Sistem struktur arah X dan arah Y sama (nilai koefisien modifikasi respon $R_x = R_y$), maka parameter struktur periode getar (T), koefisien respon seismik (Cs), geser dasar seismik (V) bernilai sama (ditinjau pada arah X dan arah Y).
- 3) Hasil perbandingan RSP elastik (aktual dan desain) periode 0,2.T – 1,5.T (0,27 detik – 2,06 detik) :
 - a) Nilai Sa rata-rata RSPaktual pada periode 0,2.T – 1,5.T = 0,34.g
 - b) Nilai Sa rata-rata RSPdesain pada periode 0,2.T – 1,5.T = 0,37.g

Sehingga, Sa rata-rata RSPaktual L Sa rata-rata RSPdesain (konvergen)

- 4) Hasil perbandingan RSP inelastik (aktual dan desain) periode 0,2.T – 1,5.T (0,27 detik – 2,06 detik) :
 - a) Nilai Sa rata-rata RSPaktual pada periode 0,2.T – 1,5.T = 0,075.g
 - b) Nilai Sa rata-rata RSPdesain pada periode 0,2.T – 1,5.T = 0,053.g

Sehingga, $(0,075.g / 0,053.g = 1,4043) > 1,4$ (OK), sesuai syarat: SNI 1726:2012, Pasal 11.1.3.2 dan FEMA 352, Chapter 1.6.2.2



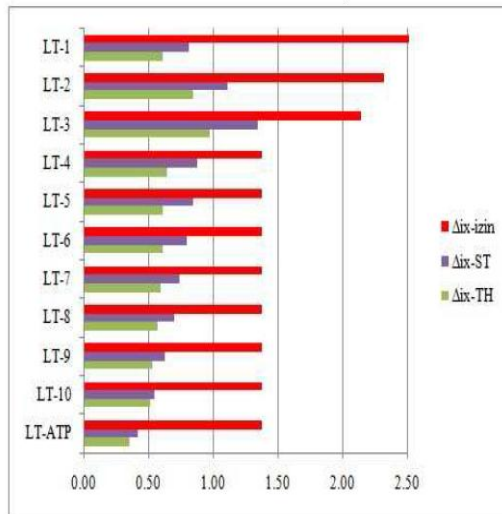
Gambar 1. Rata-rata 7 RSP Elastik Gempa Aktual

Gambar 2. RSP: Elastik vs Inelastik

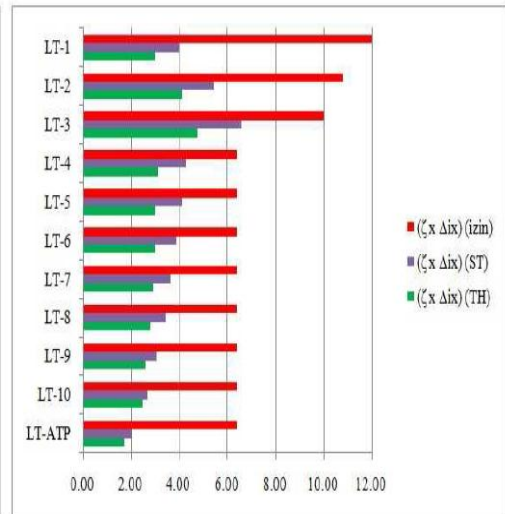
Gambar 2.10 Grafik elastik gempa aktual dan grafik elastik vs inelastik

Hasil Analisis Level Gempa Rencana (Statik Ekuivalen & Dinamik Time History)

Akselerogram gempa masukan yang digunakan sebanyak 7 data, sehingga dapat diambil nilai rata-rata respon struktur terhadap gempa (drift & interstory drift) dari hasil analisis dinamik time history (Pasal 11.1.4, SNI 1726:2012, mengenai parameter respons).

