

BAB V

PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan pembahasan bab IV sesuai dengan tujuan yang hendak dicapai maka dapat ditarik beberapa kesimpulan diantaranya:

5.1.1 Metode analisis

. Berdasarkan dari lokasi bangunan yang berada di Alor, maka nilai $S_1 = 0.6$ dan $S_s = 1.5$ dengan fungsi dan jenis pemanfaatan bangunan sebagai kantor. Bangunan berada pada kategori resiko dua dan faktor keutamaan gempa (I_e) satu berdasarkan ketentuan SNI 03-1726-2012, dengan panjang bangunan 50 m, lebar 18 m dan tinggi 34.75 m.

Struktur yang ditetapkan memiliki kategori resiko dua dengan nilai S_1 0.6 lebih kecil dari 0.75 diijinkan untuk di tentukan nilai kategori desain seismic berdasarkan SNI 03-1726-2012 Tabel 6. Dari kategori desain seismic yang ditentukan berdasarkan hubungan antara kategori resiko gedung dengan parameter S_{ds} dan S_{d1} , maka bangunan masuk dalam kategori "D", atau termasuk resiko gempa tinggi sehingga sistim struktur yang di rekomendasikan SNI 03-1726-2012 adalah sistim rangka pemikul momen khusus (SRPMK).

5.1.2 Kinerja pada kondisi elastis

a. Gaya geser dasar

Berdasarkan evaluasi terhadap gaya geser dasar, hasil desain analisis dinamis sudah memenuhi syarat 85% gaya geser dasar yang di tentukan berdasarkan analisis gaya lateral ekuivalen dalam kedua arah. Dengan demikian nilai gaya geser dasar serta pola distribusi gaya geser analisis dinamis diterimadan dapat digunakan dalam tahap final dsain.

b. Periode getar

Berdasarkan perbandingan periode getar struktur anatara statik ekuivalen dan dinamis maka digunakan nilai periode struktur T-ETABS 3-d

Tabel 5.1 Periode Struktur (T)

Arah	Ta (U-S) Min	Ta (U-S) Mak	T (U-S) Etabs
Y	1,136	1,590	1,532
X	1,136	1,590	1,394

Dimana $T\text{-etabs} \leq T\text{-maks}$

c. Simpangan antar tingkat

Dari evaluasi pada kondisi elastis, simpangan yang terjadi lebih kecil dari nilai simpangan yang ditentukan berdasarkan ketentuan SNI. Dengan demikian disimpulkan bahwa pada kondisi elastis berdasarkan parameter simpangan antar lantai tingkat struktur bangunan memiliki kinerja baik.

Dari evaluasi pada kondisi In-elastis, simpangan yang terjadi lebih besar dari nilai simpangan yang ditentukan berdasarkan ketentuan SNI. Dengan demikian disimpulkan bahwa pada kondisi In-elastis berdasarkan parameter simpangan antar lantai tingkat struktur bangunan memiliki kinerja buruk.

Pada kondisi elastis bangunan ini memiliki kinerja yang baik karena semua nilai simpangan antar tingkat baik arah B-T maupun arah U-S berada dibawah nilai simpangan antar tingkat maksimum yang diijinkan.

Pada kondisi in-elastis bangunan ini memiliki kinerja yang buruk karena nilai simpangan antar arah U-S lantai satu berada dibawah nilai simpangan antar tingkat maksimum yang diijinkan.

d. Koefisien stabilitas $P\Delta$

Berdasarkan evaluasi nilai koefisien stabilitas lebih kecil dari 0.10 sehingga efek $P\Delta$ dapat di abaikan.

5.1.3 Pola distribusi gaya geser

Dari hasil analisis output etabs di peroleh gaya geser metode analisis dinamis yang di pakai desain dalam masing-masing arah nilai gaya geser maksimum yang terjadi pada lantai dasar kemudian mengalami perubahan pada setiap tingkat dimana nilai gaya geser tersebut berangsur mengecil. Gaya geser hasil analisis dinamis yang digunakan sebagai beban gempa tersebut dikombinasi dengan beban mati dan beban hidup untuk menghasilkan gaya dalam yang akan digunakan dalam mendesain komponen struktur yang diawali dengan tulangan memanjang balok pada tahap final desain.

Pola distribusi gaya geser menghasilkan pola distribusi momen yang terjadi membesar pada tingkat bawah dan berangsur-angsur mengecil pada tingkat atas, sebagai mana yang diperlihatkan momen desain etabs pada kombinasi gabungan. Dari momen tersebut dilakukan pengelompokan pada tulangan yang terlebih dahulu menentukan rasio momen pada setiap section terhadap momen maksimum kemudian dikalikan dengan jumlah tulangan akibat momen maksimum untuk melihat pola distribusi tulangan. Pola distribusi tulangan memanjang tersebut di kelompokkan berdasarkan tiap lantai yang tipe tulangan hampir sama menjadi satu tipe tulangan.

Pada pola pengelompokan tipe tulangan geser mengikuti pola pengelompokan tulangan memanjang balok, karena pola tipe tulangan balok yang sama akan menghasilkan nilai momen lentur mungkin (M_{pr}) yang sama, dan menghasilkan gaya geser desain tidak terlalu berbeda pada setiap balok.

Dari pola distribusi yang bekerja pada kolom berupa lentur dan aksial diterima pada waktu balok mengalami sendi plastis pada setiap arah yang berkebalikan. Hal ini menyebabkan kolom-kolom pada posisi yang simetris akan mengalami gaya normal dan momen ketika gempa berbalok. Distribusi gaya normal akan membesar pada tingkat bawah, sementara distribusi momen pada tingkat atas, momen balok hanya didistribusikan pada satu kolom, sementara pada tingkat bawah momen balok didistribusikan pada dua kolom yang berhubungan pada suatu joint. Hal ini menyebabkan pola tulangan pada tingkat atas menjadi lebih besar dari pola tulangan pada tingkat dibawahnya.

Sehingga pada pola tulangan transversal kolom dipengaruhi oleh nilai beban P yang dipikul kolom untuk menghasilkan nilai momen lentur dalam menghitung gaya geser. Pada kolom yang memiliki jumlah tulangan sama akan menghasilkan perbedaan nilai gaya geser yang tidak terlalu besar.

5.1.4 Kebutuhan tulangan balok dan kolom

a. Sebaran tulangan memanjang balok dan tulangan geser balok

Berdasarkan pengelompokan tipe tulangan pada balok, diperoleh hasil dari seluruh rasio momen yang didapat tiga tipe tulangan sesuai dari masing-masing frame. Untuk tipe tulangan pada masing-masing tingkat yaitu pada tingkat satu sampai enam didesain dengan pola tipe satu, lantai tuju hingga lantai sembilan

didesain dengan pola tipe dua dan pada lantai sepuluh didesain pola pada tipe tulangan tiga. Pola penentuan pada masing-masing tipe tulangan memanjang pada setiap lantai dapat dilihat pada gambar penentuan tipe tulangan 4.36, 4.37, 4.38.

Pada pola pengelompokan tipe tulangan geser mengikuti pola pengelompokan tulangan memanjang balok, karena pola tipe tulangan balok yang sama akan menghasilkan nilai momen lentur mungkin (Mpr) mungkin yang sama, dan menghasilkan gaya geser desain tidak terlalu berbeda pada setiap balok.

Pada pola tulangan gaya geser pada setiap frame arah B-T dan U-S menghasilkan jumlah tulangan yang sama dimana pada zona-A (daerah sendi plastis) menghasilkan tulangan 3d12-100, zona-B (daerah non-sendi plastis) menghasilkan tulangan 2d12-150, pada balok bentangan panjang dan bentangan pendek gaya geser sengkang yang di hasilkan sama. Pola penentuan pada masing-masing tipe tulangan geser pada setiap lantai dapat dilihat pada gambar penentuan tipe tulangan 4.36, 4.37, 4.38.

b. Sebaran tulangan memanjang kolom dan tulangan geser kolom

Dari hasil desain kapasitas menunjukkan rasio tulangan kolom pada lantai satu yang bervariasi yaitu $\rho=2.76\%$ $\rho=1.53\%$, lebih besar dari rasio tulangan kolom pada lantai dua sampai lantai sepuluh dengan jumlah tulangan kolom yang sama pada seruh lantai diperoleh rasio $\rho=1.23\%$. Hal ini dapat menyebabkan jumlah kaki kolom pada setiap lantainya bervariasi, berdasarkan hasil hitungan jumlah kaki kolom pada lantai atas bisa lebih besar dari lantai di bawahnya. Untuk itu dalam mendesain kaki kolom, jumlah kaki kolom pada lantai bawah yang kecil di sesuaikan dengan jumlah kaki kolom pada lantai atas yang besar menjadi satu tipe dalam mendesain jumlah kaki kolom pada daerah lo dan luar daerah lo.