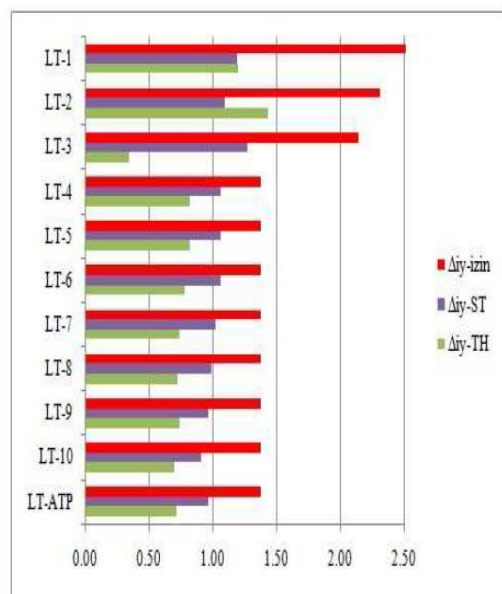


Gambar 3. *Interstory Drift* Arah X (Batas Layan)

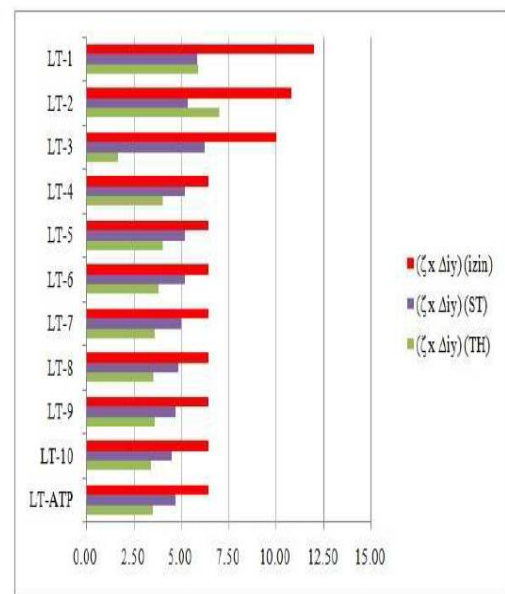


Gambar 4. *Interstory Drift* Arah X (Batas Ultimate)

Gambar 2.11 Grafik interstory drift batas layan dan batas ultimate arah – x



Gambar 5. *Interstory Drift* Arah Y (Batas Layan)



Gambar 6. *Interstory Drift* Arah Y (Batas Ultimate)

Gambar 2.12 Grafik interstory drift batas layan dan batas ultimate arah – y

Tabel 8. *Performance level* ATC-40 Gempa Rencana

Gempa Masukkan	<i>Drift</i> Lt Atap (cm)	h_{total} (cm)	<i>Max Total Drift</i> <i>Drift Roof / h_{total}</i>	<i>Performance Level</i>
$TH_x = 100\%TH_x + 30\%TH_y$	6,734	5150	0.00131	IO
$TH_y = 30\%TH_x + 100\%TH_y$	9,059	5150	0.00176	IO
$ST_x = 100\%ST_x + 30\%ST_y$	8,82	5150	0.00171	IO
$ST_y = 30\%ST_x + 100\%ST_y$	11,74	5150	0.00228	IO

Keterangan: Drift Lt Atap pada Tabel 8 (TH_x dan TH_y) adalah Drift Lt Atap rata – rata dari 7 analisis

Gambar 2.13 tabel performance level ATC-40 gempa rencana

Hasil Analisis Akibat Gempa Rencana (Linear Statik Ekuivalen & Linear Dinamik Time History)

- a. Interstory drift dari kedua hasil analisis ditinjau pada arah X dan arah Y tidak melebihi interstory drift izin pada batas layan (1,37 cm) maupun interstory drift izin pada batas ultimate (6,40 cm).
- b. Maximum total drift dari kedua hasil analisis (arah X dan arah Y) kurang dari 0,01 sehingga struktur akibat gempa rencana masuk pada kategori immediate occupancy

5. Doddy H. Kurnianto (2013), Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Terhadap Gempa, Studi Kasus: Gedung Masjid Baiturrahman.

Dalam penelitian ini, prediksi teoritis akan dibuat tentang desain struktur bangunan yang ada. Dan akan diselidiki sesuai check-list mengikuti syarat dan ketentuan SNI 03-2847-2002 check list dari 310 FEMA prosedur perencanaan untuk ketahanan gempa bangunan. Deviasi ultimate utama yang digunakan sebagai displacement sesuai dengan ISO-1726-2002, sedangkan penerimaan kriteria evaluasi normatif masih mengacu pada FEMA 356. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa kondisi struktur bangunan memiliki daktilitas struktur yang memadai. meskipun ada beberapa hal yang tidak memenuhi persyaratan FEMA 310.

Pemodelan, analisis dan desain memakai program ETABS Non Linear V.9.7, dengan analisis dinamik respons spektrum [SNI 03-1726-2002]. Nilai akhir respons dinamik struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat Gempa Rencana dalam suatu arah tertentu, tidak boleh diambil kurang dari 80% nilai respons ragam ke-1 (dalam gaya geser dasar nominal).

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- a. Pemeriksaan FEMA 310 terdapat beberapa beberapa syarat yang tidak memenuhi persyaratan, sehingga diperlukan pemeriksaan tahap berikutnya.
 - b. Terdapat perbedaan antara FEMA 310 dan Analisis Respon Spektrum pada nilai waktu getar alami (T_1) dan base shear. Hal ini disebabkan oleh metode perhitungan dalam pemeriksaan cepat FEMA 310 hanya menerapkan metode pembebanan satu arah. Sedangkan pada Analisis Respon Spektrum menggunakan kombinasi pembebanan menurut SNI.
 - c. Dengan dimensi panjang gedung masjid Baiturrahman ($L_x > 40$ m), gedung perlu dibuat delatasi.
 - d. Pentingnya kriteria safety life dalam perencanaan gedung.
6. Hambali (2016), Perbandingan Perencanaan Struktur Gempa Berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 1726:2012 studi kasus Gedung Apartemen Malioboro City Yogyakarta.
- a. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan adalah untuk membandingkan hasil perencanaan penulangan gedung dilapangan yang masih menggunakan peraturan lama SNI 03-1726-2002 dengan hasil

perencanaan ulang penulangan gedung dengan peraturan baru berdasarkan SNI 1726:2012.

b. Metode Penelitian

Dengan mengevaluasi penulangan gedung dilapangan yang masih menggunakan peraturan lama dengan hasil perencanaan ulang penulangan gedung dengan peraturan baru berdasarkan SNI 1726:2012 dan SNI Beton Bertulang 03-2847-2002.

Gedung yang didesain ulang yaitu apartemen Malioboro City dengan jumlah lantai 11. Pemodelan sendiri akan menggunakan software SAP 2000 v.14 .

c. Hasil yang diharapkan yaitu :

- 1) Untuk mengetahui perbandingan gaya horizontal akibat beban gempa SNI 03-1726-2002 dan SNI 1726:2012 dan besar simpangan antar lantai.
- 2) Untuk mengetahui perbandingan hasil perencanaan gedung oleh pihak desainer dari owner yang masih menggunakan peraturan lama dengan hasil perencanaan ulang gedung khususnya penulangan struktur portalnya berdasarkan SNI 1726:2012 dan SNI 03-2847-2002.
- 3) Mengaplikasikan ilmu ketekniksipilan yang telah diperoleh, sehingga dapat dijadikan bekal dalam dunia kerja dibidang konstruksi.