Luas dan jumlah tulangan yang diperlukan untuk memikul gaya-gaya yang bekerja pada elemen kolom (baik gaya lentur, gaya aksial dan gaya geser) memenuhi kriteria persyaratan SNI 2847-2013 dimana rasio tulangan memanjang yang dihasilkan telah memenuhi ketentuan minimum yaitu $\geq (\rho_{min}=1\%)$ dan tidak melampaui rasio tulangan maksimum ($\rho_{max}=4\%$).

Pola dari tulangan disebabkan oleh kolom-kolom tepi memikul beban yang lebih kecil dibandingkan dengan kolom tengah, sehingga menghasilkan rasio tulangan

memanjang yang lebih kecil. Sementara itu rasio tulangan memanjang yang besar pada kolom tingkat atas dibandingkan pada kolom tingkat bawah, disebabkan karena pada tingkat atas momen balok hanya didistribusi pada satu kolom, sementara pada tingkat-tingkat bawah momen balok didistribusi pada dua kolom yang berhubungan pada satu joint.

Sehingga pada pola tulangan transversal kolom dipengaruhi oleh nilai beban P yang dipikul kolom untuk menghasilkan nilai momen lentur dalam menghitung gaya geser. Pada kolom yang memiliki jumlah tulangan memanjang yang sama akan menghasilkan perbedaan nilai gaya geser yang tidak terlalu besar, hal ini menyebabkan akan menghasilkan jumlah tulangan geser yang sama.

5.1.5 Respon In-Elastis

1. Tingkat Kinerja (*Performance Level*)

Dari hasil analisis bangunan mencapai perpindahan performance point, parameter drift arah B-T 0.006 dan pada arah U-S 0.007. Nilai ini menunjukkan pada saat mencapai *performance point* dan *performance level* struktur berada pada level dua (*immediate occupancy*) arah arah B-T dan arah U-S. Hal ini menunjukkan bahwa ketika bangunan mengalami beban gempa, struktur bangunan tidak mengalami keruntuhan dan hanya butuh perbaikan kecil pada bangunan serta resiko korban jiwaupun terjadi sangat rendah. Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bangunan memiliki perpindahan yang sangat baik.

2. Simpangan Antar Lantai Tingkat (*Inter Story Drift*)

Berdasarkan hasil desain menunjukkan pola pelelehan sendi plastis pertama yang terjadi pada PUSH-X arah (B-T) terjadi pada step ketiga dan PUSH-Y (U-S) terjadi pada step keempat, dimana saat struktur mengalami pelelehan sendi plastis pertama, hal ini menunjukkan nilai simpangan antar lantai masih kecil dari batas simpangan antar lantai berdasarkan ketentuan SNI.

Pada step sepuluh arah-X dan step sepuluh push-Y, simpangan antar tingkat sudah mencapai batas simpangan berdasarkan ketentuan SNI. Pola perpindahan telah mencapai *performance point*, nilai perpindahan in-elastis yang terjadi tidak besar tetapi pada kolom lantai dasar dan balok bersamaan sudah mengalami sendi plastis dan berada pada level dua (IO). Dimana nilai simpangan antar lantai yang terjadi pada lantai bawah sudah melampaui batasan terhadap nilai simpangan antar lantai tingkat yang disyaratkan berdasarkan ketentuan SNI.

Dari kasus ini diambil kesimpulan bangunan yang memiliki ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak Tipe 1a, kinerja struktur pada kondisi in-elastis diukur berdasarkan parameter simpangan antar lantai tingkat (*inter story drift*), memiliki kinerja yang kurang baik karena sudah tidak lagi memenuhi kinerja dari persyaratan SNI.

3. Mekanisme Sendi Plastis

Berdasarkan hasil analisis pushover pembentukan sendi plastis dominan terjadi pada push case. Pola sendi plastis pertama terjadi pada ujung balok selanjutnya berlanjut pada pangkal kolom lantai dasar yang disimbolkan dengan warna merah muda, kemudian ditingkatkan beban gempa hingga mencapai *performance point*. Kondisi yang terjadi pada penelitian ini dilihat dalam arah-x pola sendi plastis yang terjadi hanya mencapai lantai ketujuh dimana tiga tingkat di atasnya sama sekali belum mencapai sendi plastis. Pada arah-y pola sendi plastis yang terjadi hanya mencapai lantai ketujuh dimana dua tingkat di atasnya sama sekali belum mencapai sendi plastis. Berdasarkan mekanisme pada penelitian pembentukan sendi plastis tidak terjadi pada seluruh ujung balok dan sudah berangsur pada ujung balok dan kolom lantai dasar yang berada dalam kategori level (IO).