C. Program Beban Gempa yang Telah Ada Berdasarkan SNI 1726:2012

Dalam menerapkan beban gempa berdasarkan SNI 1726:2012, terdapat banyak koefisien-koefisien yang berbeda-beda setiap daerah akibat keragaman karakteristik masing-masing daerah tersebut, mulai dari jenis tanahnya, maupun besar respons spektra periode pendek maupun periode 1 detik. Oleh karena itu, Kementerian Pekerjaan Umum Indonesia telah menyediakan kemudahan berupa Aplikasi Desain Spektra yang telah dibuka secara publik pada tahun 2011 di situs resmi Pusat Pengembangan dan Penelitian Permukiman yang dapat dilihat pada situs puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011.

Program tersebut cukup membantu, hanya dengan memilih lokasi kota atau memasukkan data koordinat daerah yang diinginkan serta memilih jenis situs yang sesuai dengan kondisi tanah pijakan bangunan, maka akan otomatis dihitung dan didapatkan grafik respons spektra periode pendek maupun periode 1 detik. Namun hingga saat ini, program penggunaan metode statik ekuivalen berdasarkan SNI Gempa 1726:2012 masih belum dibuat oleh pihak manapun dikarenakan metode statik ekuivalen membutuhkan lebih banyak faktor untuk menghasilkan gaya lateral yang akan dibebankan pada bangunan gedung serta dalam program yang dirilis Kementerian Pekerjaan Umum tersebut masih terdapat beberapa kesalahan yang masih dapat ditolerir oleh pengguna program bila memahami konsepnya sehingga perlu dilakukan penyempurnaan lebih lanjut.

D. Keamanan Struktur

Untuk mendapatkan struktur yang aman terhadap beban yang bekerja selama masa penggunaan bangunan, diperlukan pengetahuan tentang beban – beban yang bekerja, meliputi beban mati, beban hidup, beban gempa dengan membandingkan gaya geser pembebanan gempa tahun 2002 dan tahun 2012 dan beban angin. Bila intensitas dan efek beban yang bekerja diketahui dengan pasti, maka struktur dapat dibuat aman dengan cara memberikan kapasitas kekuatan yang lebih besar daripada efek beban yang bekerja.

Suatu struktur harus aman terhadap keruntuhan dan bermanfaat dalam penggunaannya. Struktur harus memenuhi syarat bahwa lendutan – lendutan yang terjadi cukup kecil, retak – retak apabila ada, harus diusahakan berada dalam batas – batas yang masih dapat ditolerir dan juga getaran – getaran yang terjadi harus diusahakan seminimum mungkin.

Keamanan mensyaratkan bahwa suatu struktur harus mempunyai kekuatan yang cukup untuk memikul semua beban yang mungkin bekerja padanya. Apabila kekuatan dari suatu struktur yang dibangun sesuai dengan yang direncanakan, maka keamanan struktur dapat ditentukan dengan jalan menyediakan daya dukung struktur sedikit lebih besar dari beban – beban yang telah diketahui akan bekerja pada struktur tersebut.

Di dalam analisis perencanaan dan pembangunan struktur – struktur beton bertulang terdapat sejumlah sumber ketidakpastian yang memerlukan suatu faktor keamanan tertentu. Sumber – sumber ketidakpastian tersebut antara lain:

1. Besar beban yang sebenarnya terjadi dapat berbeda dengan beban yang ditentukan dalam perencanaan.
2. Beban yang sebenarnya bekerja pada struktur mungkin didistribusi dengan cara yang berbeda dari yang ditentukan dalam perencanaan.
3. Asumsi – asumsi dan penyederhanaan – penyederhanaan yang dilakukan di dalam analisis struktur bisa memberikan hasil perhitungan pembebanan seperti momen, geser dan lain – lainnya yang berbeda dengan besar gaya – gaya yang sebenarnya bekerja pada struktur .
4. Perilaku struktur yang sebenarnya dapat berbeda dari perilaku yang dimisalkan dalam perencanaan, disebabkan karena tidak sempurnanya pengetahuan mengenai kenyataan yang sesungguhnya terjadi.
5. Kekuatan material yang sesungguhnya mungkin berbeda dari yang ditetapkan oleh perencana.