Dari hasil penelitian sendi plastis tidak sepenuhnya terjadi pada seluruh balok akan tetapi, pada *performance point* kolom dan balok bersamaan mengalami sendi plastis sehingga berada pada kategori level dua *Immedyate Occupancy* (IO). Berdasarkan penelitian ini diambil kesimpulan desain konsep kolom kuat balok lemah tidak memenuhi ketentuan SNI-03-2847-2013.

5.1.6 Saran

Berdasarkan kesimpulan dari penelitian maka dapat di tarik beberapa saran yang dapat direkomendasi untuk desain selanjutnya pada bangunan tinggi terhadap kasus *soft story* yang berada di daerah gempa kuat

1. Analisa gaya-gaya gempa dengan metode dinamis yang di rekomendasikan SNI 03 1726-2013 harus tetap mengikut sertakan metode statik ekivalen untuk mengontrol gaya geser dasar dinamis. Dengan kata lain metode statik ekivalen selalu diperhitungkan dalam analisa gaya-gaya gempa.

2. Desain bangunan tinggi di daerah gempa kuat kemungkinan akan dihasilkan bangunan dengan periode getar struktur atau (T_0) yang melampaui periode getar maksimum (T_{max}) yang ditetapkan SNI 03-1726-2013 untuk kasus demikian disarankan untuk merevisi dimensi elemen struktur (yang berakibat pada berulangnya proses analisis) namun cukup dengan menggantikan T_0 dan T_{max} dalam menghitung

atau menentukan beban gempa serta dilakukan evaluasi/pengendalian terhadap simpangan antara tingkat dengan demikian kinerja bangunan tetap dapat di kontrol.

3. Untuk menghindari terjadinya rasio tulangan kolom lantai paling atas yang jauh lebih besar dari rasio tulangan kolom pada lantai di bawahnya maka dapat dilakukan suatu pendekatan dengan membiarkan sendi plastis terjadi pada ujung atas kolom pada lantai tersebut sehingga rasio tulangan kolom pada lantai tersebut menjadi sama atau lebih kecil dari rasio tulangan kolom pada lantai dibawahnya.

4. Dalam perencanaan bangunan tahan gempa perlu dilakukan dengan analisis respon In-elastis, untuk dapat mengetahui gambaran perilaku atau kinerja struktur ketika level beban melampaui level beban yang direncanakan. Hal ini disebabkan karena konsep kolom kuat balok lemah dalam desain kapasitas tidak sepenuhnya menjamin struktur mengalami polakeruntuhan yang sama dengan konsep kolom kuat balok lemah.

5. Berdasarkan hasil penelitian keruntuhan pada bangunan terjadi pada balok bersamaan pada pangkal kolom lantai dasar sehingga hal ini tidak menjamin atauran SNI. Untuk menjamin aturan SNI pada kasus *soft story* yaitu kolom kuat balok lemah, maka perlu di lakukan pendetailan khusus pada kolom yang *soft story* serta diberi perkuatan pada bidang tembok.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimus, 1983. **Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung**, Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, Bandung.
- Anonimus, 2002. SNI-1726-2012, **Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung**, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Bandung.
- Anonimus, 2002. SNI 03-2847-2013, **Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung**, Beta Version, Bandung.
- Anthony¹ dan Arief widhianto² Efek *Soft Storey* Pada Respon Dinamik Struktur Gedung Beton Bertulang Tingkat Tinggi
(199s)
- Budiono, B., 2011, **Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa Dengan Menggunakan SNI 03-1726-2002 dan RSNI 03-1726-201x**, Departemen Of Civil Engineering Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- FEMA 356, 2000.
- Kiyosi Muto, 1987. **Analisis Perencanaan Gedung Tahan Gempa**, Erlangga (Anggota IKAPI), Jakarta.
- Schuller, W. 1989, **Struktur Bangunan Bertingkat Tinggi**, PT. Eresco Bandung (Anggota IKAPI), Bandung
- Widodo, P., 2012, **Seismologi Teknik Dan Rekayasa Kegempaan**, Pustaka Pelajar